

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Kęstutis Lukošius

**ELEKTROS KOKYBĖS GERINIMO GALIMYBIŲ ŽEMOSIOS  
ĮTAMPOS TINKLE TYRIMAS**  
Magistro darbas

**Darbo vadovas**

doc. Z. Turauskas

Šiauliai, 2010

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS  
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

**TVIRTINU**  
Katedros vedėjas  
lekt. G. Valiulis

2010 - 06

**ELEKTROS KOKYBĖS GERINIMO GALIMYBIŲ ŽEMOSIOS  
ĮTAMPOS TINKLE TYRIMAS**  
Magistro darbas

**Recenzentas**

ŠU Technologijos fakulteto  
Elektros inžinerijos katedros  
dr. Leonardas Buivis  
2010 - 06

**Vadovas**

2010 - 06

doc. Z. Turauskas

**Atliko**

EM-8 gr. stud.  
K. Lukošius

2010 - 06

Šiauliai, 2010

Lukosiunas K. Power quality improvement opportunities for low voltage networks investigation. Master's Thesis of Electric engineering/Research advisor lektor Z. Turauskas: Electric Engineering Department of Technological Faculty, Siauliai University, Siauliai – 2020.

## **Summary**

The aim - to explore consumers connected to the distribution grid, by low-voltage power supply lines, electricity supply problems. To analyze the possible solutions. Develop recommendations for long low voltage lines to carry out the reconstruction.

In practice, there is a problem that the calculated voltage drop in long lines is significantly higher than they are given. This work compares these lines measured parameters with the results of calculations, to identify the reasons for the differences. We will prepare recommendations to calculate line parameters. Explore the possibilities of lines throughput, their waste and financial payback of reconstruction.

## TURINYS

1. Įvadas.....	7
2. Lietuvoje galiojantys elektros kokybės standartai.....	8
3. Nesimetrinio transformatoriaus apkrovimo įtaka įtampos kokybės parametrams.....	9
4. Elektros tiekimo laidininkų varžos kitimas ilgalaikės eksploatacijos metu.....	12
5. Įtampos nuostolių linijoje skaičiavimas.....	13
6. Linijos fazė – nulis varžos matavimas.....	15
7. Linijų skaičiavimas.....	18
8. Nulinio laido pakartotinio įžeminimo įtaką bendrai linijos varžai .....	39
9. Linijų maksimalus pralaidumas .....	39
10. Elektros tiekimo linijose patiriami galios nuostoliai .....	43
11. Ekonominis linijos rekonstrukcijos būdo pasirinkimas.....	45
12. Išvados .....	47
13. Literatūra .....	48
Priedai.....	49
1. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Mž-129 schema.....	50
2. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Mž-129 schema pakeitus laidus.....	51
3. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Dn-103 schema.....	52
4. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Vg-208 schema.....	53
5. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Bt-522 schema.....	54
6. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Bt-522 schema pakeitus laidus.....	55
7. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Tt-706 schema.....	56
8. Priedas. 0,4 kV elektros linijų iš KT Kr-309 schema.....	57
9. Priedas. Excel skaičiuoklė galiai.....	58
10. Priedas. Excel skaičiuoklė galiai.....	62
11. Priedas. Matavimo prietaiso METREL SMARTEC MI2122 charakteristikos.....	66
12. Priedas. Matavimo prietaiso METREL MI 2088 charakteristikos.....	67
13. Priedas. Matavimo prietaiso METREL MI2088 charakteristikos.....	68

## LENTELIŲ SARAŠAS

1 lentelė. Nesimetrinio transformatoriaus apkrovimo suvestinė.....	9
2 lentelė. Laidininkų skaičiuojamosios varžos .....	12
3 lentelė. Vartotojų nevienalaikiškumo koeficientas .....	13
4 lentelė. Galios koeficientas $\cos \varphi$ .....	14
5 lentelė. Pilnutinė transformatoriaus varža .....	15
6 lentelė. Mž-129 matavimų suvestinė.....	15
7 lentelė. Mž-129 matavimų suvestinė pakeitus laidus .....	16
8 lentelė. Bt-522 matavimų suvestinė .....	16
9 lentelė. Dn-103 matavimų suvestinė .....	17
10 lentelė. SKS-28 – SKS-6 matavimų suvestinė .....	17
11 lentelė. Mž-129 skaičiavimų rezultatai.....	18
12 lentelė. Mž-129 skaičiavimų rezultatai su vadovėlių varžomis.....	19
13 lentelė. 30% sumažintos skaičiuojamųjų varžų reikšmės.....	20
14 lentelė. Mž-129 skaičiavimų rezultatai pritaikius alternatyvias varžas .....	21
15 lentelė. Mž-129 skaičiavimų rezultatai pakeitus laidus .....	22
16 lentelė Dn-103 skaičiavimų rezultatai .....	27
17 lentelė. Vg-208 skaičiavimų rezultatai .....	31
18 lentelė. Vg-208 skaičiavimų rezultatai su 10 % sumažintomis varžomis .....	32
19 lentelė. Bt-522 skaičiavimų rezultatai .....	34
20 lentelė. Bt-522 skaičiavimo rezultatai pakeitus laidus.....	35
21 lentelė. Tt-706 skaičiavimo rezultatai.....	35
22 lentelė. Kr-309 skaičiavimo rezultatai.....	37

## PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

1 pav. MŽ-129 principinė schema.....	15
2 pav. MŽ-129 principinė schema pakeitus laidus .....	15
3 pav. Bt-522 principinė schema.....	16
4 pav. Dn-103 principinė schema.....	16
5 pav. SKS-28 – SKS-6 principinė .....	17
6 pav. MŽ-129 skaičiavimų schema.....	18
7 pav. MŽ-129 skaičiavimų schema pakeitus laidus .....	21
8 pav. MŽ-129 analizatoriaus parodymai pas galinį vartotoją (laidai nepakeisti).....	23
9 pav. MŽ-129 analizatoriaus parodymai transformatorinėje (laidai nepakeisti).....	24
10 pav. Dn-103 skaičiavimo schema.....	25
11 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti).....	27
12 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti).....	28
13 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti).....	29
14 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti).....	30
15 pav. Vg-208 skaičiavimo schema.....	31
16 pav. Vg-208 analizatoriaus parodymai pas galutinį vartotoją.....	33
17 pav. Bt-522 skaičiavimo schema.....	34
18 pav. Bt-522 skaičiavimo schema pakeitus laidus.....	34
19 pav. Tt-706 skaičiavimo schema.....	35
20 pav. Tt-706 analizatoriaus parodymai pas galinį vartotoją.....	36
21 pav. Kr-309 skaičiavimo schema.....	37
22 pav. Kr-309 analizatoriaus parodymai pas galinį vartotoją.....	38
23 pav. Nulinio laidininko emuliacijos schema.....	39
24 pav. 1-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova koncentruota linijos gale.....	40
25 pav. 3-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova koncentruota linijos gale.....	41
26 pav. 1-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova pasiskirsčiusi tolygiai visame linijos ilgyje.....	42
27 pav. 3-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova pasiskirsčiusi tolygiai visame linijos ilgyje.....	43
28 pav. Palyginamoji 0,4 kV OL ir 10 kV OL bei STTR statybos kaina.....	46

## 1. Įvadas

Lietuvos skirstomieji elektros tinklai buvo suprojektuoti ir įrengti pagal buvusios TSRS normas ir taisykles. Atkūrus nepriklausomybę, pasirinkus rinkos ekonomikos kelią, šalies ūkis pastebimai pasikeitė. Rinkos sąlygomis vartotojas yra visada teišus. Todėl labai svarbu daugiau dėmesio skirti elektros vartotojams, jų poreikių patenkinimui. Skirstomųjų elektros tinklų užduotis – patikimai ir saugiai aprūpinti vartotojus kokybiška elektros energija. Kadangi per pastaruosius kelis dešimtmečius didžiausi elektros vartojimo pokyčiai yra kaime, tai šiame darbe didžiausias dėmesys bus skiriamas kaimo vartotojams.

Lietuvos kaime galima išskirti du pagrindinius vartotojų išsidėstymo būdus:

1. Vartotojai susitelkę nedideliuose miesteliuose ir buvusiose kolūkių bei valstybinių ūkių gyvenvietėse.

2. Tolygiai didelėse teritorijose išsidėstę išlikę ūkininkų sodybos ir naujai besikuriantieji ūkiai.

Pirmuoju atveju vartotojų namai ir ūkiniai statiniai dažniausiai sukoncentruoti prie gyvenvietės. Tokiu atveju elektros tiekimo linijų ilgiai santykinai nėra dideli, todėl problemos dėl įtampos kritimų nėra dažnos ir lengvai sprendžiamos rekonstruojant linijas į didesnio skerspjūvio oro linijas, oro kabelines linijas ar kabelius.

Sudėtingesnę situaciją turime antruoju atveju, kai elektros tinklai statyti prieš 40 – 50 metų, užtikrinant vartotojams tik elektros energijos tiekimą, nežiūrint į jos kokybę. Pagrindinė priemonė žemosios įtampos tinklų pralaidumui padidinti yra laidininkų storinimas ir tinklų trumpinimas įrengiant naujas transformatorines arčiau vartotojų. Tačiau ne visada tai yra ekonomiškai pagrįsta ir įmanoma, dėl žemės savininkų, per kurių žemes tiesiamos naujos linijos prieštaravimų, techninių kliūčių. Taip pat esant ilgiems laidininkams didelę reikšmę turi jų tikslus parinkimas, kadangi net nedidelės paklaidos, bei projektinės „atsargos“ įvedimas ženkliai didina laidininkų skerspjūvius. Todėl dažnai naujai projektuojami linijos pralaidumo resursai būna neracionaliai dideli, švaistantys itin brangius resursus.

Darbo tikslas - įvairiuose darbo režimuose iširti 0,23 - 0,4 kV įtampos elektros tiekimo linijų galimybes perduoti galią maksimaliais atstumais, bei paruošti žemosios įtampos elektros tiekimo linijų, maitinančių nutolusius vartotojus, rekonstrukcijos rekomendacijas.

Darbo eiga:

- Ištirti transformatoriaus netipinių darbo režimų įtaką įtampos kokybės parametrams;
- Ištirti eksploatuojamų elektros tiekimo laidininkų varžas ir palyginti su teorinėmis;
- Ištirti linijų įtampos nuostolių skaičiavimo metodiką;
- Išanalizuoti nulinio laido pakartotinio įžeminimo įtaką bendrai linijos varžai;
- Išanalizuoti įtampos kritimus nuliniame laide esant netipinėms jungimo schemoms ir nesimetriniams apkrovimams;
- Apskaičiuoti dėl galios nuostolių elektros tiekimo linijose patiriamus finansinius nuostolius;
- Išanalizuoti daromų rekonstrukcijų atsiperkamumo terminus;
- Paskaičiuoti maksimalias elektros tiekimo linijų pralaidumo galimybes;
- Finansinis pagrindimas pasirenkant linijos storinimą ar statyti naują transformatorinę.

## **2. Lietuvoje galiojantys elektros kokybės standartai**

Tiekiamos elektros kokybė turi atitikti žemosios įtampos viešo elektros tiekimo sistemų vardines įtampas (pagal LST 1567 standartą) ir bendrų skirstomųjų elektros tinklų įtampos charakteristikos (pagal LST EN 50160 standartą) reikalavimus.

Standartais apibrėžiami pagrindiniai elektros parametrai:

- Įtampos dažnis. Vardinis tiekiamos įtampos dažnis turi būti 50 Hz. Normaliomis darbo sąlygomis vidutinis sistemos pagrindinės harmonikos dažnis per 10 s turi būti 50 Hz  $\pm$ 1% t. y. nuo 49,5 iki 50,5 Hz ir toks dažnis turi būti 99,5 % per metus;

- Įtampos asimetrija. Tiekiamos įtampos asimetrija – tai trifazės sistemos būseną, kai fazių įtampų vidutinės vertės arba fazių tarpusavio kampai nelygūs. Kai kuriose vietose, kur vartotojo įrenginiai yra iš dalies vienfaziai arba dvifaziai, trifazė įtampos asimetrija elektros tinklo nuosavybės ar eksploatavimo atsakomybės taškuose gali pasiekti apie 3%

Lietuvoje galiojantys elektros kokybės standartai

- Įtampos nesimetriškumas. Tiekiamos įtampos netiesinių iškraipymų faktorius (įtampos nesimetriškumas) turi būti mažesnis arba lygus 8% (įskaitant visas harmonikas iki 40).

- Įtampos svyravimai. Tiekiamos (gaminamos) elektros įtampos leistinos ribos yra nuo -10% iki + 10%, tai yra nuo 207 V iki 253 V



Kadangi tiriamajame darbe nagrinėjame nutolusius vartotojus, kuriems pagrindinė problema yra įtampos kritimai elektros tinkle, taigi detaliau nagrinėsime įtampos svyravimo problemą.

### 3. Nesimetrinio transformatoriaus apkrovimo įtaka įtampos kokybės parametrams

Atsižvelgdami į tai jog susidursime su nesimetriniais apkrovimais ištirsime transformatoriaus veikimą nesimetrinių apkrovų metu, darbą perdegus vienam 10 kV saugikliui bei įžemėjus vienai fazei.

Tiriamo transformatoriaus tipas TM-100, jungimo grupė: Y / Y o;

Lentelėje - X\*\*\* - 10 kV saugiklis perdegęs, transformatoriaus 10kV įvadas įžemėjęs į korpusą

1 lentelė. Nesimetrinio transformatoriaus apkrovimo suvestinė.

Eil. Nr	10 kV Sugikliai	Fazė	Apkrovimo srovė (A)	Fazinė įtampa ž.įt. pusėje (V)	Pastabos Išvados
1	+	A	8,3	226	
	+	B	14,8	234	
	+	C	30,5	228	
2	+	A	0	228	
	+	B	0	230	
	+	C	0	232	
3	+	A	23,1	220	Apkrovus nesimetriškai jaučiamas įtampos išsikraipymas
	+	B	0	228	
	+	C	0	240	
4	+	A	0	248	Apkrovus nesimetriškai jaučiamas įtampos išsikraipymas
	+	B	57	218	
	+	C	0	224	
5	+	A	23,1	238	
	+	B	34,5	220	
	+	C	0	236	

6	X	A	0	27	Perdegus vienos fazės 10 kV saugikliui išsikraipo fazių įtamos
	+	B	0	214	
	+	C	0	188	
7	X	A	2,8	27	
	+	B	0	212	
	+	C	0	188	
8	X	A	6,4 OMU	0	
	+	B	0	200	
	+	C	0	200	
9	X	A	0	244	Nesimetriškai apkrovus transformatorių su perdegusiu saugikliu jaučiamas stiprus įtampų išsikraipymas
	+	B	16,4	176	
	+	C	0	288	
10	X	A	0,3	52	Perdegus saugikliui, apkrovus fazes krenta įtampa
	+	B	17	168	
	+	C	0	234	
11	X	A	0,2	0	
	+	B	20	200	
	+	C	20	200	
12	X	A	0	252	Nesimetriškai apkrovus transformatorių su perdegusiu saugikliu jaučiamas stiprus įtampų išsikraipymas
	+	B	0	296	
	+	C	15,2	164	
13	X	A	0	270	Nesimetriškai apkrovus transformatorių su perdegusiu saugikliu jaučiamas stiprus įtampų išsikraipymas
	+	B	0	288	
	+	C	22,1	162	
14	X	A	0	276	Nesimetriškai apkrovus transformatorių su perdegusiu saugikliu jaučiamas stiprus įtampų išsikraipymas
	+	B	0	320	
	+	C	34,5	158	

15	X	A	0	84	
	+	B	25,4	164	
	+	C	23,8	236	
16	X ***	A	0	82	Ižemėjus transformatoriaus vienai 10 kV fazei 0,4 kV pusėje įtampa sumažėjusi, nekyla virš nominalių reikšmių
	+	B	0	204	
	+	C	0	204	
17	X ***	A	0	90	Ižemėjus transformatoriaus vienai 10 kV fazei 0,4 kV pusėje įtampa sumažėjusi, nekyla virš nominalių reikšmių
	+	B	34	196	
	+	C	0	210	
18	X ***	A	0	78	Ižemėjus transformatoriaus vienai 10 kV fazei 0,4 kV pusėje įtampa sumažėjusi, nekyla virš nominalių reikšmių
	+	B	0	216	
	+	C	30,5	198	
19	X ***	A	0	82	Ižemėjus transformatoriaus vienai 10 kV fazei 0,4 kV pusėje įtampa sumažėjusi, nekyla virš nominalių reikšmių
	+	B	21,4	208	
	+	C	30,6	200	
20	X ***	A	8,2	81	Ižemėjus transformatoriaus vienai 10 kV fazei 0,4 kV pusėje įtampa sumažėjusi, nekyla virš nominalių reikšmių
	+	B	20	204	
	+	C	20	204	

Išvados:

Iš gautų duomenų matome, jog perdegus vienam 10 kV saugikliui gauname avarinį transformatoriaus darbo režimą, kai įtampa žemojoje pusėje gali pakilti 39% nuo nominalios ir siekti 320 V. Apkrovus šią fazę įtampa krenta, tačiau prietaisams dirbantiems budėjimo režime ir vartojantiems mažą galią ši įtampa yra pavojinga;

Apkrovus tokį transformatorių nesimetrične apkrova, gauname įtampų nesimetriškus kritimus. Kad išvengti fazinių įtampų išsikraipymo rekomenduojama, kur yra didelės nesimetrinės apkrovos, naudoti transformatorius su žvaigždė-zigzagų jungimo grupe.

#### 4. Elektros tiekimo laidininkų varžos kitimas ilgalaikės eksploatacijos metu

Norėdami ištirti elektros tiekimo linijų laidininkų varžos kitimą lyginsime praktinių matavimų rezultatus su teoriniais skaičiavimais. Įvairioje elektrotechninėje literatūroje pateikiamos laidininkų varžos šiek tiek skiriasi. Kaip pagrindą imsime dažniausiai vartojamas varžas:

2 lentelė. Laidininkų skaičiuojamosios varžos.

Laido markė	Aktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$	Reaktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$	Laido markė	Aktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$	Reaktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$
AMKA 3*16+25	1,91/1,38	0,108/0,106	AS-35	0,85	0,336
AMKA 3*25+35	1,2/0,986	0,106/0,106	AS-50	0,65	0,325
AMKA 3*35+50	0,868/0,72	0,104/0,101	AS-70	0,46	0,309
AMKA 3*50+70	0,641/0,493	0,101/0,097	AS-95	0,33	0,3
AMKA 3*70+95	0,443/0,363	0,097/0,095	KL-25	1,24	0,099
AMKA 3*95+95	0,35/0,363	0,095/0,095	KL-35	0,89	0,095
AMKA 3*120+95	0,253/0,363	0,092/0,095	KL-50	0,62	0,09
A-16	1,98	0,358	KL-70	0,443	0,086
A-25	1,28	0,345	KL-95	0,326	0,083
A-35	0,92	0,336	KL-120	0,258	0,081
A-50	0,64	0,325	KL-150	0,206	0,079
A-70	0,46	0,309	KL-185	0,167	0,077
A-95	0,34	0,3	KL-240	0,129	0,077
A-120	0,27	0,292			

## 5. Įtampos nuostolių linijoje skaičiavimas

Skaičiuodami vartotojų nesutapimo koeficientą pasinaudosime skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2007 m. Gruodžio 27 d. Įsakymu Nr. 4-542 pritaikydami sodyboms ir vienbučiams gyvenamiesiems namams su įrengtomis stacionariomis dujinėmis viryklėmis taikomą koeficientą:

3 lentelė. Vartotojų nevienalaikiškumo koeficientas.

Nevienalaikiškumo koeficientas k	Vartotojų kiekis (vnt.)							
	1-3	6	9	12	15	18	24	40
Sodyba	1	0,676	0,456	0,394	0,368	0,348	0,316	0,264
Vienbučiai gyvenamieji namai su įrengtomis stacionariomis dujinėmis viryklėmis	1	0,845	0,65	0,537	0,488	0,439	0,374	0,325

Pritaikius šiuos koeficientus skaičiuojamąją galią linijos ruože gauname:

$$P_{sk} = k \cdot \sum P_{leist} \quad (1)$$

kur k – nevienalaikiškumo koeficientas (iš 3 lentelės);

$P_{leist}$  – leistinoji vartotojų galia, kW.

Vartotojų lestinąsias galias priimsime standartinės numatytas sutartyse: vienfaziam vartotojui – 3 kW; trifaziam – 5 kW.

Pagal skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika skaičiavimuose reikia taikyti galios koeficientus  $\cos \varphi$ :

4 lentelė. Galios koeficientas  $\cos \varphi$

Elektros energijos vartotojas	$\cos \varphi$
Butas, namas su įrengta stacionaria virykle	0,9
Sodyba	0,85

Įtampos kritimų skaičiavimui naudosimės sekančiomis formulėmis:

Kai žinome apkrovos galią:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_N} \quad (2)$$

kur  $P$  – skaičiuojamoji aktyvi linijos galia, kW;

$Q$  – skaičiuojamoji reaktyvi linijos galia, kuria apskaičiuosime pagal išraišką, kW:

$$Q = P \cdot \tan \varphi \quad (3)$$

$U_N$  – linijos nominali įtampa, kV

$R$  – linijos aktyvioji varža,  $\Omega$ . Apskaičiuojama:

$$R = r_0 \cdot l \quad (4)$$

čia  $r_0$  – linijos 1 km aktyvinė varža (iš 2 lentelės),  $\Omega/\text{km}$ ;

$l$  – linijos ilgis, km;

$X$  – linijos reaktyvioji varža,  $\Omega$ . Apskaičiuojama:

$$X = x_0 \cdot l \quad (5)$$

čia  $x_0$  – linijos 1 km reaktyvioji varža (iš 2 lentelės),  $\Omega/\text{km}$ ;

Kai žinome apkrovos srovę taikysime formulę:

$$\Delta U = \sqrt{3}I(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (6)$$

Čia  $I$  – darbo srovė, A.

Abiem atvejais įtampos nuostolių procentinė išraiška apskaičiuojama:

$$\Delta U \% = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100 \quad (7)$$

Kad skaičiavimai būtų tikslesni įvertinsime ir įtampos kritimą transformatoriuje, pritaikę sekančias transformatorių pilnutines varžas:

5 lentelė. Pilnutinė transformatoriaus varža:

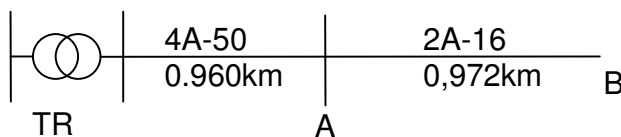
Transformatoriaus galia, kVA	Apvijos f-0 pilnoji varža, $\Omega$
16	1,54
25	1,2
30	1,11
40	0,862
63	0,544
100	0,358
160	0,233
250	0,144
320	0,117
400	0,106
560	0,087
630	0,082

Škaičiavimus lyginsime su matavimo prietaisais METREL SMARTEC MI2122, METREL MI 2088, METREL MI 2092 išmatuotomis reikšmėmis. Matavimo prietaisų charakteristikos pateiktos prieduose.

## 6. Linijos fazė – nulio varžos matavimas

Šiame skyriuje pateikiamos prietaisais išmatuotos tiriamų linijų varžos, bei pateikti palyginimai su vadovėlinėmis.

Tiriame objekto MŽ-129 0,4 kV linijos varžas (statybos metai 1975, transformatorius 160 kVA):

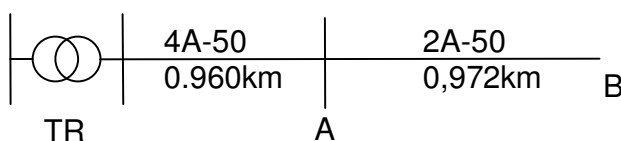


1 pav. MŽ-129 principinė schema

6 lentelė. MŽ-129 matavimų suvestinė.

	Taškas TR R, Ω	Atkarpa TR–A (skaičiuota) R, Ω	Taškas A R, Ω	Atkarpa A–B (skaičiuota) R, Ω	Taškas B R, Ω	Laidininko A-50 aktyvioji varža Ω/km	Laidininko A-16 aktyvioji varža Ω/km	Laidininko A-50 reaktyvioji varža Ω/km	Laidininko A-16 reaktyvioji varža Ω/km
Išmatuota (f+0)	0,08	0,94	1,02	2,1	3,12	0,98	2,16	0,531	0,535
Paskaičiuota(f+0)	0,08	1,22	1,3	3,84	5,14	1,28	3,96	0,65	0,716
<b>Skirtumas, %</b>	<b>0</b>	<b>-23</b>	<b>-21,5</b>	<b>-45</b>	<b>-29,3</b>	<b>-23,4</b>	<b>-45,5</b>	<b>-24,7</b>	<b>-29,4</b>

Situacija pakeitus laidus:

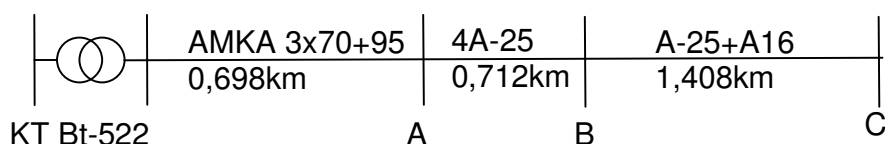


2 pav. MŽ-129 principinė schema pakeitus laidus

7 lentelė. MŽ-129 matavimų suvestinė pakeitus laidus.

	Taškas TR R, Ω	Atkarpa TR-A (skaičiuota) R, Ω	Taškas A R, Ω	Atkarpa A-B (skaičiuota) R, Ω	Taškas B R, Ω	Laidininko A-50 varža Ω/km	Laidininko A-50 varža po rekonstrukcijos Ω/km
Išmatuota (f+0)	0,08	0,94	1,02	0,84	1,86	0,98	0,86
Paskaičiuota (f+0)	0,08	1,22	1,3	1,24	2,54	1,28	1,28
<b>Skirtumas, %</b>	<b>0</b>	<b>-23</b>	<b>-21,5</b>	<b>-32,3</b>	<b>-26,8</b>	<b>-23,4</b>	<b>-32,8</b>

Tiriame objekto Bt-522 0,4 kV linijos varžas (statybos metai 1961, AMKA sumontuota 2000, transformatorius 160 kVA):

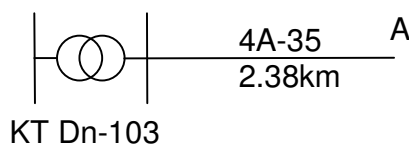


3 pav. Bt-522 principinė schema.

8 lentelė. Bt-522 matavimų suvestinė.

	Taškas TR R, Ω	Atkarpa TR-A (skaičiuota) R, Ω	Taškas A R, Ω	Atkarpa A-C (skaičiuota) R, Ω	Taškas C R, Ω	Laidininko AMKA 3x70+95 Ω/km	Laidininko A-25 varža Ω/km	Laidininko A-16 varža Ω/km
Išmatuota (f+0)	0,07	0,385	0,455	4,095	4,55	0,55	1,63	2,54
Paskaičiuota (f+0)	0,07	0,563	0,633	6,42	7,12	0,806	2,56	3,96
<b>Skirtumas, %</b>	<b>0</b>	<b>-31,6</b>	<b>-28,1</b>	<b>-36,2</b>	<b>-36,1</b>	<b>-31,8</b>	<b>-36,3</b>	<b>-35,9</b>

Tiriame objekto Dn-103 0,4 kV linijos varžas (statybos metai 1968, transformatorius 160kVA):



4 pav. Dn-103 principinė schema.

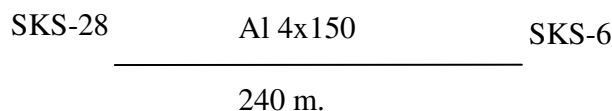


9 lentelė. Dn-103 matavimų suvestinė.

	Taškas TR R, $\Omega$	Atkarpa TR – A (skaičiuota) R, $\Omega$	Taškas A R, $\Omega$	Laidininko A-35 aktyvioji varža $\Omega/\text{km}$	Laidininko A-35 reaktyvioji varža $\Omega/\text{km}$
Išmatuota (f+0)	0,07	2,53	2,6	1,06	0,542
Paskaičiuota (f+0)	0,07	4,38	4,45	1,84	0,672
<b>Skirtumas, %</b>	<b>0</b>	<b>-42</b>	<b>-41,6</b>	<b>-42,4</b>	<b>-19,4</b>

Iš matavimų matome, jog reali pamatuota laidininkų varža yra ženkliai mažesnė nei pateikiama metodiniuose nurodymuose. Ji mažesnė 20 – 40 %.

Papildomam rezultatų patikrinimui išmatuosime 2009 metais paklotą AXPK kabelį Al 4x150. Linija neapkrauta, kilpos fazė nulis matavimus atliksime SKS-28 ir SKS-6 taškuose. Išskaičiavę rezultatų skirtumą, gausime atkarpos varžą:



5 pav. SKS-28 – SKS-6 principinė schema

10 lentelė. SKS-28 – SKS-6 matavimų suvestinė.

	Kabelio aktyvioji varža R, $\Omega$	Kabelio reaktyvioji varža X, $\Omega$	Laidininko Al 4x150 aktyvioji varža išmatuota, $\Omega/\text{km}$
Išmatuota ( $f_A+0/ f_B+0/ f_C+0$ )	0,05/0,06/0,07	0,02/0,04/0,06	0,208/0,25/0,292
Paskaičiuota (f+0)	0,099	0,038	0,412
<b>Skirtumas, %</b>	<b>-45,5/-39,4/-29,3</b>	<b>-47,4/5,3/57,9</b>	<b>-45,5/-39,4/-29,3</b>

Papildomai patikrinus matavimo prietaisą su etalonine 1  $\Omega$  varža nustatyta, jog prietaisas neviršija numatyto matavimo paklaidų. Matavimų rezultatai patvirtina kitų linijų matavimus, kad reali linijų varža ženkliai mažesnė, nei nominalios.

## 7. Linijų skaičiavimas

Šiame skyriuje atliksime linijų teorinius skaičiavimus ir lyginsime su praktiniais matavimų rezultatais. Kadangi skaičiavimų kiekiai dideli racionalu buvo sukurti excel skaičiuoklėje formą palengvinančia skaičiavimus. Ji pridedama prieduose.

Atliekamame tyrime linijas skaičiuosime trim būdais:

1) apkrausime linijas aktyvia varža ir išmatuosime įtampą neapkrovus, bei apkrovus liniją, bei apkrovos darbo srovę. Gautus rezultatus lyginsime su teoriškai paskaičiuotais pagal 6 formulę, pritaikydami  $\cos \varphi = 1$  (aktyvi varža).

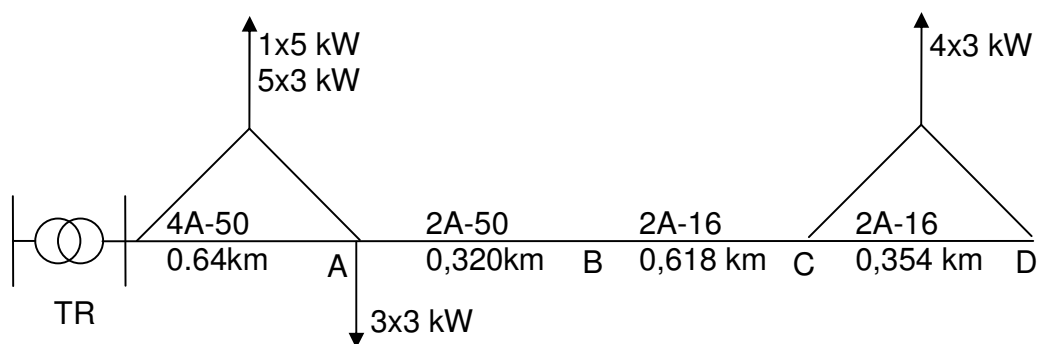
2) Iš analizatoriaus parodymų nustatysime koks yra įtampos kritimas esant tam tikrai apkrovai. Šiuos dydžius palyginsime su matematiškai paskaičiuotais rezultatais pagal 6 formulę, taikant 4 lentelėje nurodytas  $\cos \varphi$  reikšmes.

3) Įstatę į 2 formulę 1 formulėje paskaičiuotą skaičiuojamąją galią, suskaičiuosime maksimalius linijos įtampos nuostolius ir palyginsime su analizatoriaus parodymais.

Įtampos nuostolius skaičiuosime lygindami su linijine nominalia įtampa – 230 V.

Pirmiausia pabandykime patikrinti matavimus, paskaičiuodami liniją pritaikę išmatuotas varžas:

Objektas – MŽ-129 (transformatorius 160 kVA)



6 pav. MŽ-129 skaičiavimų schema

11 lentelė. MŽ-129 skaičiavimų rezultatai

	Matavimo taškas:	TR	A	B	B apkrovus	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	242		238	221		236	191
	Srovė I, A	25			16,2			14
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %			-2,6	3,9		-2,6	17
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:					221,5			192,3

Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V						236	205 (min 163)
	Srovė I, A	max 32,3					0	9
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %							10,9
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:								206,3
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	15,1	11,4	8,1	8,1	8,1	4,1	4,1
	Įtampa U, V	242	229,4	215,4	215,4	163,8	148,9	148,9
	Srovė I, A		21,7	46,3	46,3	46,3	23,4	23,4
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		0,3	6,4	6,4	28,8	35,3	35,3
Skaičiavimas namui	Galia P, kW	20	15,1	10,1	10,1	10,1	5,1	5,1
	Įtampa U, V	240	225,3	207,8	207,8	143,5	124,9	124,9
	Srovė I, A		28,8	57,8	57,8	57,8	29,2	29,2
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		2,1	9,7	9,7	37,6	45,7	45,7

Gauti artimi matavimams rezultatai patvirtina matavimų rezultatus.

Tą pačią liniją paskaičiuojame pritaikę teorines varžas (iš 2 lentelės):

12 lentelė. MŽ-129 skaičiavimų rezultatai su vadovėlių varžomis .

	Matavimo taškas:	TR	A	B	B apkrovus	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	242		238	221		236	191
	Srovė I, A	25			16,2			14
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %			-2,6	3,9		-2,6	17
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:					216,8			163,8
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V						236	205 (min 163)
	Srovė I, A	max 32,3					0	9
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %							10,9
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:								189,4
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	15,1	11,4	8,1	8,1	8,1	4,1	4,1
	Įtampa U, V	242	226,2	208,2	208,2	117,1	90,7	90,7
	Srovė I, A		21,7	46,3	46,3	46,3	23,4	23,4
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		1,6	9,5	9,5	49,1	60,6	60,6
Skaičiavimas namui	Galia P, kW	20	15,1	10,1	10,1	10,1	5,1	5,1
	Įtampa U, V	242	221,1	198,7	198,7	85,1	52,2	52,2
	Srovė I, A		28,8	57,8	57,8	57,8	29,2	29,2
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		3,9	13,6	13,6	63	77,3	77,3

Skaičiuotinus įtampos kritimus gauname ženkliai didesnius, nei pamatuoti. Tai patvirtina matavimus, jog reali laidininko varža yra ženkliai mažesnė už pateikiamas metodiniuose nurodymuose. Taip pat išanalizavus tiriamųjų linijų skaičiavimus taikant sodyboms ir gyvenamiesiems namams skirtus nevienalaikiškumo koeficientus ir palyginus su praktiniais linijų apkrovimais, iš analizatorių, tikslinga ilgoms linijoms taikyti sodybų nevienalaikiškumo koeficientą, bei sodyboms skirtą  $\cos \varphi = 0,85$ .

Patikrinus įvairias laidininkų varžų kombinacijas, optimaliam rezultatui pasiekti priimsime skaičiavimams naudoti 30 % sumažintas teorines varžas:

13 lentelė. 30% sumažintos skaičiuojamųjų varžų reikšmės.

Laido markė	Kilpos f-0 aktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$	Kilpos f-0 reaktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$	Laido markė	Kilpos f-0 aktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$	Kilpos f-0 reaktyvioji varža, $\Omega/\text{km}$
AMKA 3*16+25	2,303	0,1498	AS-35	1,19	0,4704
AMKA 3*25+35	1,5302	0,147	AS-50	0,91	0,455
AMKA 3*35+50	1,1116	0,1435	AS-70	0,644	0,4326
AMKA 3*50+70	0,7938	0,1386	AS-95	0,462	0,42
AMKA 3*70+95	0,5642	0,1344	KL-25	1,736	0,1386
AMKA 3*95+95	0,4991	0,133	KL-35	1,246	0,133
AMKA 3*120+95	0,4312	0,1309	KL-50	0,868	0,126
A-16	2,772	0,5012	KL-70	0,6202	0,1204
A-25	1,792	0,483	KL-95	0,4564	0,1162
A-35	1,288	0,4704	KL-120	0,3612	0,1134
A-50	0,896	0,455	KL-150	0,2884	0,1106
A-70	0,644	0,4326	KL-185	0,2338	0,1078
A-95	0,476	0,42	KL-240	0,1806	0,1078
A-120	0,378	0,4088			

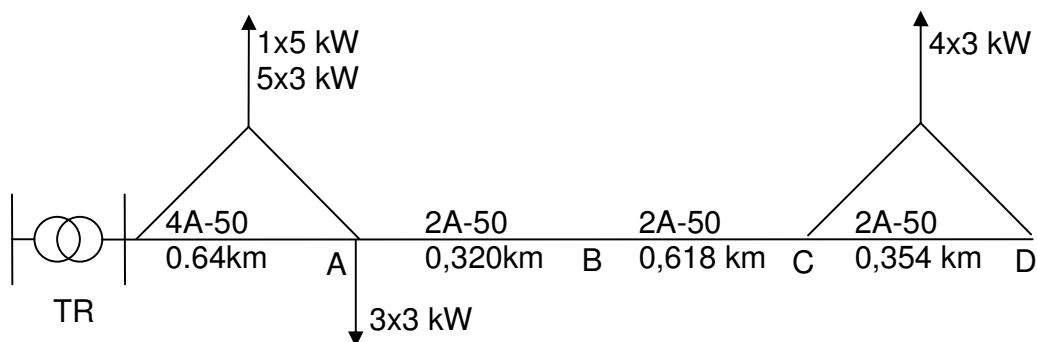
Pritaikę šias varžas gauname:

14 lentelė. MŽ-129 skaičiavimų rezultatai pritaikius alternatyvias varžas.

	Matavimo taškas:	TR	A	B	B apkrovus	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	242		238	221		236	191
	Srovė I, A	25			16,2			14
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %			-2,6	3,9		-2,6	17
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:					222,8			187,1
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V						236	205 (min 163)
	Srovė I, A	max 32,3					0	9
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %							10,9
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:								202,9
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	15,1	8,1	8,1	8,1	8,1	4,1	4,1
	Įtampa U, V	242	230,5	217,9	217,9	154,1	135,6	135,6
	Srovė I, A		21,7	46,3	46,3	46,3	23,4	23,4
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		-0,2	5,3	5,3	33	41	41

Galutiniame taške gauname net mažesnę skaičiuotina įtampą nei išmatuota. Tai reiškia, kad linijos varža dar šiek tiek mažesnė nei taikoma. Tačiau norėdami turėti „atsargą“ taikysime būtent šias varžas.

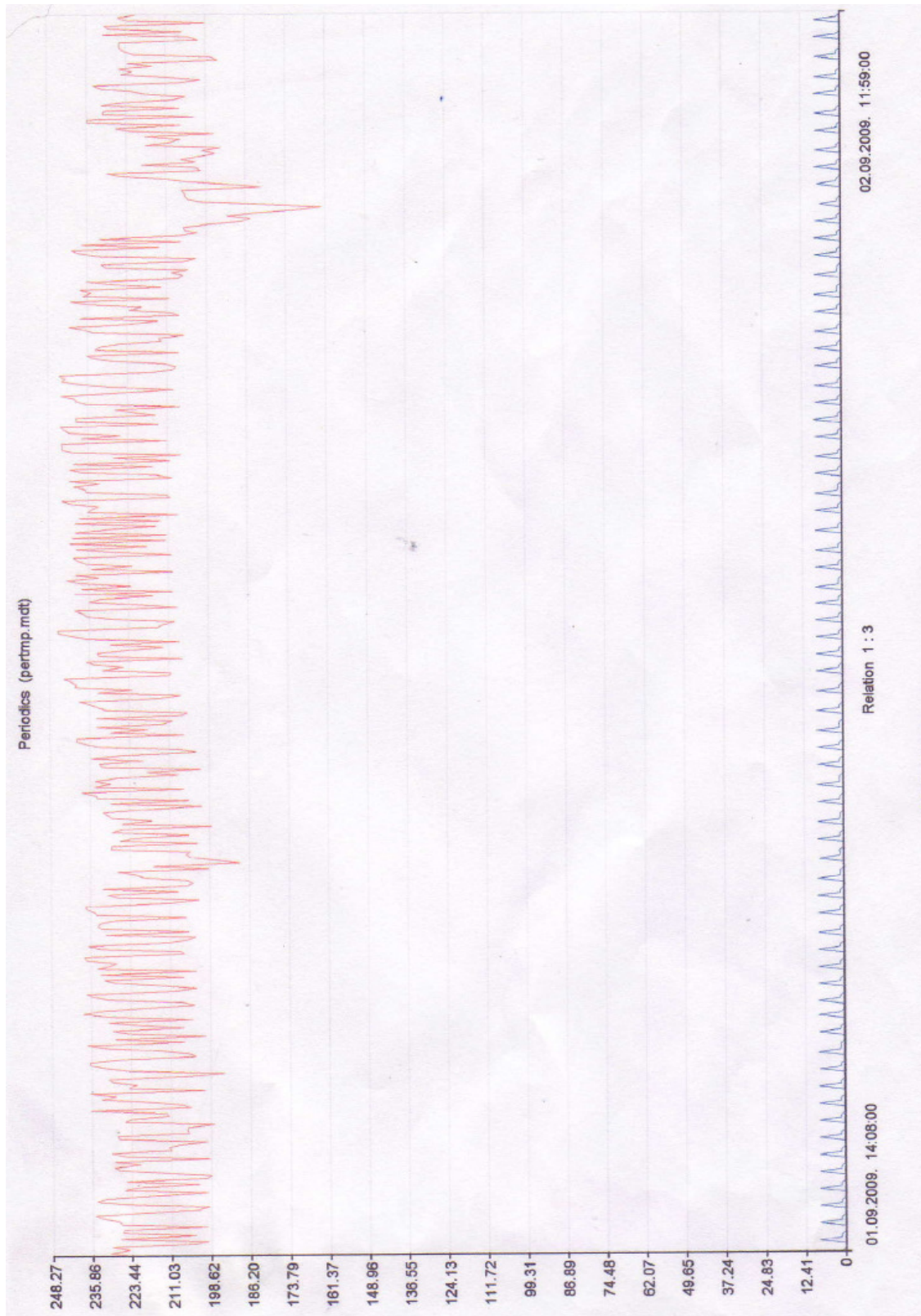
Skaičiavimai pakeitus linijos laidus atkarpoje B – D į A-50:



7 pav. MŽ-129 skaičiavimų schema pakeitus laidus

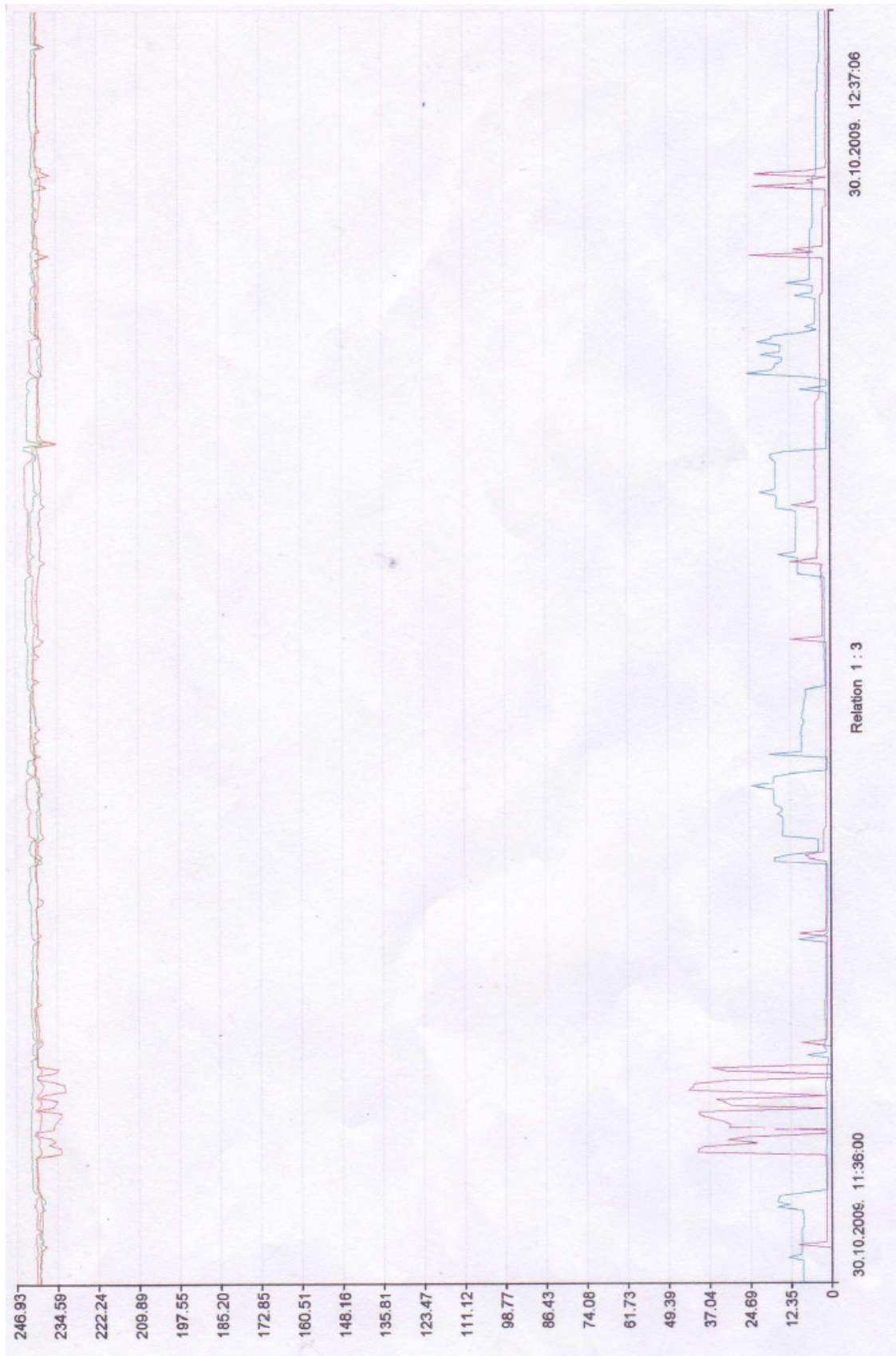
15 lentelė. MŽ-129 skaičiavimų rezultatai pakeitus laidus

	Matavimo taškas:	TR	A	B	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	245				240	218
	Srovė I, A					0	12,8
	Įtampos nuostoliai $\Delta U, \%$						5,2
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:							216,8
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	15,1	11,4	8,1	8,1	4,1	4,1
	Įtampa U, V	245	233,6	221,1	197,1	190,1	190,1
	Srovė I, A		21,5	45,8	45,8	23,2	23,2
	Įtampos nuostoliai $\Delta U, \%$		-1,6	3,8	14,3	17,3	17,3



8 pav. MŽ-129 analizatoriaus parodymai pas galinį vartotoją (laidai nepakeisti)

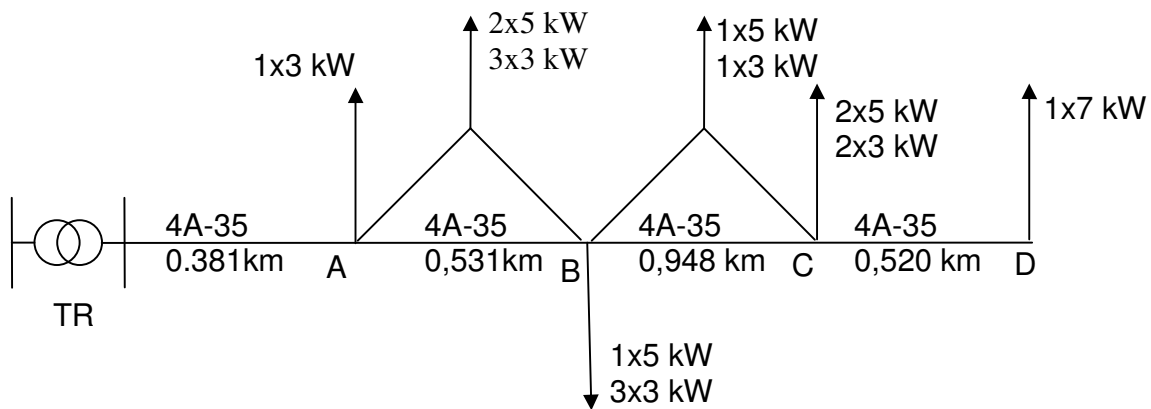




9 pav. MŽ-129 analizatoriaus parodymai transformatorinėje (laidai nepakeisti)



Dn-103 įtampos nuostolių skaičiavimas (160 kVA transformatorius):



10 pav. Dn-103 skaičiavimo schema.

Teorijoje trifazio tinklo skaičiavimuose yra laikoma, kad tinklas yra simetriškai apkrautas ir nuliniu laidu srovė neteka, bei skaičiuojant įtampos nuostolius ji nevertinama. Tačiau iš analizatoriaus parodymu 12 ir 13 pav. Matome, kad kaimo vietovėse apkrova yra nesimetriška ir nuliniu laidininku tekanti srovė yra panašaus lygio kaip tekanti maksimali faziniu laidu, todėl negalime nevertinti nulinio laido įtakos, bei įtampos kritimo jame.

Išanalizavus analizatoriaus parodymus matome, kad nesimetriškai apkrautais faziniais laidininkais tekančių srovių suma apytiksliai dvigubai didesnė, nei tekanti nuliniu laidininku (iš 12 ir 13 pav.). Todėl galime priimti sąlyginę apytiksle lygybę:

$$\frac{I_{fA} + I_{fB} + I_{fC}}{2} \approx I_0 \quad (8)$$

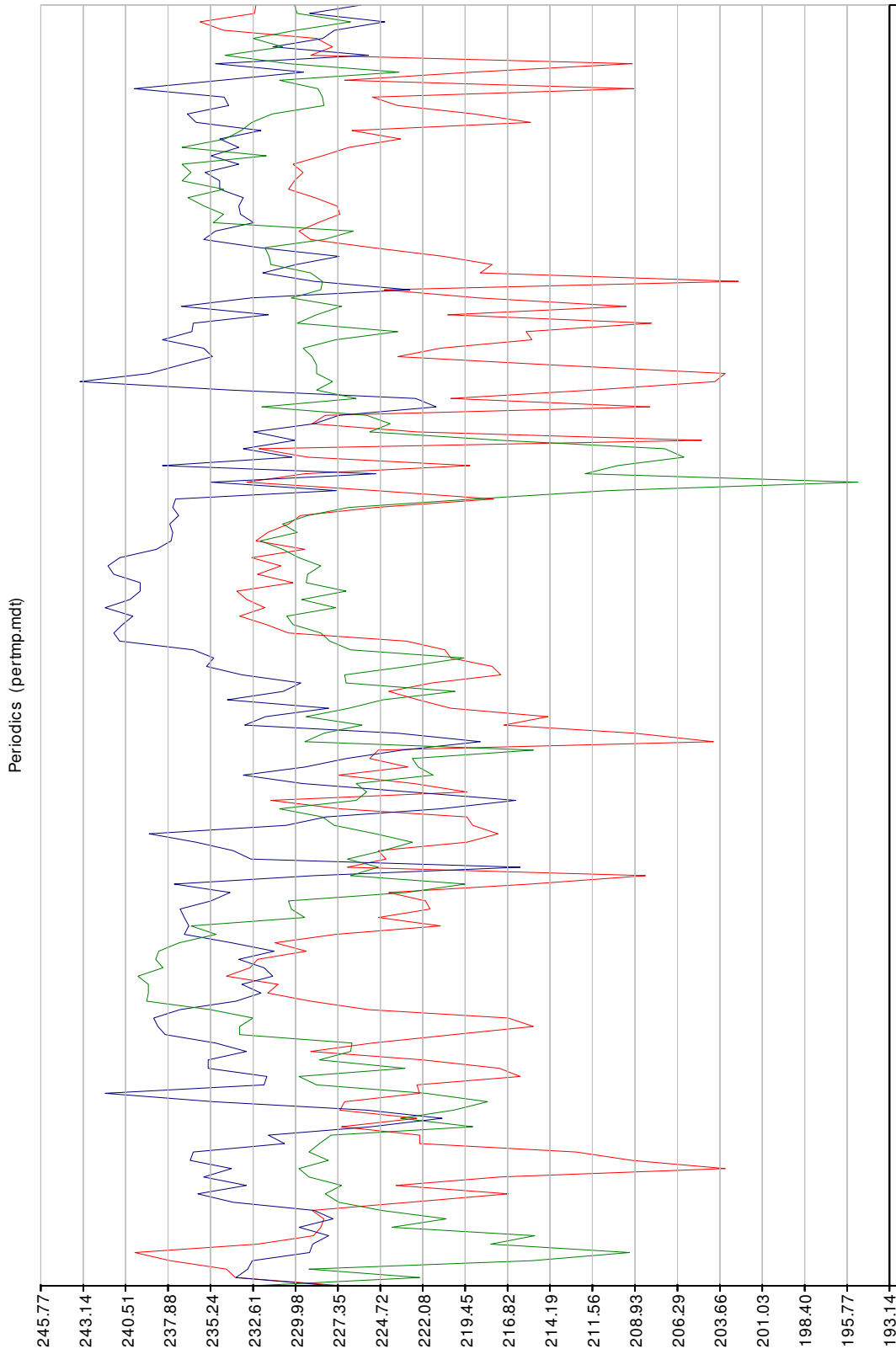
Iš šios apytikslės lygybės galime priimti, kad vienai fazei tenkanti nulinio laido srovė yra apytiksliai lygi 2/3 fazinio laido srovės. Todėl skaičiavimuose, norint įvertinti tiek įtampos kritimą faziniame laidininke, tiek nuliniame - fazines varžas padauginę iš papildomo koeficiento įvertinančio fazių nesimetriškumą - 5/3. (t.y. -  $r_{\text{skaičiuojamoji}} = r_f + 2/3r_0$ , arba  $r_{\text{skaičiuojamoji}} = 5/3r_f$ ):

16 lentelė Dn-103 skaičiavimų rezultatai.

	Matavimo taškas:	TR	A	B	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	234		231		224	199
	Srovė I, A	17,7		0		0	13
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %	-1,7		-0,4		2,6	13,5
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:							189,9
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V					min 188	
	Srovė I, A	32,5					
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %						
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	23,3	23,3	19	12,3	7	7
	Įtampa U, V	234	214,7	195,8	173,9	167,1	167,1
	Srovė I, A		45,9	37,5	24,3	13,8	13,8
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		6,7	14,9	24,4	27,4	27,4

Kadangi apkrova naudota aktyvinė, praktikoje gauname mažesnę įtampos kritimą, nei paskaičiuotas dėl simetriškesnio apkrovimo ir mažesnių srovių nuliniame laide.

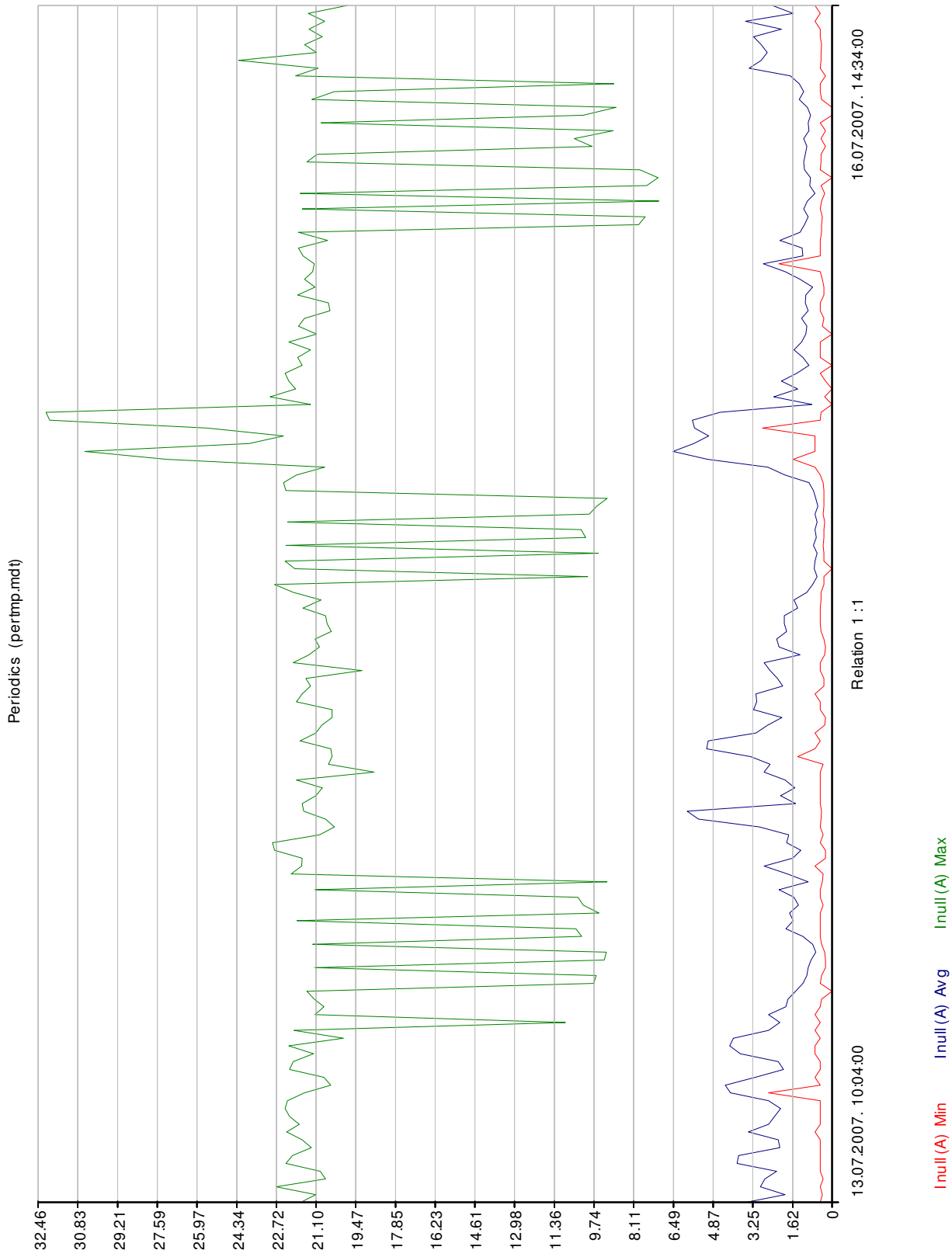
Teoriškai sumontavę linijoje laidininkus AMKA 3x95 + 95 gautume pas vartotoją 207,7 V įtampą ir 9,7 % įtampos nuostolius.



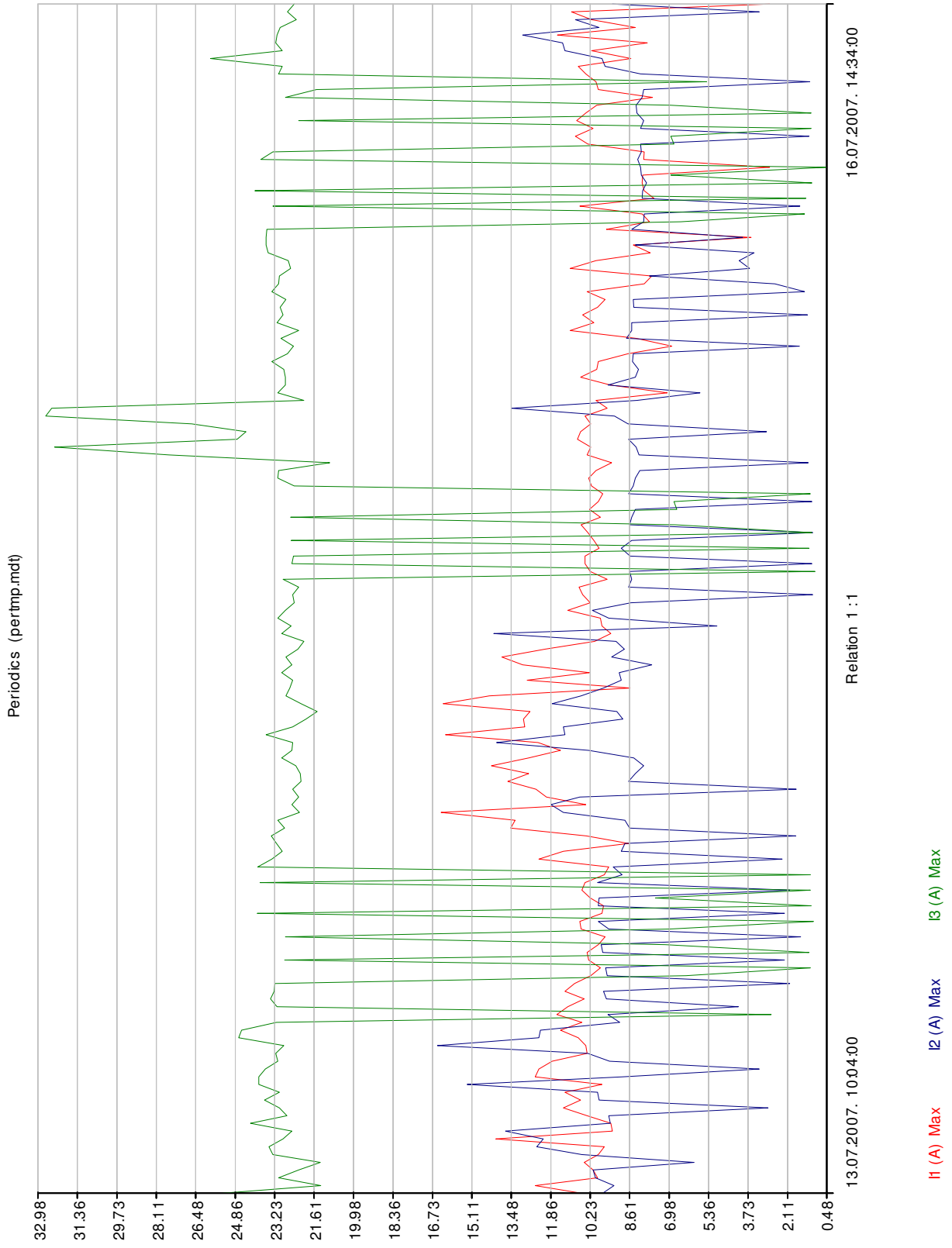
13.07.2007. 10:04:00 Relation 1 : 1 16.07.2007. 14:34:00

U1 (V) Avg U2 (V) Avg U3 (V) Avg

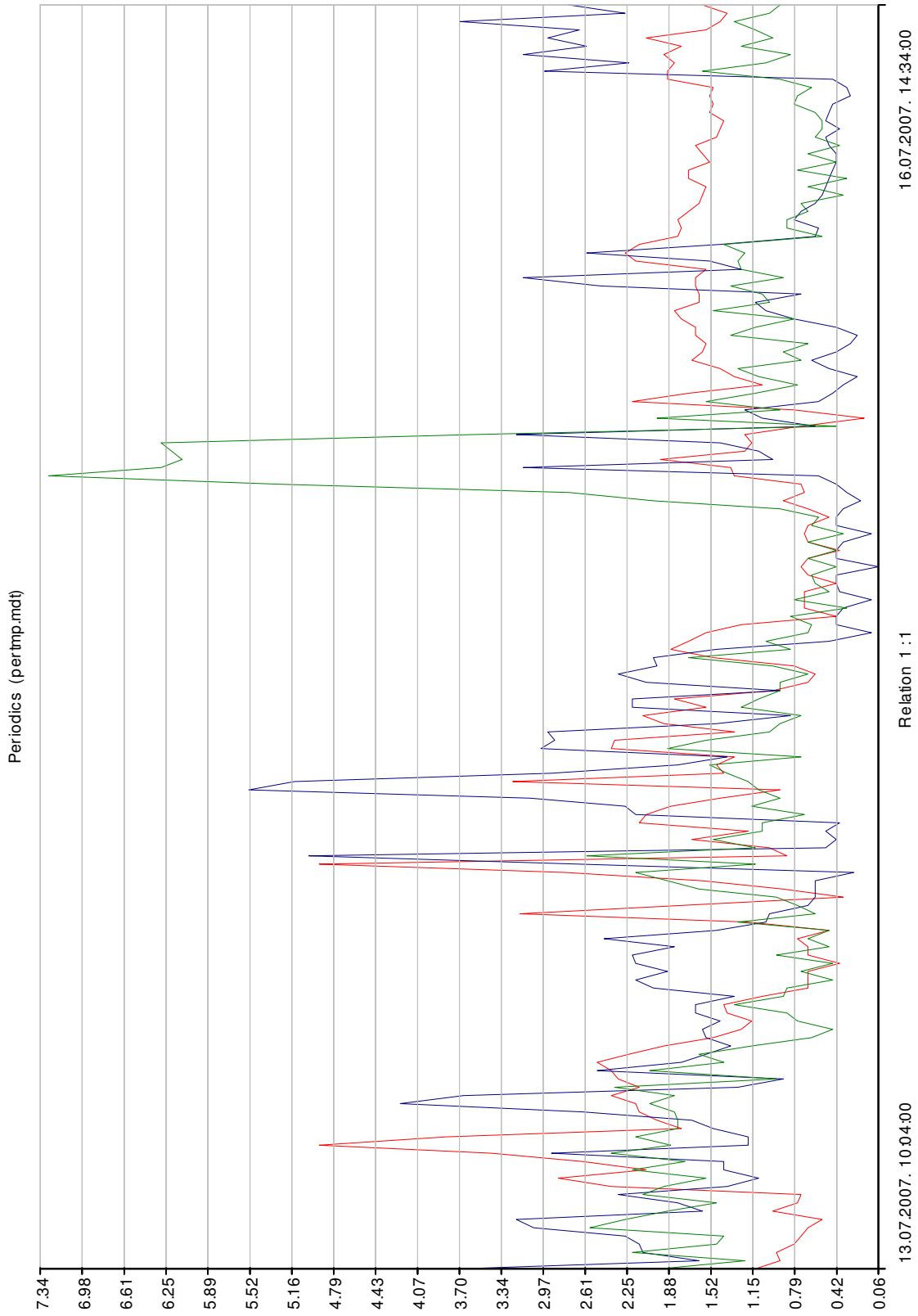
11 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti)



12 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti)

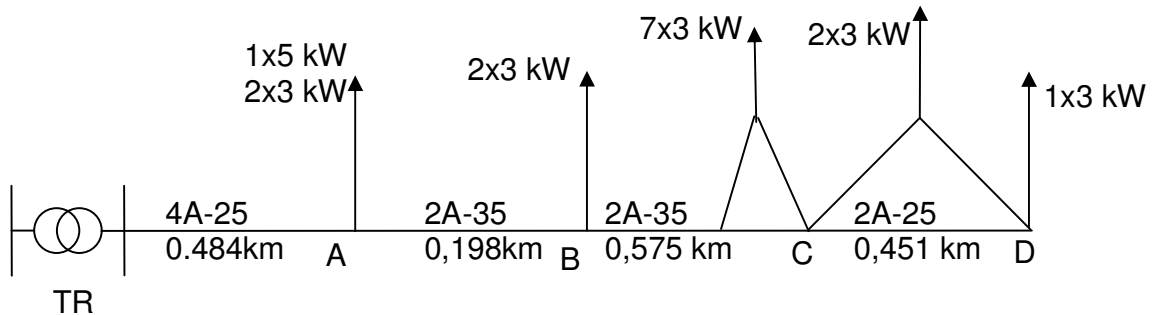


13 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti)



14 pav. Dn-103 analizatoriaus parodymai pas vartotoją (laidai nepakeisti)

Tiriame objekto Vg-208 0,4 kV įtampos nuostolius (statybos metai 1963, transformatorius 100 kVA):



15 pav. Vg-208 skaičiavimo schema.

17 lentelė. Vg-208 skaičiavimų rezultatai.

	Matavimo taškas:	TR	A	A apkrovus	B	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	237	230	200			229	164
	Srovė I, A	11,4	3,8	23,5			0,5	18,5
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		0	13			0,4	28,7
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:				209				176,4
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V						227,4	199 (min 135)
	Srovė I, A	30					0	8
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %						1,13	13,5
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:								202,9
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	17,3	17,3	17,3	14,2	7,7	6	6
	Įtampa U, V	237	214,5	214,5	195,8	166,3	142,4	142,4
	Srovė I, A		33,7	33,7	82,9	45	35	35
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		6,7	6,7	14,9	27,7	38,1	38,1

Gauname įtampos kritimus didesnius nei skaičiuotini. Patikriname pritaikę 10 % mažesnes nei normatyvinės varžas:

18 lentelė. Vg-208 skaičiavimų rezultatai su 10 % sumažintomis varžomis

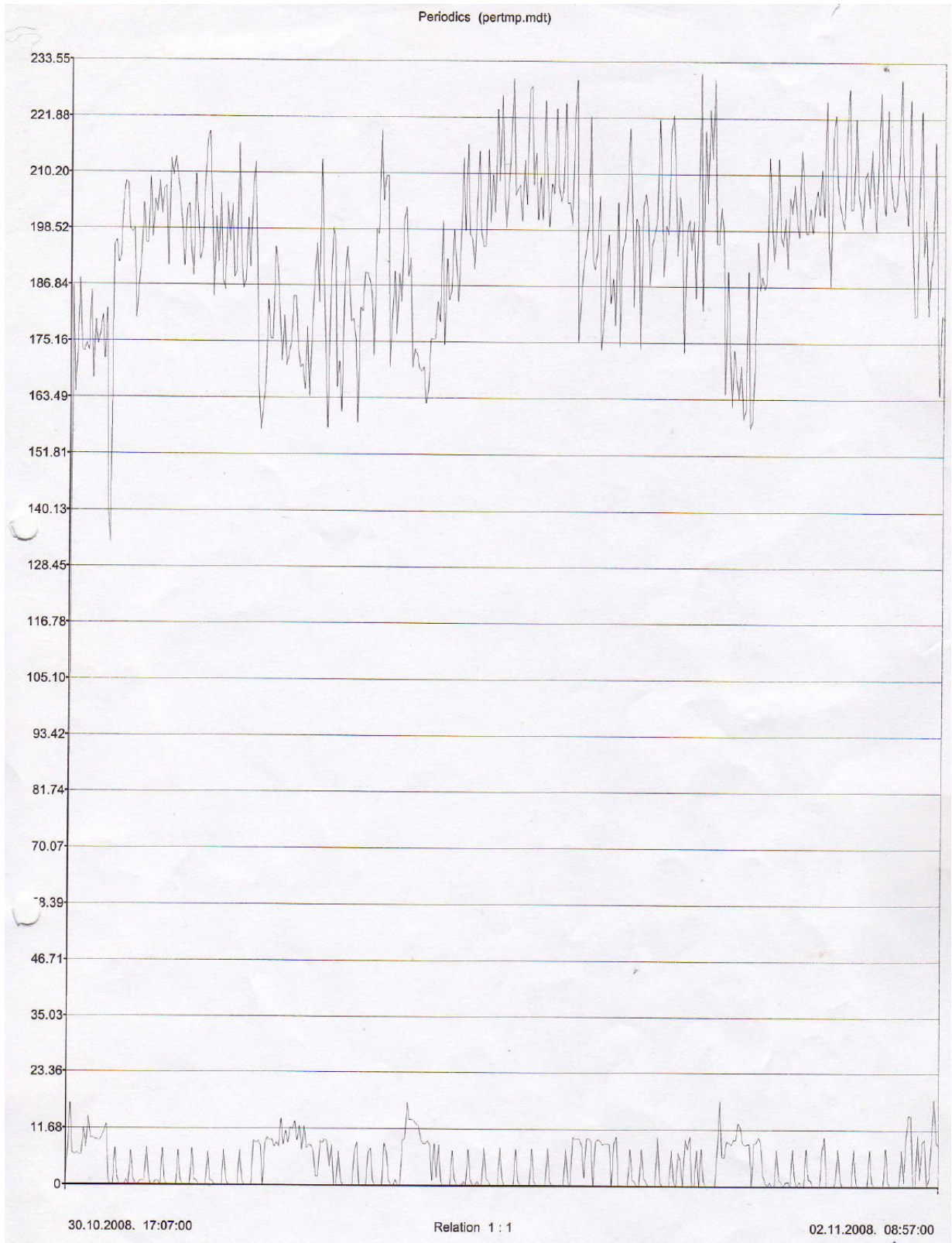
	Matavimo taškas:	TR	A	A apkrovus	B	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	237	230	200			229	164
	Srovė I, A	11,4	3,8	23,5			0,5	18,5
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		0	13			0,4	28,7
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:				204,2				162,3
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V						227,4	199 (min 135)
	Srovė I, A	30					0	8
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %						1,13	13,5
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:								196,7
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	17,3	17,3	17,3	14,2	7,7	6	6
	Įtampa U, V	237	208,7	208,7	184,6	146,6	115,9	115,9
	Srovė I, A		33,7	33,7	82,9	45	35	35
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		9,3	9,3	19,8	36,2	49,6	49,6

Iš sąlyginai didelių linijos varžų matome, jog reikalingas linijos remontas atkarpoje TR-A.

Šiuo atveju sumontavę TR – A atkarpoje AMKA 3\*95+95 ir likusioje linijos dalyje laidininkus A-95 gauname linijos gale 201,9 V įtampą ir 12,2% įtampos nuostolius.

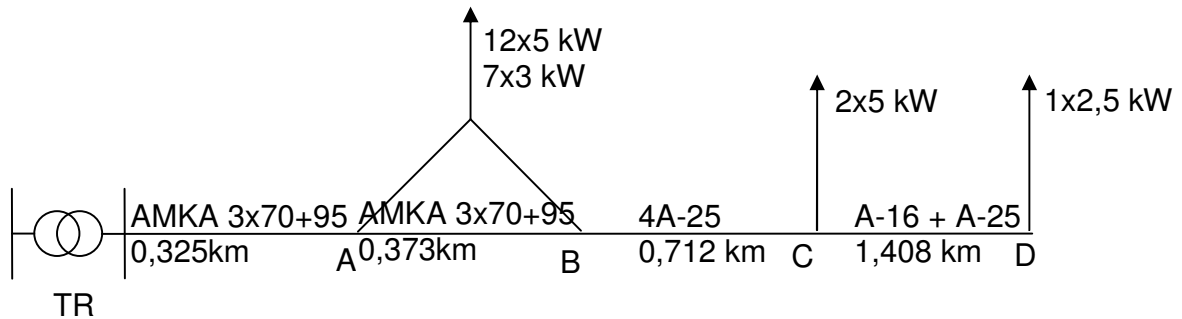
O sumontavę TR – A atkarpoje AMKA 3\*120+95 ir likusioje linijos dalyje laidininkus A-120 gauname linijos gale 207 V įtampą ir 10% įtampos nuostolius.





16 pav. Vg-208 analizatoriaus parodymai pas galutinį vartotoją.

Bt-522 įtampos nuostolių skaičiavimas (transformatorius 160 kVA):

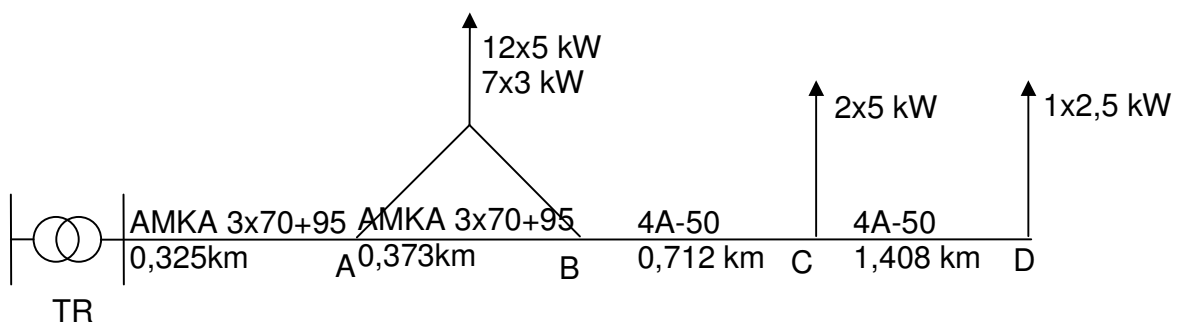


17 pav. Bt-522 skaičiavimo schema

19 lentelė. Bt-522 skaičiavimų rezultatai.

	Matavimo taškas:	TR	A	B	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	242				236	181/193
	Srovė I, A	14				0	11,7/8,7
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %						21,3/16,1
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:							177,9/192,8
Skaičiavimas optimistinis	Galia P, kW	29,6	29,6	16,7	12,5	2,5	2,5
	Įtampa U, V	242	231,6	227	205,6	168	168
	Srovė I, A		56,4	31,8	23,8	14,3	14,3
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		-0,7	1,3	10,6	27	27

Situacija pakeitus laidus:

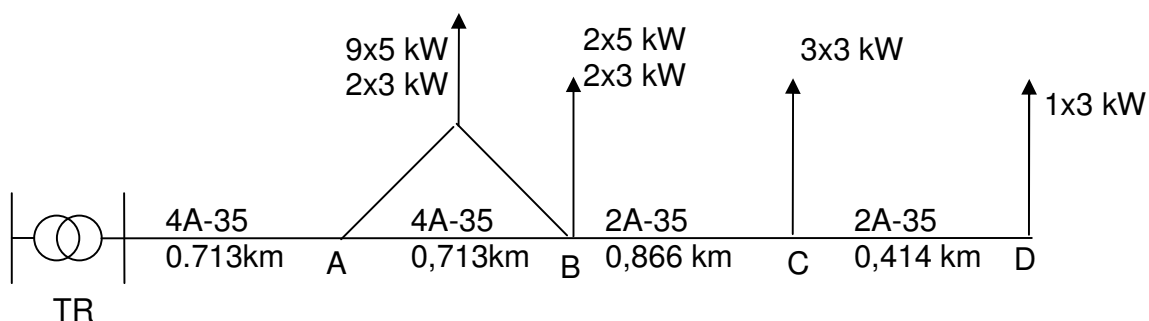


18 pav. Bt-522 skaičiavimo schema pakeitus laidus.

20 lentelė. Bt-522 skaičiavimo rezultatai pakeitus laidus.

Matavimo taškas:		TR	A	B	C	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	242				240	206
	Srovė I, A	14				0	13
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %						10,4
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:							209,1
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	29,6	29,6	16,7	12,5	2,5	2,5
	Įtampa U, V	242	231,6	227	214,9	197,8	197,8
	Srovė I, A		56,4	31,8	23,8	14,3	14,3
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		-0,7	1,3	6,6	14	14

Tiriame objektą Tt-706 (transformatorius 250 kVA) :

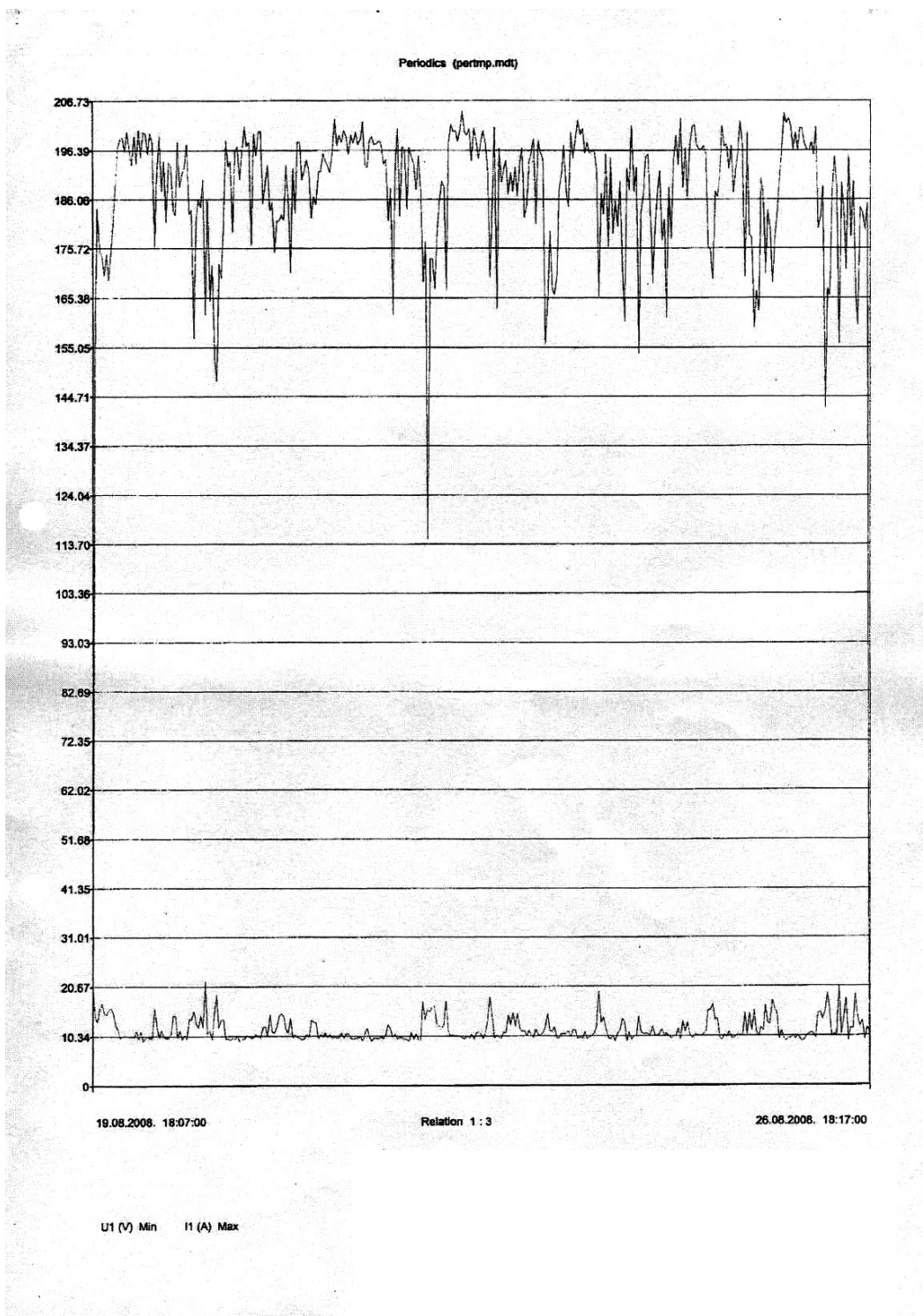


19 pav. Tt-706 skaičiavimo schema

21 lentelė. Tt-706 skaičiavimo rezultatai

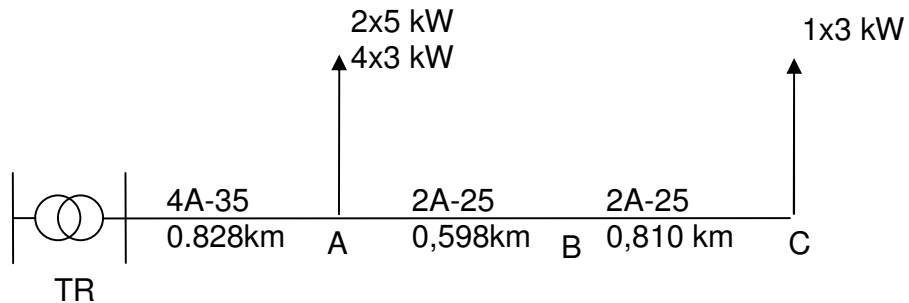
Matavimo taškas:		TR	A	B	B apkrovus	C	C apkrovus	D	D apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	233		225	189	220	171	222	164
	Srovė I, A	8,8		3,3	19,5	4,3	18	1,3	16,9
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %			2,2	17,8	4,3	25,7	3,5	28,7
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:					192,3	164,3		160,7	
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V					197	165 (min 114)		
	Srovė I, A					10	20		
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %					14,3	28,3		
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:							164,8		
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	25	25	16,9	16,9	8,1	8,1	3	3
	Įtampa U, V	233	194,3	171,6	171,6	124	124	115,6	115,6
	Srovė I, A		49,5	33,5	33,5	48,1	48,1	17,8	17,8
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		15,5	25,4	25,4	46,1	46,1	49,7	49,7

Šiuo atveju sumontavę TR- A atkarpoje AMKA 3\*120+95 ir likusioje linijos dalyje laidininkus A-120 gauname linijos gale tik 195,6 V įtampą ir 15% įtampos nuostolius.



20 pav. Tt-706 analizatoriaus parodymai pas galinį vartotoją

Tiriame objektą Kr-309 (transformorius 63 kVA):

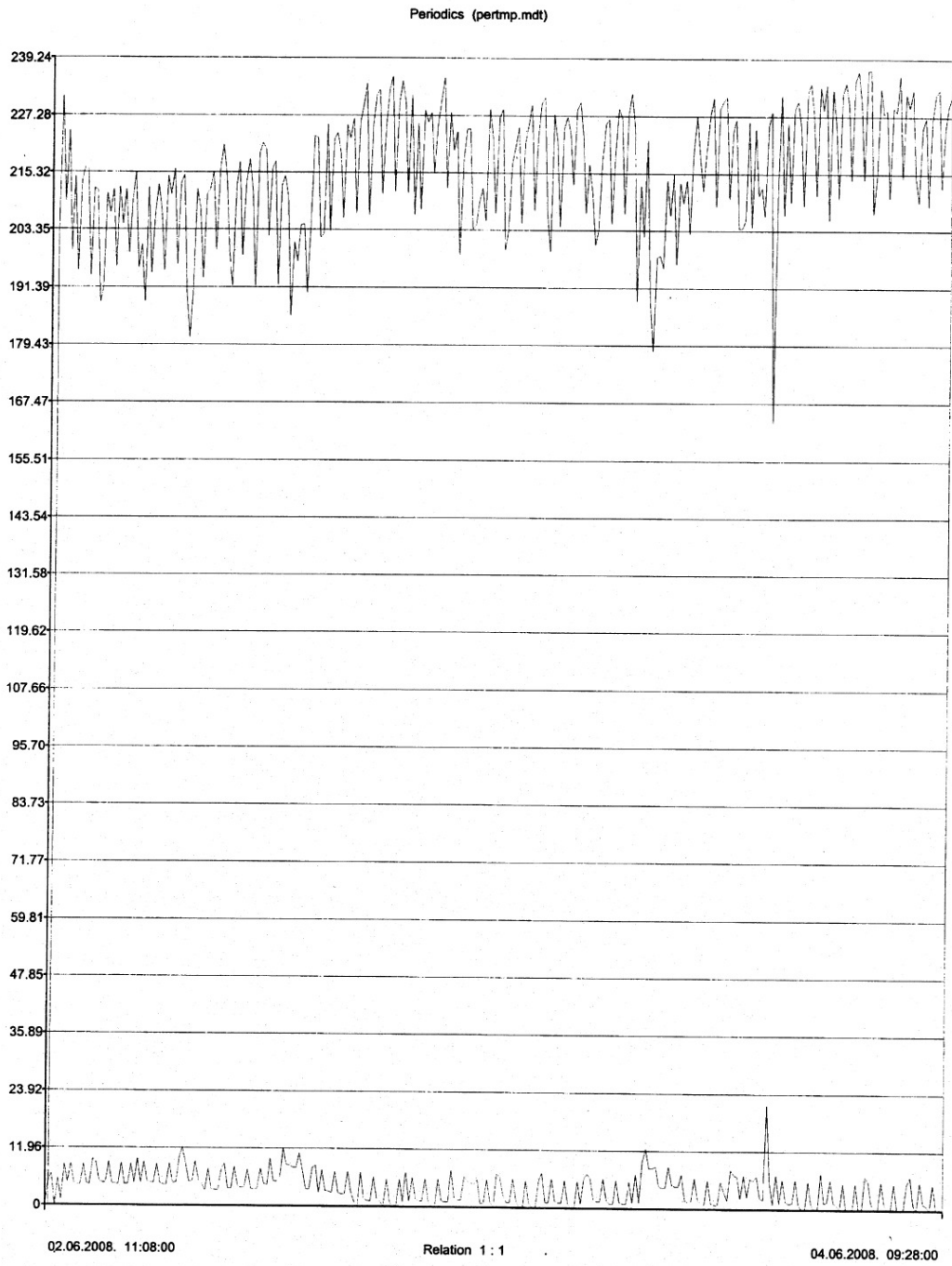


21 pav. Kr-309 skaičiavimo schema.

22 lentelė. Kr-309 skaičiavimo rezultatai.

	Matavimo taškas:	TR	A	A apkrovus	B	B apkrovus	C	C apkrovus
Matavimai prietaisais	Įtampa U, V	237	236	202	235	182	230	158
	Srovė I, A		0	22	0	19	1	17
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		-2,6	12,2	-2,2	20,9	0	31,3
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:				204,5		184		159,7
Analizatoriaus parodymai	Įtampa U, V						227 (min 179V)	162
	Srovė I, A						3	20
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %							29,6
Teorinė įtampa apkrovus analogiška varža, V:								156,3
Skaičiavimas sodybai	Galia P, kW	11,4	11,4	11,4	3	3	3	3
	Įtampa U, V	237	210,8	210,8	195	195	173,5	173,5
	Srovė I, A		22,2	22,2	17,5	17,5	17,5	17,5
	Įtampos nuostoliai $\Delta U$ , %		8,3	8,3	15,2	15,2	24,6	24,6

Šiuo atveju sumontavę TR – A atkarpoje AMKA 3\*95+95 ir atkarpoje A-B laidininkus A-70 gauname linijos gale 209 V įtampą ir 9,1% įtampos nuostolius.



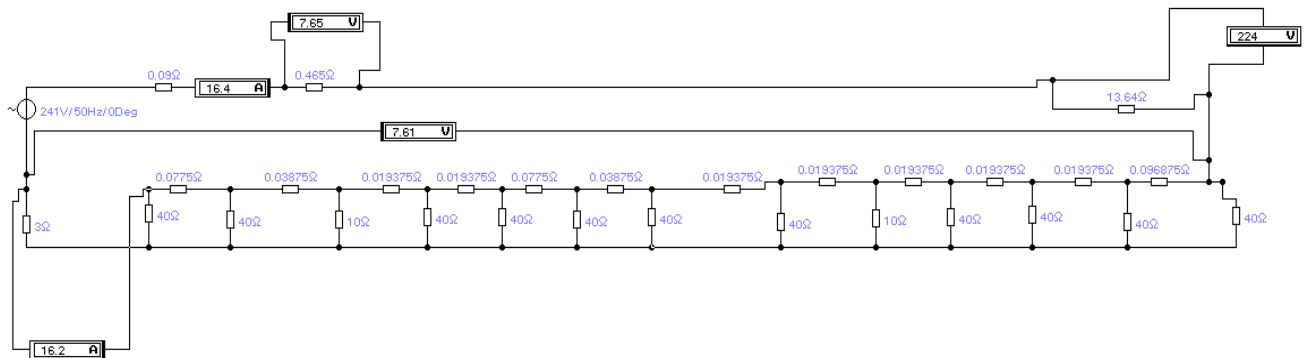
22 pav. Kr-309 analizatoriaus parodymai pas galinį vartotoją



## 8. Nulinio laido pakartotinio įžeminimo įtaką bendrai linijos varžai

Šioje tyrimo dalyje pabandydysime įvertinti nulinio laidininko pakartotinio įžeminimo įtaką nulinio laidininko varžai. Teoriškai pakartotinai įžeminus nulinių laidininką turėtume gauti mažesnę jo atstojamąją varžą ir atitinkamai mažesnius įtampos nuostolius šiame laidininke.

Kadangi realiai išmatuoti nulinio laido pakartotinio įžeminimo įtaką yra sunku, pasinaudosime schemų emuliacijos programą Workbench. Emuliuosime 1km ilgio  $35\text{mm}^2$  linijos darbą:



23 pav. Nulinio laidininko emuliacijos schema

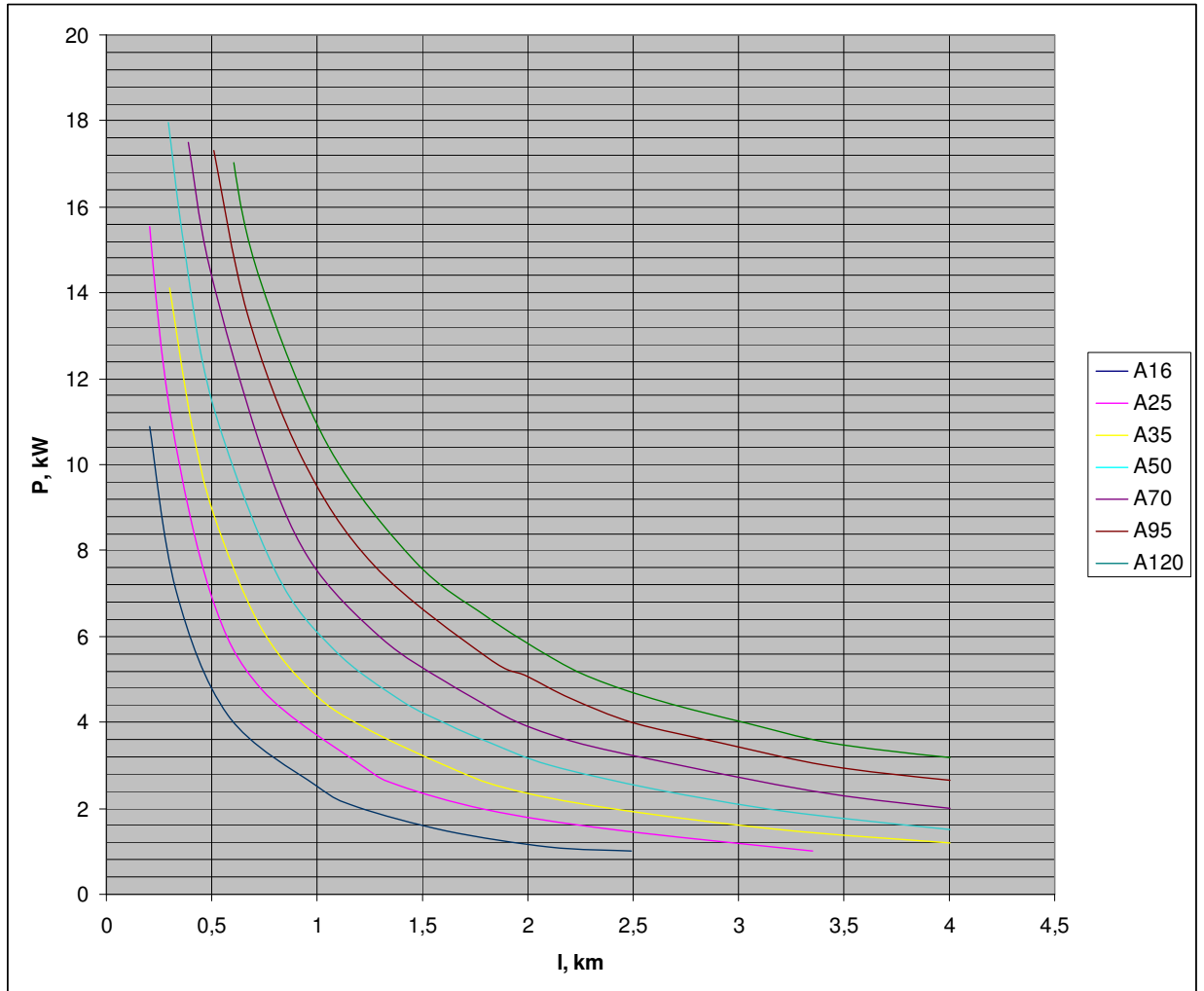
Iš schemos matome, jog esant gerai įžemintam nuliniam laidininkui geriausiu atveju sutaupome tik 0,6% nuo linijos įtampos nuostolių 1km linijos. Todėl skaičiavimuose nulinio laidininko pakartotinio įžeminimo įtakos nevertinsime.

## 9. Linijų maksimalus pralaidumas

2 formulėje pritaikę 30 % sumažintas varžas galime lengvai paskaičiuoti maksimalias linijų pralaidumo galimybes priklausomai nuo jų ilgio, apkrovos dydžio, bei apkrovos pasiskirstymo

:

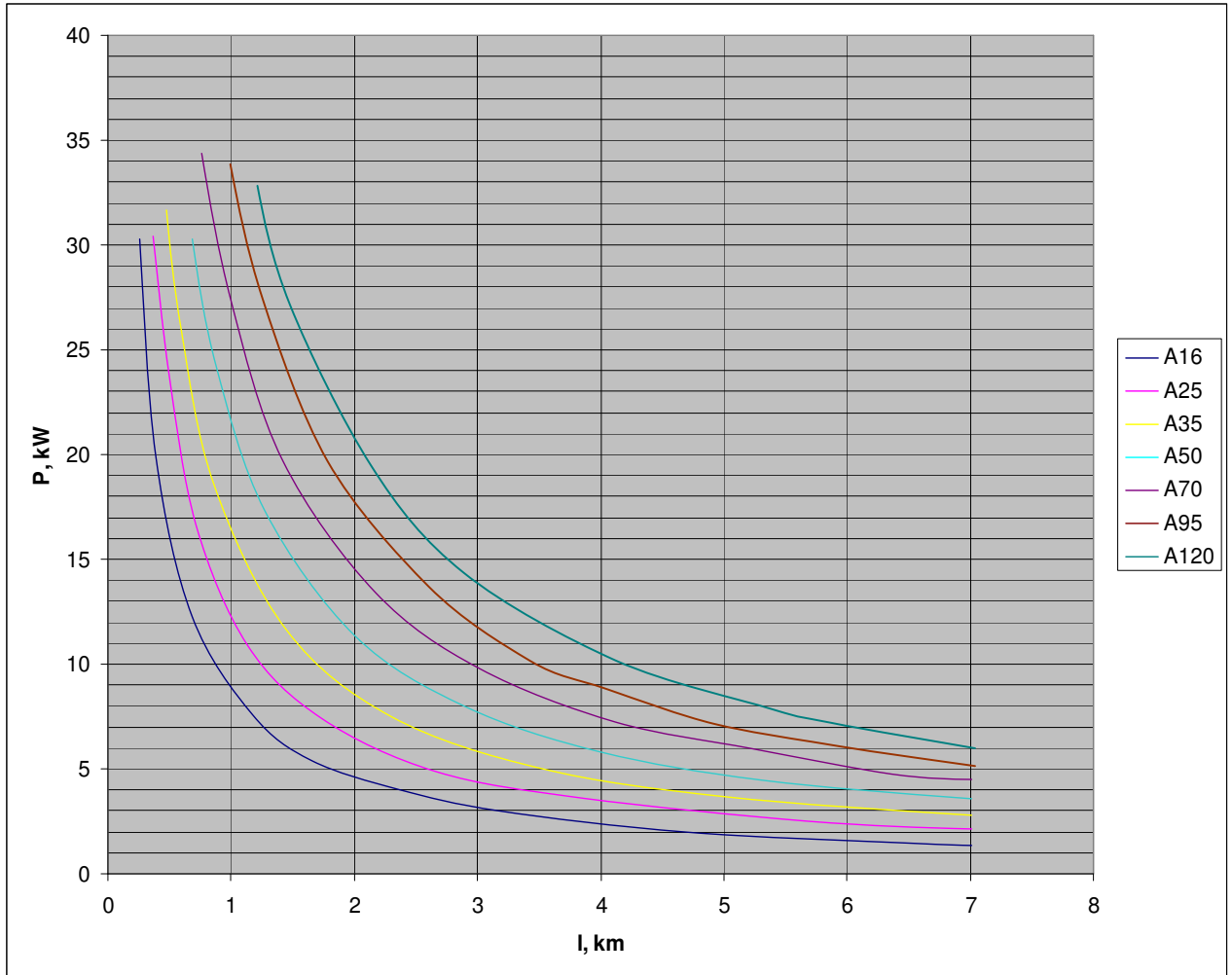
1-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova koncentruota linijos gale:



24 pav. 1-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova koncentruota linijos gale

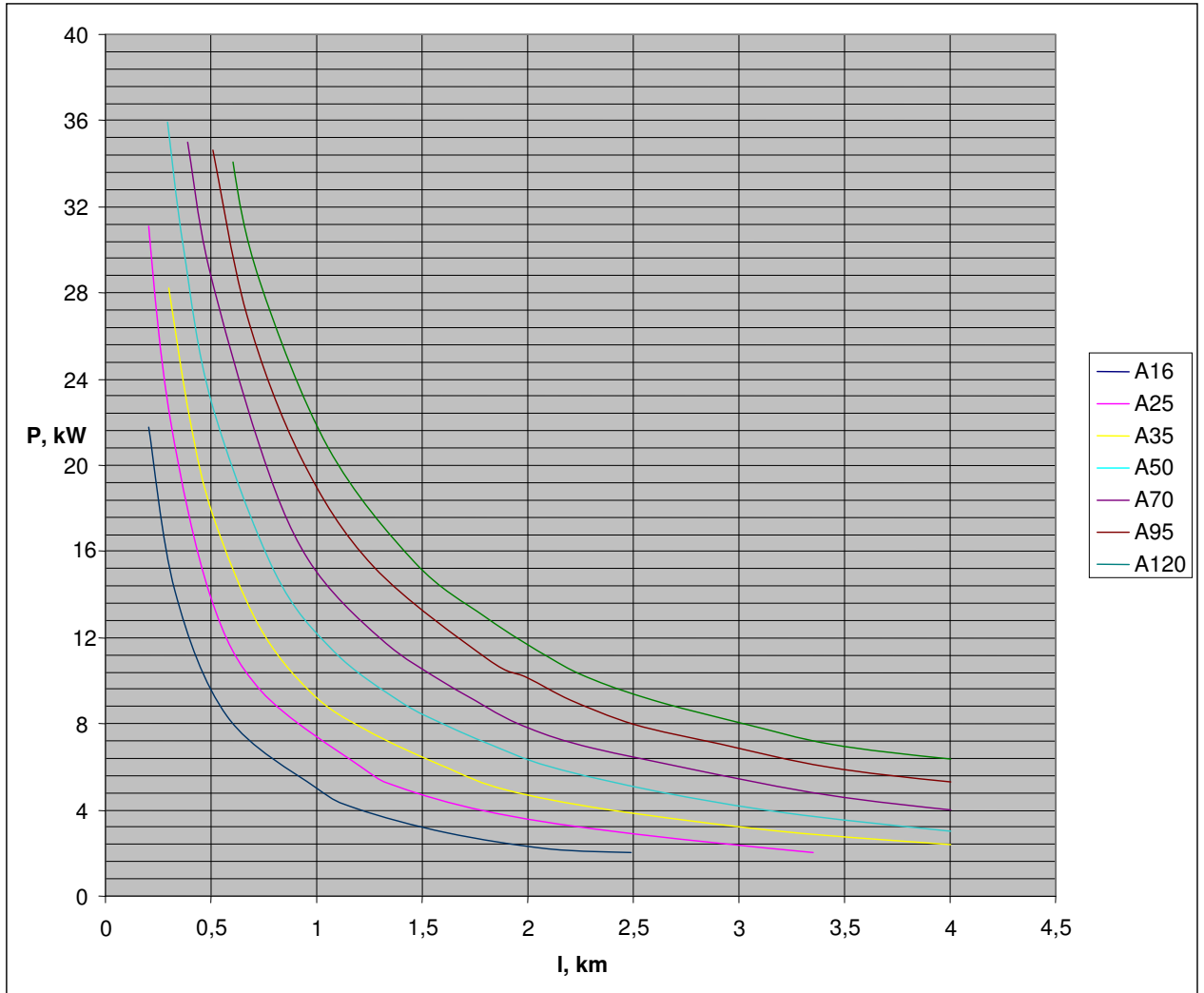


3-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova koncentruota linijos gale:



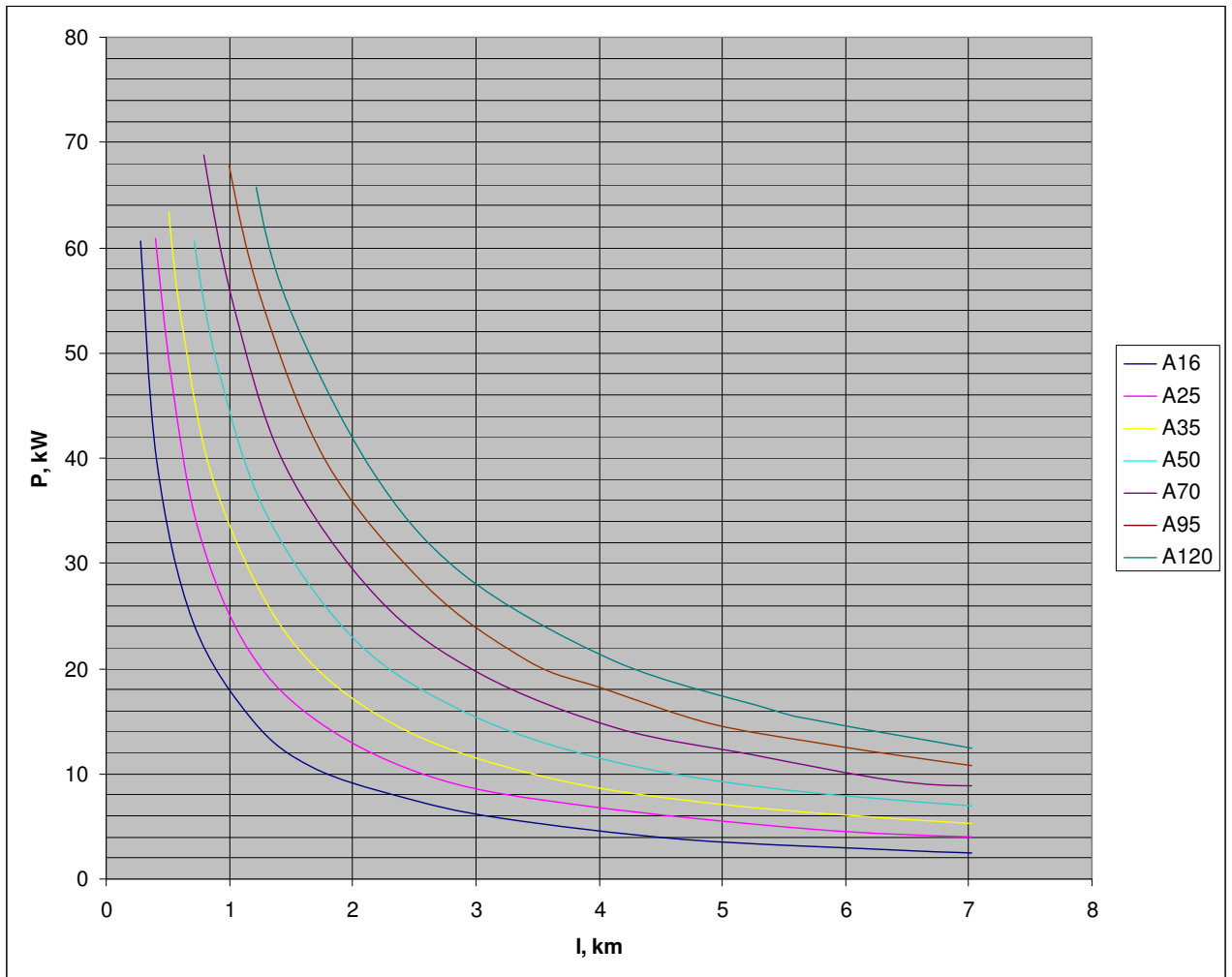
25 pav. 3-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova koncentruota linijos gale

. 1-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova pasiskirsčiusi tolygiai visame linijos ilgyje:



26 pav. 1-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova pasiskirsčiusi tolygiai visame linijos ilgyje:

3-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova pasiskirsčiusi tolygiai visame linijos ilgyje:



27 pav. 3-fazės linijos maksimalus pralaidumas, kai apkrova pasiskirsčiusi tolygiai visame linijos ilgyje:

### 10. Elektros tiekimo linijose patiriami galios nuostoliai:

Technologinės sąnaudos elektros linijoje priklauso nuo galios srauto, laidininko varžos.

Elektros energijos technologinės sąnaudos elektros linijoje apskaičiuojamos pagal išraišką:

$$W_{Ls} = \frac{S_{maks}^2}{U_N^2} R_L \cdot k_{nes} \cdot \tau = \frac{P_{maks}^2 + Q_{maks}^2}{U_N^2} R_L \cdot k_{nes} \cdot \tau \quad (9)$$

čia  $S_{maks}$   $P_{maks}$   $Q_{maks}$  – linijos maksimali pilnutinė, aktyvioji ir reaktyvioji apkrova linijos gale;

$U_N$  – vardinė linijos įtampa;

$R_L$  – elektros linijos aktyvioji varža ( $\Omega$ ), kuri apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_L = r_0 \cdot L; \quad (10)$$

čia  $L$  – elektros linijos ilgis (km);

$r_0$  – aktyvioji vieno kilometro linijos varža ( $\Omega/\text{km}$ ), kuri priklauso nuo linijos tipo, laidininkų markės ir skerspjūvio;

$k_{\text{nes}}$  – elektros linijos fazinių srovių nesimetriją įvertinantis koeficientas (koeficientas taikomas skaičiuojant technologines sąnaudas 0,4 kV įtampos linijose. Rekomenduojama naudoti 1,3);

$\tau$  – linijos apkrovos galios srauto didžiausių galios sąnaudų laikas.

Praktiniuose skaičiavimuose, kai neturima valandinių apkrovos grafiko duomenų, o yra tik suminė energija, skaičiuojamojo laikotarpio didžiausių galios sąnaudų laikui nustatyti galima taikyti išraišką:

$$\tau = (0,124 + 0,0001 \cdot T_{\text{maks}})^2 \cdot 8760 \quad (11)$$

čia 8760 – valandų skaičius metuose;

$T_{\text{maks}}$  – maksimalios galios naudojimo laikas;

Maksimalios galios naudojimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_{\text{maks}} = \frac{W_p}{P_{\text{maks}}} \quad (12)$$

čia  $W_p$  – aktyvioji energija, pratekėjusi per liniją;

$P_{\text{maks}}$  – maksimali linijos apkrovos galia. Ši galia yra paimama iš metinių apkrovos matavimų.

Jei matavimai nėra atlikti nagrinėjamam objektui, tuomet paskaičiuojama 3 variantais. Įvertinant, kad maksimali linijos apkrovos galia yra: 100%, 70% ir 40% nuo leistinosios vartotojų galios (jei atskirais atvejais vartotojų apkrovos galia viršija transformatorinės galią, tuomet priimama sąlyga, kad vartotojų maksimali apkrova, įvertinant ir galios nuostolius elektros tinkle lygi transformatorinės galiai). Maksimali linijos apkrova yra paskirstoma proporcingai pagal vartotojų leistinąsias galias.

Skaičiavimai pilnutinei apkrovai ( $S$ ) įvertinti, priimama, kad galios koeficientas –  $\cos(\varphi) = 0,85$ . Tuomet:

$$S_{\text{maks}} = \frac{P_{\text{maks}}}{\cos(\varphi)}; \quad (13)$$

$$Q_{maks} = \sqrt{S_{maks}^2 - P_{maks}^2} \quad (14)$$

Jeigu buvo atlikti reaktyviosios galios matavimai, tai  $\cos(\varphi)$  paimamas iš matavimo duomenų.

Skaičiuojant technologines sąnaudas elektros tinkle, priklausomai nuo skirtingų techninių parametrų bei vartotojų išsidėstymo, linijos turi būti dalomos į atskiras atkarpas. Atkarpose turi būti nurodomi techniniai parametrai, energijos srautas bei maksimali apkrovos galia.

Priėmę, jog 1 kW leistinos galios turintis vartotojas per mėnesį suvartoja 50 kW galios, galime paskaičiuoti linijose patirtus galios nuostolius:

Paimkime pesimistiškiausią atvejį: 2,8 km 2xA-16 liniją ir 3 kW galią, gauname: 542 kWh galios nuostolį per metus. Padauginę šį kiekį iš gamybos/importo ir tiekimo kainos 15,82 ct/kWh gauname 85,74 Lt nuostolių kainą šioje linijoje per metus. Prie nuostoliu pridėjus remonto išlaidas (apie 1200 Lt/km kartą į 12 metų) gauname, jog per metus linijai sunaudojame 365,74 Lt

Naują stulpinę transformatorinę pastatyti, jei šalia eina 10 kV OL kainuotu - 30000 Lt. Taigi ji atsipirktu tik po 82 metų.

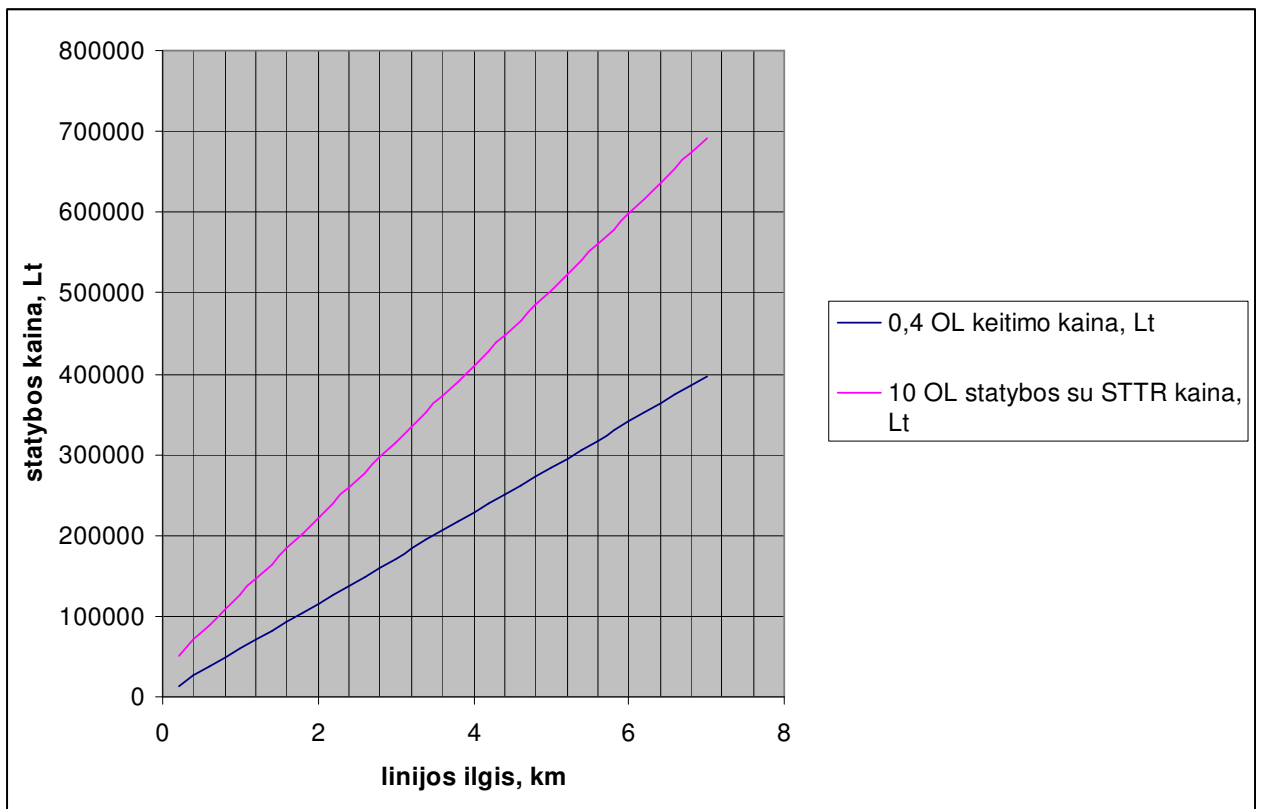
Galime daryti išvadą, jog trumpinti ilgas, mažai apkrautas linijas dėl galios nuostolių neracionalu.

## **11. Ekonominis linijos rekonstrukcijos būdo pasirinkimas.**

Ilgoms linijoms rekonstruoti, gerinant tiekiamos elektros energijos kokybę yra du būdai: storinti esamus laidus, pakeičiant juos naujais (šiuo atveju paprastai reikia keisti ir visas linijoje esančias atramas) arba tiesti iki vartotojo naują 10 kV oro liniją ir statyti stulpinę transformatorinę.

Išnagrinėjus esamus tinklo statybos projektus galima priimti, jog 0,4 kV linijos keitimo kaina (sumontuojant AMKA 3\*70+95 laidininkus) yra 56240 Lt/km ir 3000 Lt inžinierinės paslaugos. 10 kV OL statyba kainuoja: 94200 Lt /km, stulpinės transformatorinės kaina – 30000Lt ir inžinierinės paslaugos 3000 Lt.

Remdamiesi šiomis kainomis galime sudaryti linijų rekonstrukcijos kainų priklausomybę nuo jų ilgio:



28 pav. Palyginamoji 0,4 kV OL ir 10 kV OL bei STTR statybos kaina

Iš pavyzdžio matome, jog 2,8 km ilgio linijai finansiškai naudinga tiesti aukštos įtampos liniją ir statyti stulpinę tik jei pasijungimo taškas yra arčiau nei 1,3 km.

## 12. Išvados:

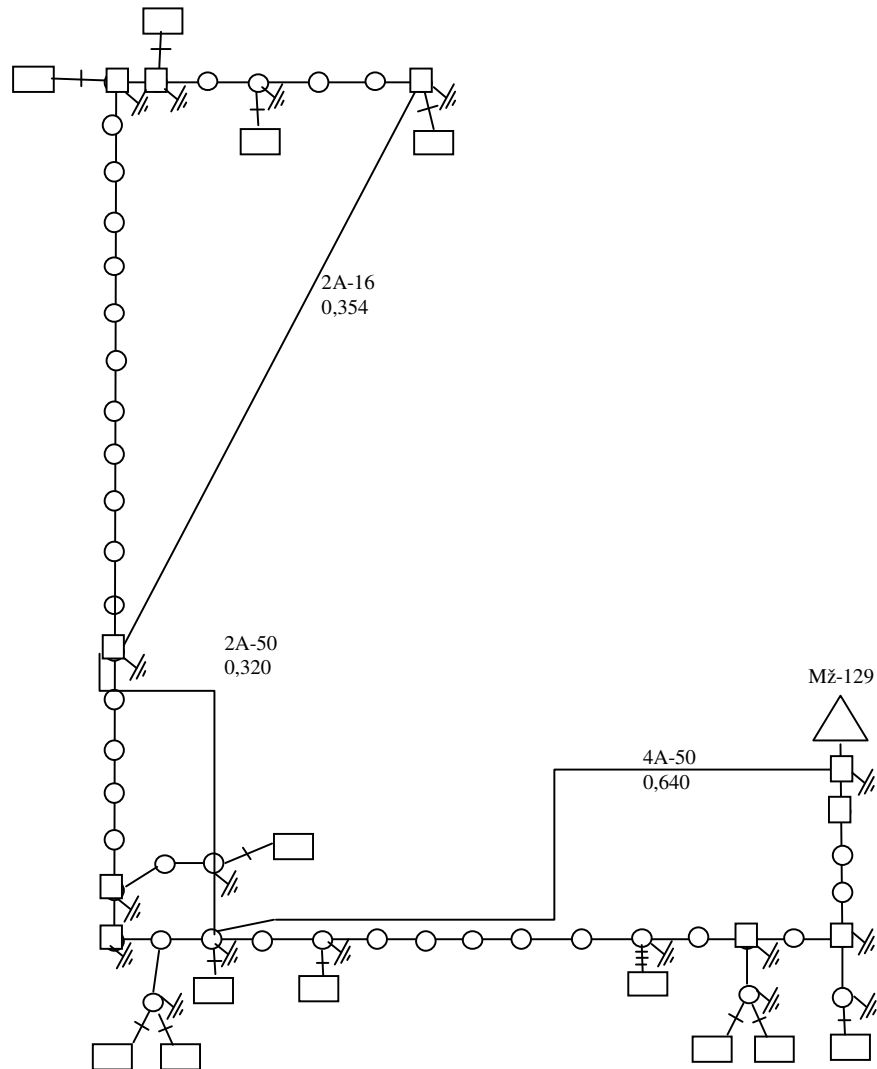
1. Tikroji laidininkų aktyvioji varža yra 30-40% mažesnė, nei nominali. Todėl atliekant elektros tinklų skaičiavimus, varžas reikia taikyti bent 30% mažesnes už nominalias;
2. skaičiuojant trifazį nesimetriškai apkrautą tinklą reikia fazinę laidininko varžą padauginti iš koeficiento -  $5/3$ , įvertinančio įtampos nuostolius atsirandančius nuliniame laidininke;
3. nesimetriškai apkrautoms linijoms tikslinga naudoti transformatorius su žvaigždė-zigzagas jungimo grupe;
4. ilgoms linijoms rekomenduojama fazinę įtampą pakelti iki 240-253V, bei naudoti 420 V antrinės apvijos transformatorius, ypač jei vartotojų koncentracija nutolusi nuo transformatorinės;
5. skaičiuojant įtampos nuostolius kaimo vietovėse reikia taikyti sodybų nevienalaikiškumo koeficientą, bei  $\cos \varphi = 0,85$ ;
6. skaičiuojant įtampos nuostolius reikia įvertinti ir transformatoriaus įtaką, ypač kai jis mažos galios;
7. matuojant linijų trumpo jungimo sroves, bei varžas reikia pasistengti užtikrinti kuo geresnį matavimo prietaiso kontaktų sąlyti su matuojama linija. Reikia atlikti tris pakartotinius matavimus ir taikyti mažiausia iš jų.
8. aktualu nagrinėjant įtampos kritimo priežastis, ieškant gedimų ilgose linijose matuoti linijos varžą, bei lyginti ją su paskaičiuota. Esant ženkliems skirtumams atlikti linijos remontą.
9. rekonstruojant ar montuojant naujas oro linijas, vietovėse, kur dominuoja trifazis nesimetrinis apkrovimas, aktualu montuoti AMKA tipo laidininkus, o jei esamose linijose nulinis laidininkas sumontuotas plonesnis nei faziniai – remonto metu šį laidininką keisti storesniu.
10. nulinio laido pakartotinio įžeminimo įtaka jo aktyviajai varžai – minimali, todėl skaičiavimuose neaktualu ją vertinti;
11. finansiniai nuostoliai patiriami ilgoje, apkrautoje tik gale, linijoje sąlyginai yra nedideli, lyginant su linijos rekonstrukcijos kaina, ją trumpinant pastačius 10 kV OL ir STTR.

### 13. Literatūra:

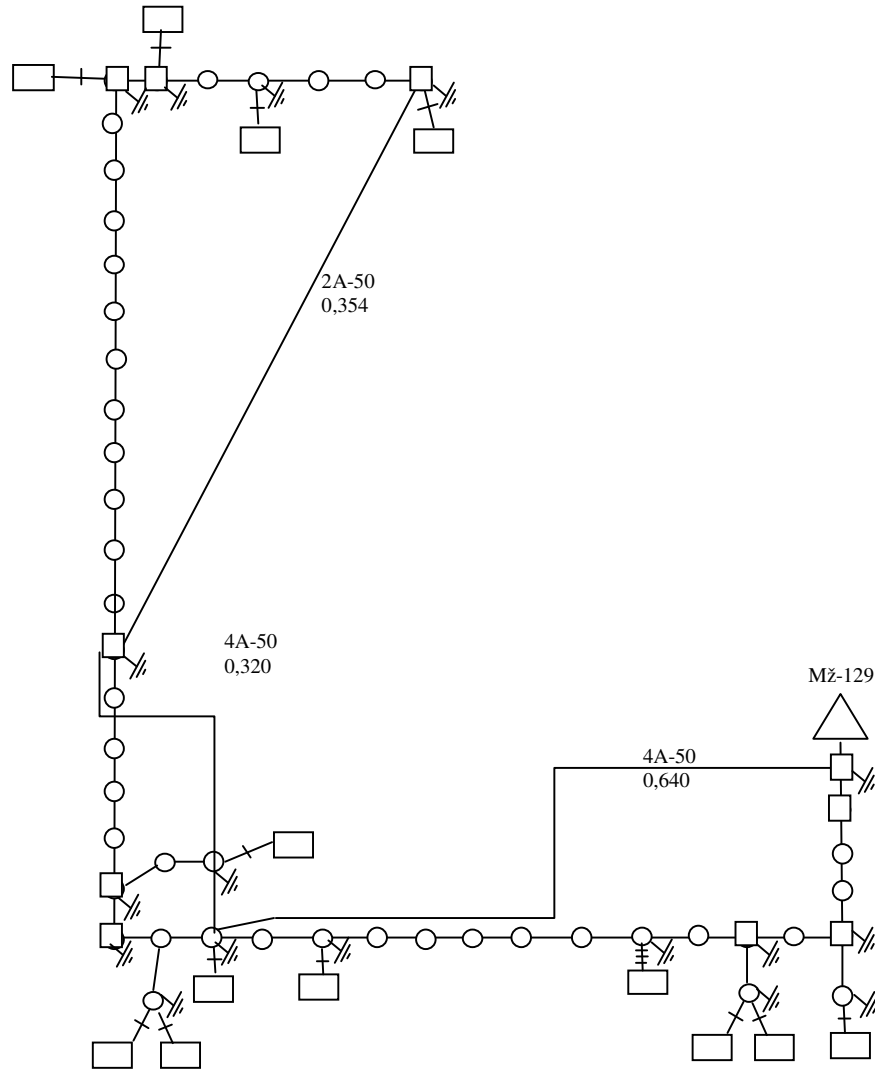
1. Lietuvos standartas LST 1567 “Bendrujų žemosios įtampos elektros tiekimo tinklų vardinės įtampos”;
2. Standartas LST EN 50160 “Bendrų skirstomųjų elektros tinklų įtampos charakteristikos”;
3. KTU “Skirstomojo elektros tinklo vystymo ir valdymo strategija”. Kaunas, 1997. 74 p;
4. LEO LT. Perdavimo ir skirstomųjų elektros tinklų technologinio vystymo strategija. Vilnius, 2009. 42p;
5. Skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika. Patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2007m. gruodžio 27 d. Įsakymu Nr-542. 14p;
6. ABB Electrical installation handbook. Volume 2. Electrical devices. 2007. 260p;



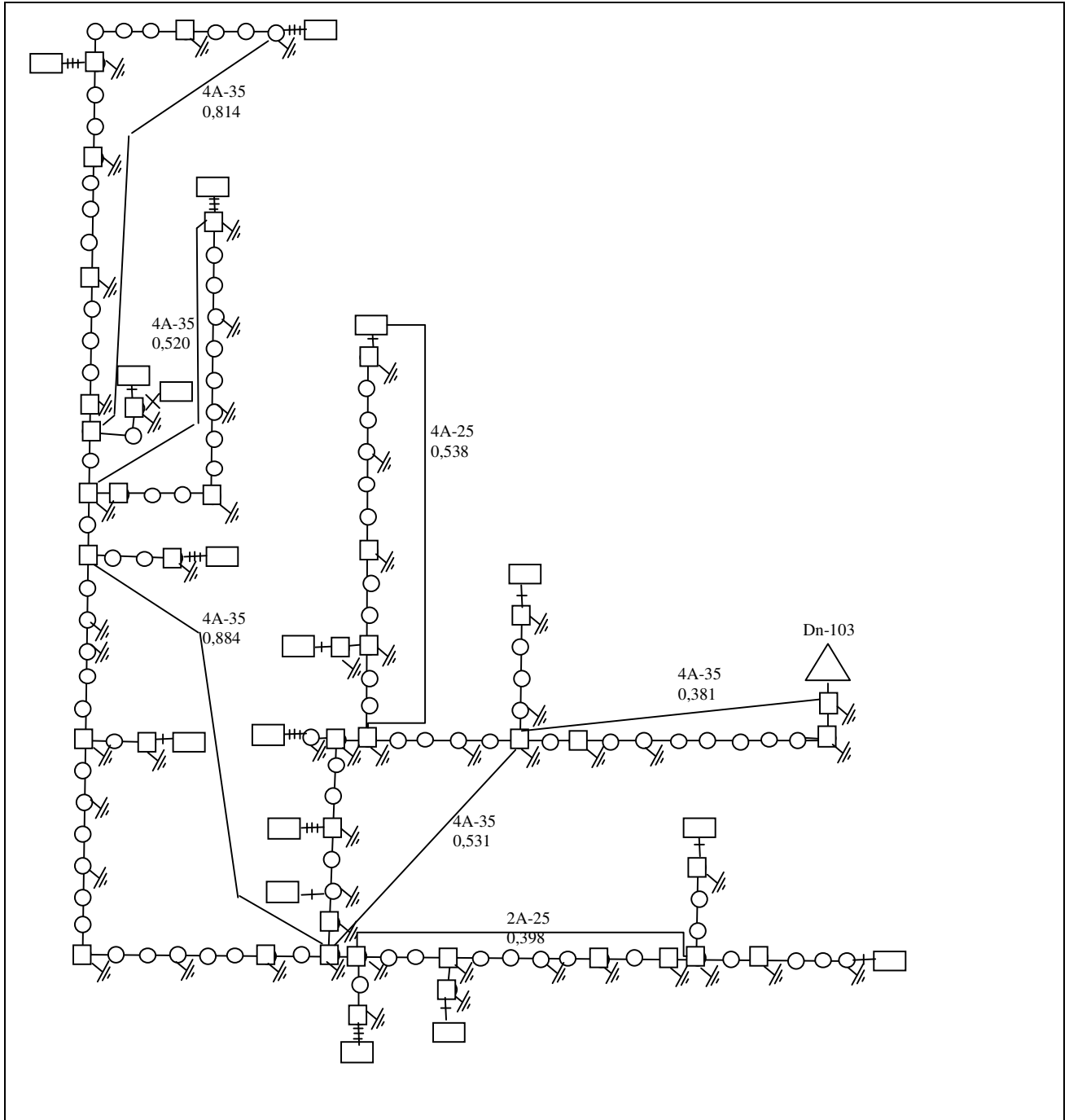
# **PRIEDAI**



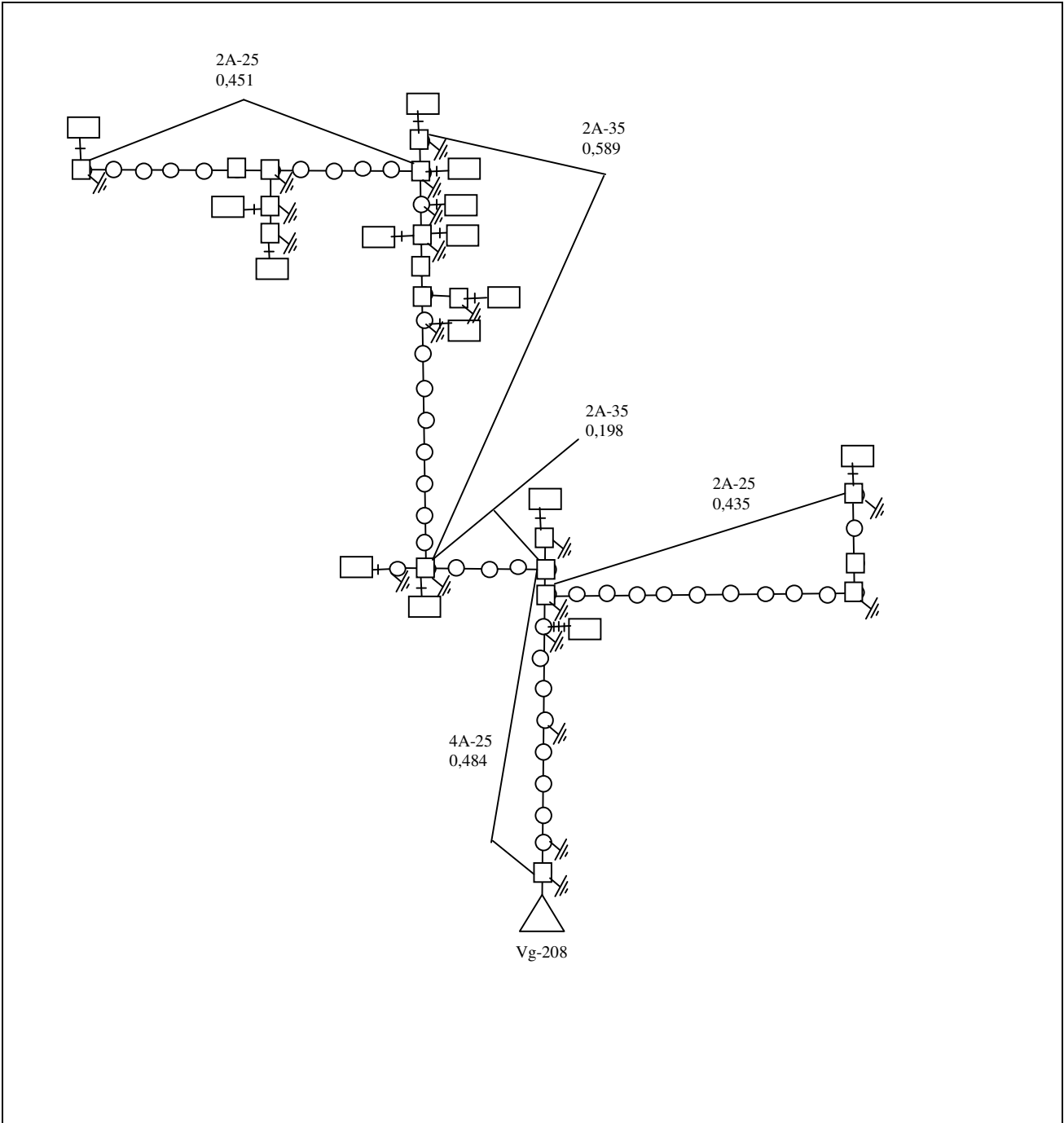
				0,4 kV elektros linijų iš KT MŽ-129 schema		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS	1 priedas	Lapas 1
Magistrantas	K. Lukošius					Technologijos fakultetas
Vadovas	Z. Turauskas					
Recenzentas	L. Buivis					



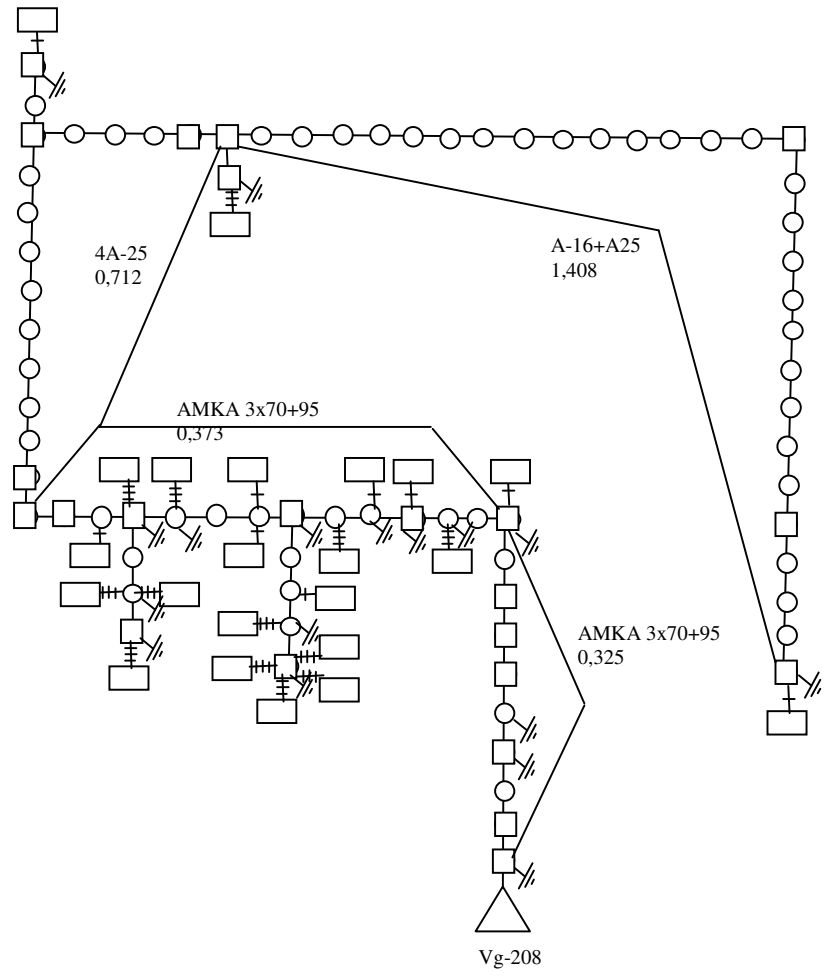
					0,4 kV elektros linijų iš KT MŽ-129 schema pakeitus laidus			
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS		2 priedas	Lapas 1	
Magistrantas	K. Lukošius			Technologijos fakultetas			Lapų 1	
Vadovas	Z. Turauskas							
Recenzentas	L. Buivis							



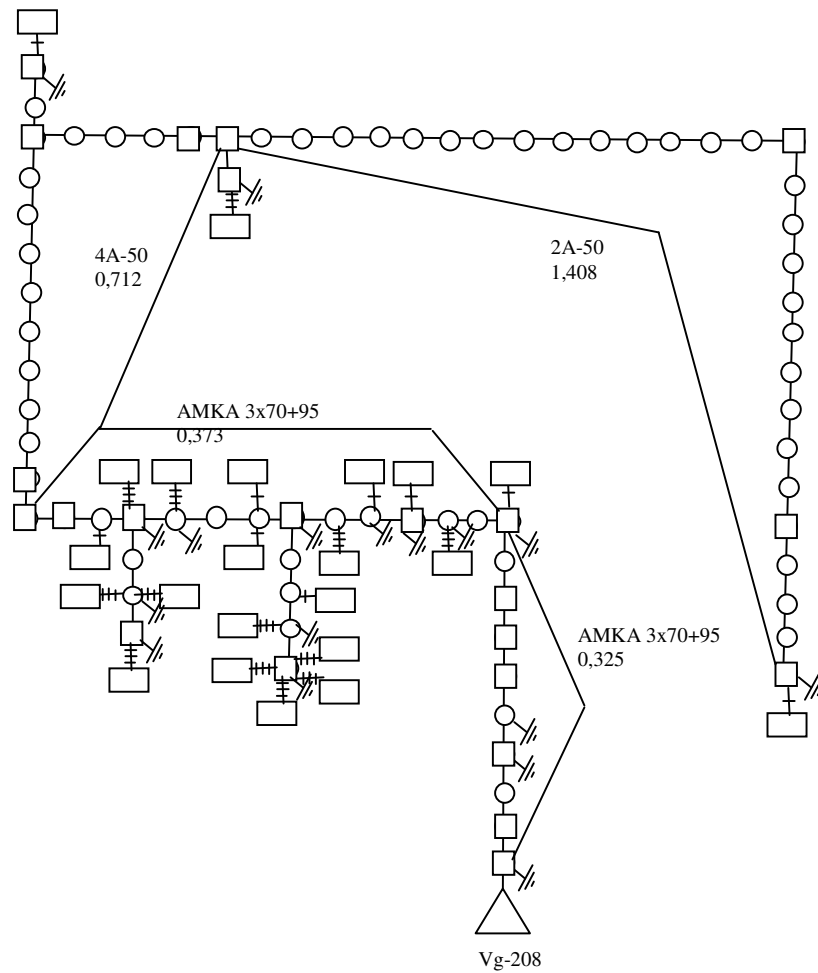
				0,4 kV elektros linijų iš KT Dn-103 schema		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS	3 priedas	Lapas 1
Magistrantas	K. Lukošius					Technologijos fakultetas
Vadovas	Z. Turauskas					
Recenzentas	L. Buivis					



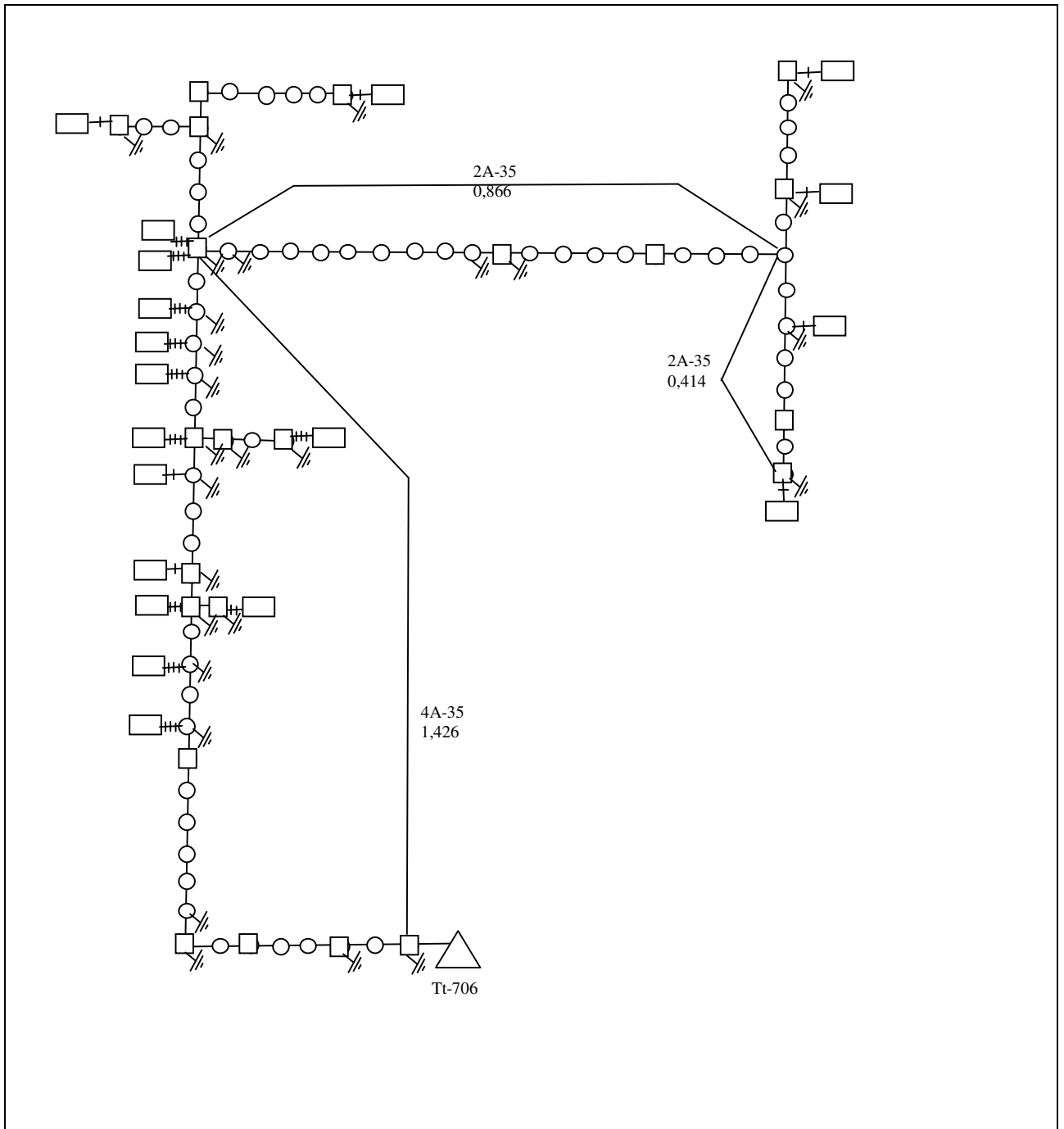
				0,4 kV elektros linijų iš KT Vg-208 schema		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS		Lapas <b>1</b>
Magistrantas	K. Lukošius					Technologijos fakultetas
Vadovas	Z. Turauskas			4 priedas		
Recenzentas	L. Buivis					



				0,4 kV elektros linijų iš KT Bt-522 schema		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS		Lapas <b>1</b>
Magistrantas	K. Lukošius			Technologijos fakultetas		5 priedas
Vadovas	Z. Turauskas					Lapų <b>1</b>
Recenzentas	L. Buivis					

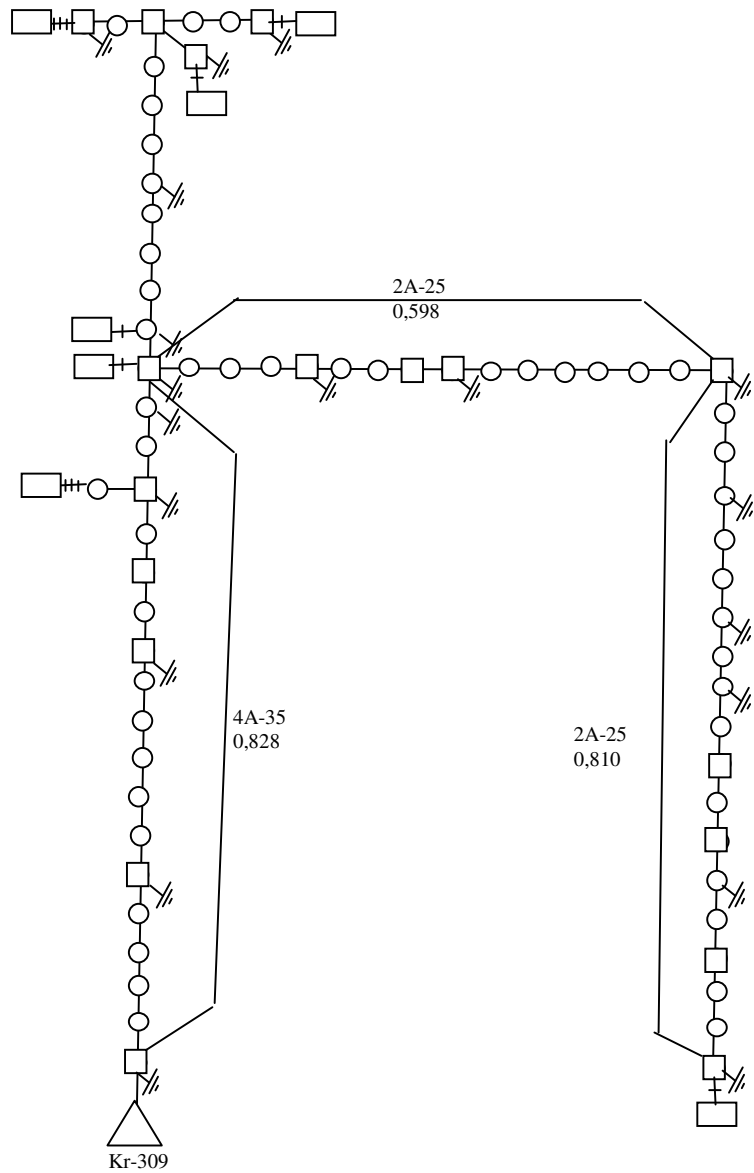


				0,4 kV elektros linijų iš KT Bt-522 schema pakeitus laidus		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS	6 priedas	Lapas <b>1</b>
Magistrantas	K. Lukošius					Technologijos fakultetas
Vadovas	Z. Turauskas					
Recenzentas	L. Buivis					



				0,4 kV elektros linijų iš KT Tt-706 schema		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS	7 priedas	Lapas 1
Magistrantas	K. Lukošius					Technologijos fakultetas
Vadovas	Z. Turauskas					
Recenzentas	L. Buivis					





				0,4 kV elektros linijų iš KT Kr-309 schema		
	Pavardė	Parašas	Data	ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS	8 priedas	Lapas <b>1</b>
Magistrantas	K. Lukošius					Technologijos fakultetas
Vadovas	Z. Turauskas					
Recenzentas	L. Buivis					

	A	B	C	D	E	F	G	H
2				3f	Transformatoriaus įtampa, V		Transformatoriaus galia	Zt/3
3			Nominali įtampa	=E3*1,732	240		160	=VLOOKUP(G3;G47:H59;2;0)
4								
5	Fazių kiekis (1, 3)	Linijos atkarpos ilgis, km	Laidininko markė	Aktyvioji varža, Ω/km	Reaktyvioji varža, Ω/km	Varžos koeficientas	Atkarpos aktyvioji varža, Ω	Atkarpos reaktyvioji varža, Ω
6	1	2	3	4	5		6	7
7	3	7	A-16	=VLOOKUP(C7;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C7;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B7>0;D7*B7*F7;0)	=IF(B7>0;B7*E7*F7;0)
8	1	0,598	A-70	=VLOOKUP(C8;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C8;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B8>0;D8*B8*F8;0)	=IF(B8>0;B8*E8*F8;0)
9	1	0,81	A-70	=VLOOKUP(C9;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C9;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B9>0;D9*B9*F9;0)	=IF(B9>0;B9*E9*F9;0)
10	1			=VLOOKUP(C10;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C10;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B10>0;D10*B10*F10;0)	=IF(B10>0;B10*E10*F10;0)
11	1			=VLOOKUP(C11;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C11;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B11>0;D11*B11*F11;0)	=IF(B11>0;B11*E11*F11;0)
12	1			=VLOOKUP(C12;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C12;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B12>0;D12*B12*F12;0)	=IF(B12>0;B12*E12*F12;0)
13	1			=VLOOKUP(C13;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C13;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B13>0;D13*B13*F13;0)	=IF(B13>0;B13*E13*F13;0)
14	1			=VLOOKUP(C14;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C14;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B14>0;D14*B14*F14;0)	=IF(B14>0;B14*E14*F14;0)
15	1			=VLOOKUP(C15;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C15;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B15>0;D15*B15*F15;0)	=IF(B15>0;B15*E15*F15;0)
16	1			=VLOOKUP(C16;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C16;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B16>0;D16*B16*F16;0)	=IF(B16>0;B16*E16*F16;0)
17	1			=VLOOKUP(C17;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C17;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B17>0;D17*B17*F17;0)	=IF(B17>0;B17*E17*F17;0)
18	1			=VLOOKUP(C18;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C18;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B18>0;D18*B18*F18;0)	=IF(B18>0;B18*E18*F18;0)
19	1			=VLOOKUP(C19;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C19;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B19>0;D19*B19*F19;0)	=IF(B19>0;B19*E19*F19;0)
20	1			=VLOOKUP(C20;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C20;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B20>0;D20*B20*F20;0)	=IF(B20>0;B20*E20*F20;0)
21	1			=VLOOKUP(C21;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C21;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B21>0;D21*B21*F21;0)	=IF(B21>0;B21*E21*F21;0)
22	1			=VLOOKUP(C22;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C22;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B22>0;D22*B22*F22;0)	=IF(B22>0;B22*E22*F22;0)
23	1			=VLOOKUP(C23;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C23;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B23>0;D23*B23*F23;0)	=IF(B23>0;B23*E23*F23;0)
24	1			=VLOOKUP(C24;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C24;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B24>0;D24*B24*F24;0)	=IF(B24>0;B24*E24*F24;0)
25	1			=VLOOKUP(C25;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C25;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B25>0;D25*B25*F25;0)	=IF(B25>0;B25*E25*F25;0)
26	1			=VLOOKUP(C26;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C26;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B26>0;D26*B26;0)	=IF(B26>0;B26*E26*F26;0)
27								
28								
29	<b>SKAIČIAVIMAMS PILDOMI TIK GELTONI LAUKELIAI !</b>							
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42	<b>9. Priedas. Excel skaičiuoklė galiai</b>							

	A	B	C	D	E	F	G	H
43								
44	Nominalios varžos (grandinei fazė-nulis):						Transformatorių varžos:	
45								
46	Laido markė	Aktyvioji varža, km	Reaktyvioji varža, km	Fazės			tr galia	Zt/3
47	---	0	0	1			-	0
48	AMKA 3*16+25	3,29	0,214	3			16	1,54
49	AMKA 3*25+35	2,186	0,21				25	1,2
50	AMKA 3*35+70	1,588	0,205				30	1,11
51	AMKA 3*50+70	1,134	0,198				40	0,862
52	AMKA 3*70+95	0,806	0,192				63	0,544
53	AMKA 3*95+95	0,713	0,19				100	0,17
54	AMKA 3*120+95	0,616	0,187				160	0,08
55	A-16	3,96	0,716				250	0,144
56	A-25	2,56	0,69				320	0,117
57	A-35	1,84	0,672				400	0,106
58	A-50	1,28	0,65				560	0,087
59	A-70	0,92	0,618				630	0,082
60	A-95	0,68	0,6					
61	A-120	0,54	0,584					
62	AC-35	1,7	0,672					
63	AC-50	1,3	0,65					
64	AC-70	0,92	0,618					
65	AC-95	0,66	0,6					
66	KL-25	2,48	0,198					
67	KL-35	1,78	0,19					
68	KL-50	1,24	0,18					
69	KL-70	0,886	0,172					
70	KL-95	0,652	0,166					
71	KL-120	0,516	0,162					
72	KL-150	0,412	0,158					
73	KL-185	0,334	0,154					
74	KL-240	0,258	0,154					
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87	<b>9. Priedas. Excel skaičiuoklė galiai (tęsinys)</b>							

	I	J	K	L	M
2	Apkrovimo galia transformatorinėje kW				
3	35				
4					
5	<b>Atkarpos apkrovimo galia P, kW</b>	<b>Apkrovos cos(φ)</b>	<b>Vartotojų reaktyvioji galia Q, kvar</b>	<b>Įtampos kritimas ruože, V</b>	<b>Įtampa linijos gale, V</b>
6	8	10	11	12	13
7	35	0,85	= (I7/J7)*SIN(ACOS(J7))	= IF(A7=1; (I7*G7+K7*H7+H3*I3)/(\$E\$3/1000); ((I7*G7*5/6+K7*H7*5/6)+H3*I3)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A7=3; D3-L7; )
8	3	0,85	= (I8/J8)*SIN(ACOS(J8))	= IF(A8=1; (I8*G8+K8*H8)/(\$E\$3/1000); (I8*G8*5/6+K8*H8*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A8=3; M7-L8; )
9	3	0,85	= (I9/J9)*SIN(ACOS(J9))	= IF(A9=1; (I9*G9+K9*H9)/(\$E\$3/1000); (I9*G9*5/6+K9*H9*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A9=3; M8-L9; )
10		0,85	= (I10/J10)*SIN(ACOS(J10))	= IF(A10=1; (I10*G10+K10*H10)/(\$E\$3/1000); (I10*G10*5/6+K10*H10*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A10=3; M9-L10; )
11		0,85	= (I11/J11)*SIN(ACOS(J11))	= IF(A11=1; (I11*G11+K11*H11)/(\$E\$3/1000); (I11*G11*5/6+K11*H11*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A11=3; M10-L11; )
12		0,85	= (I12/J12)*SIN(ACOS(J12))	= IF(A12=1; (I12*G12+K12*H12)/(\$E\$3/1000); (I12*G12*5/6+K12*H12*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A12=3; M11-L12; )
13		0,85	= (I13/J13)*SIN(ACOS(J13))	= IF(A13=1; (I13*G13+K13*H13)/(\$E\$3/1000); (I13*G13*5/6+K13*H13*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A13=3; M12-L13; )
14		0,85	= (I14/J14)*SIN(ACOS(J14))	= IF(A14=1; (I14*G14+K14*H14)/(\$E\$3/1000); (I14*G14*5/6+K14*H14*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A14=3; M13-L14; )
15		0,85	= (I15/J15)*SIN(ACOS(J15))	= IF(A15=1; (I15*G15+K15*H15)/(\$E\$3/1000); (I15*G15*5/6+K15*H15*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A15=3; M14-L15; )
16		0,85	= (I16/J16)*SIN(ACOS(J16))	= IF(A16=1; (I16*G16+K16*H16)/(\$E\$3/1000); (I16*G16*5/6+K16*H16*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A16=3; M15-L16; )
17		0,85	= (I17/J17)*SIN(ACOS(J17))	= IF(A17=1; (I17*G17+K17*H17)/(\$E\$3/1000); (I17*G17*5/6+K17*H17*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A17=3; M16-L17; )
18		0,85	= (I18/J18)*SIN(ACOS(J18))	= IF(A18=1; (I18*G18+K18*H18)/(\$E\$3/1000); (I18*G18*5/6+K18*H18*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A18=3; M17-L18; )
19		0,85	= (I19/J19)*SIN(ACOS(J19))	= IF(A19=1; (I19*G19+K19*H19)/(\$E\$3/1000); (I19*G19*5/6+K19*H19*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A19=3; M18-L19; )
20		0,85	= (I20/J20)*SIN(ACOS(J20))	= IF(A20=1; (I20*G20+K20*H20)/(\$E\$3/1000); (I20*G20*5/6+K20*H20*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A20=3; M19-L20; )
21		0,85	= (I21/J21)*SIN(ACOS(J21))	= IF(A21=1; (I21*G21+K21*H21)/(\$E\$3/1000); (I21*G21*5/6+K21*H21*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A21=3; M20-L21; )
22		0,85	= (I22/J22)*SIN(ACOS(J22))	= IF(A22=1; (I22*G22+K22*H22)/(\$E\$3/1000); (I22*G22*5/6+K22*H22*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A22=3; M21-L22; )
23		0,85	= (I23/J23)*SIN(ACOS(J23))	= IF(A23=1; (I23*G23+K23*H23)/(\$E\$3/1000); (I23*G23*5/6+K23*H23*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A23=3; M22-L23; )
24		0,85	= (I24/J24)*SIN(ACOS(J24))	= IF(A24=1; (I24*G24+K24*H24)/(\$E\$3/1000); (I24*G24*5/6+K24*H24*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A24=3; M23-L24; )
25		0,85	= (I25/J25)*SIN(ACOS(J25))	= IF(A25=1; (I25*G25+K25*H25)/(\$E\$3/1000); (I25*G25*5/6+K25*H25*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A25=3; M24-L25; )
26		0,85	= (I26/J26)*SIN(ACOS(J26))	= IF(A26=1; (I26*G26+K26*H26)/(\$E\$3/1000); (I26*G26*5/6+K26*H26*5/6)/(\$D\$3/1000) )	= IF(A26=3; M25-L26; )
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42			<b>9. Priedas. Excel skaičiuoklė galiai (tesinys)</b>		

	N	O	P
2			
3			
4			
5	<b>Linijinė įtampa linijos gale, V</b>	<b>Srovė atkarpoje, A</b>	<b>Įtampos nuostoliai, %</b>
6	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
7	=IF(I7>0;IF(A7=3;M7/1,732;E3-L7);0)	=IF(A7=3;SQRT(I7^2+K7^2)*1000/(SQRT(3)*D\$3*J7);SQRT(I7^2+K7^2)*1000/(E\$3*J7))	=IF(I7>0;((230-N7)/230)*100;)
8	=IF(I8>0;IF(A8=3;M8/1,732;N7-L8);0)	=IF(A8=3;SQRT(I8^2+K8^2)*1000/(SQRT(3)*D\$3*J8);SQRT(I8^2+K8^2)*1000/(E\$3*J8))	=IF(I8>0;((230-N8)/230)*100;)
9	=IF(I9>0;IF(A9=3;M9/1,732;N8-L9);0)	=IF(A9=3;SQRT(I9^2+K9^2)*1000/(SQRT(3)*D\$3*J9);SQRT(I9^2+K9^2)*1000/(E\$3*J9))	=IF(I9>0;((230-N9)/230)*100;)
10	=IF(I10>0;IF(A10=3;M10/1,732;N9-L10);0)	=IF(A10=3;SQRT(I10^2+K10^2)*1000/(SQRT(3)*D\$3*J10);SQRT(I10^2+K10^2)*1000/(E\$3*J10))	=IF(I10>0;((230-N10)/230)*100;)
11	=IF(I11>0;IF(A11=3;M11/1,732;N10-L11);0)	=IF(A11=3;I11*1000/(SQRT(3)*D\$3*J11);I11*1000/(E\$3*J11))	=IF(I11>0;((230-N11)/230)*100;)
12	=IF(I12>0;IF(A12=3;M12/1,732;N11-L12);0)	=IF(A12=3;I12*1000/(SQRT(3)*D\$3*J12);I12*1000/(E\$3*J12))	=IF(I12>0;((230-N12)/230)*100;)
13	=IF(I13>0;IF(A13=3;M13/1,732;N12-L13);0)	=IF(A13=3;I13*1000/(SQRT(3)*D\$3*J13);I13*1000/(E\$3*J13))	=IF(I13>0;((230-N13)/230)*100;)
14	=IF(I14>0;IF(A14=3;M14/1,732;N13-L14);0)	=IF(A14=3;I14*1000/(SQRT(3)*D\$3*J14);I14*1000/(E\$3*J14))	=IF(I14>0;((230-N14)/230)*100;)
15	=IF(I15>0;IF(A15=3;M15/1,732;N14-L15);0)	=IF(A15=3;I15*1000/(SQRT(3)*D\$3*J15);I15*1000/(E\$3*J15))	=IF(I15>0;((230-N15)/230)*100;)
16	=IF(I16>0;IF(A16=3;M16/1,732;N15-L16);0)	=IF(A16=3;I16*1000/(SQRT(3)*D\$3*J16);I16*1000/(E\$3*J16))	=IF(I16>0;((230-N16)/230)*100;)
17	=IF(I17>0;IF(A17=3;M17/1,732;N16-L17);0)	=IF(A17=3;I17*1000/(SQRT(3)*D\$3*J17);I17*1000/(E\$3*J17))	=IF(I17>0;((230-N17)/230)*100;)
18	=IF(I18>0;IF(A18=3;M18/1,732;N17-L18);0)	=IF(A18=3;I18*1000/(SQRT(3)*D\$3*J18);I18*1000/(E\$3*J18))	=IF(I18>0;((230-N18)/230)*100;)
19	=IF(I19>0;IF(A19=3;M19/1,732;N18-L19);0)	=IF(A19=3;I19*1000/(SQRT(3)*D\$3*J19);I19*1000/(E\$3*J19))	=IF(I19>0;((230-N19)/230)*100;)
20	=IF(I20>0;IF(A20=3;M20/1,732;N19-L20);0)	=IF(A20=3;I20*1000/(SQRT(3)*D\$3*J20);I20*1000/(E\$3*J20))	=IF(I20>0;((230-N20)/230)*100;)
21	=IF(I21>0;IF(A21=3;M21/1,732;N20-L21);0)	=IF(A21=3;I21*1000/(SQRT(3)*D\$3*J21);I21*1000/(E\$3*J21))	=IF(I21>0;((230-N21)/230)*100;)
22	=IF(I22>0;IF(A22=3;M22/1,732;N21-L22);0)	=IF(A22=3;I22*1000/(SQRT(3)*D\$3*J22);I22*1000/(E\$3*J22))	=IF(I22>0;((230-N22)/230)*100;)
23	=IF(I23>0;IF(A23=3;M23/1,732;N22-L23);0)	=IF(A23=3;I23*1000/(SQRT(3)*D\$3*J23);I23*1000/(E\$3*J23))	=IF(I23>0;((230-N23)/230)*100;)
24	=IF(I24>0;IF(A24=3;M24/1,732;N23-L24);0)	=IF(A24=3;I24*1000/(SQRT(3)*D\$3*J24);I24*1000/(E\$3*J24))	=IF(I24>0;((230-N24)/230)*100;)
25	=IF(I25>0;IF(A25=3;M25/1,732;N24-L25);0)	=IF(A25=3;I25*1000/(SQRT(3)*D\$3*J25);I25*1000/(E\$3*J25))	=IF(I25>0;((230-N25)/230)*100;)
26	=IF(I26>0;IF(A26=3;M26/1,732;N25-L26);0)	=IF(A26=3;I26*1000/(SQRT(3)*D\$3*J26);I26*1000/(E\$3*J26))	=IF(I26>0;((230-N26)/230)*100;)
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42		<b>9. Priedas. Excel skaičiuoklė galiai (tesinys)</b>	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
2				3f	Transformatoriaus įtampa, V		Transformatoriaus galia	R-tr	X-TR
3			Nominali įtampa	=E3*1,732	240		63	=VLOOKUP(G3;G47:H59;2;0)	=VLOOKUP(H3;H47:I59;2;0)
4									
5	Fazių kiekis (1, 3)	Linijos atkarpos ilgis, km	Laidininko markė	Aktyvioji varža, Ω/km	Reaktyvioji varža, Ω/km	Varžos koeficientas	Atkarpos aktyvioji varža, Ω	Atkarpos reaktyvioji varža, Ω	Atkarpos apkrovimsrovė, A
6	1	2	3	4	5	6	7	8	
7	1	0,828	A-35	=VLOOKUP(C7;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C7;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B7>0;D7*B7*F7;0)	=IF(B7>0;B7*E7*F7;0)	17
8	1	0,598	A-25	=VLOOKUP(C8;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C8;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B8>0;D8*B8*F8;0)	=IF(B8>0;B8*E8*F8;0)	17
9	1	0,81	A-25	=VLOOKUP(C9;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C9;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B9>0;D9*B9*F9;0)	=IF(B9>0;B9*E9*F9;0)	17
10	1			=VLOOKUP(C10;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C10;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B10>0;D10*B10*F10;0)	=IF(B10>0;B10*E10*F10;0)	
11	1			=VLOOKUP(C11;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C11;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B11>0;D11*B11*F11;0)	=IF(B11>0;B11*E11*F11;0)	
12	1			=VLOOKUP(C12;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C12;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B12>0;D12*B12*F12;0)	=IF(B12>0;B12*E12*F12;0)	
13	1			=VLOOKUP(C13;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C13;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B13>0;D13*B13*F13;0)	=IF(B13>0;B13*E13*F13;0)	
14	1			=VLOOKUP(C14;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C14;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B14>0;D14*B14*F14;0)	=IF(B14>0;B14*E14*F14;0)	
15	1			=VLOOKUP(C15;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C15;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B15>0;D15*B15*F15;0)	=IF(B15>0;B15*E15*F15;0)	
16	1			=VLOOKUP(C16;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C16;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B16>0;D16*B16*F16;0)	=IF(B16>0;B16*E16*F16;0)	
17	1			=VLOOKUP(C17;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C17;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B17>0;D17*B17*F17;0)	=IF(B17>0;B17*E17*F17;0)	
18	1			=VLOOKUP(C18;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C18;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B18>0;D18*B18*F18;0)	=IF(B18>0;B18*E18*F18;0)	
19	1			=VLOOKUP(C19;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C19;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B19>0;D19*B19*F19;0)	=IF(B19>0;B19*E19*F19;0)	
20	1			=VLOOKUP(C20;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C20;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B20>0;D20*B20*F20;0)	=IF(B20>0;B20*E20*F20;0)	
21	1			=VLOOKUP(C21;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C21;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B21>0;D21*B21*F21;0)	=IF(B21>0;B21*E21*F21;0)	
22	1			=VLOOKUP(C22;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C22;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B22>0;D22*B22*F22;0)	=IF(B22>0;B22*E22*F22;0)	
23	1			=VLOOKUP(C23;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C23;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B23>0;D23*B23*F23;0)	=IF(B23>0;B23*E23*F23;0)	
24	1			=VLOOKUP(C24;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C24;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B24>0;D24*B24*F24;0)	=IF(B24>0;B24*E24*F24;0)	
25	1			=VLOOKUP(C25;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C25;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B25>0;D25*B25*F25;0)	=IF(B25>0;B25*E25*F25;0)	
26	1			=VLOOKUP(C26;\$A\$48:\$B\$74;2;0)	=VLOOKUP(C26;\$A\$48:\$C\$74;3;0)	0,7	=IF(B26>0;D26*B26;0)	=IF(B26>0;B26*E26*F26;0)	
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									

10. Priedas. Excel skaičiuoklė srovei

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
44	Tyrime naudotos varžos (grandinei fazė-nulis):						Transformatorių varžos:		
45									
46	Laido markė	Aktyvioji varža, km	Reaktyvioji varža, km	Fazės			tr galia	Zt/3	x
47	---	0	0	1			-	0	-
48	AMKA 3*16+25	3,29	0,214	3			16	1,54	
49	AMKA 3*25+35	2,186	0,21				25	1,2	
50	AMKA 3*35+70	1,588	0,205				30	1,11	
51	AMKA 3*50+70	1,134	0,198				40	0,862	
52	AMKA 3*70+95	0,806	0,192				63	0,544	
53	AMKA 3*95+95	0,713	0,19				100	0,17	0,42
54	AMKA 3*120+95	0,616	0,187				160	0,08	0,19
55	A-16	3,96	0,716				250	0,144	
56	A-25	2,56	0,69				320	0,117	
57	A-35	1,84	0,672				400	0,106	
58	A-50	1,28	0,65				560	0,087	
59	A-70	0,92	0,618				630	0,082	
60	A-95	0,68	0,6						
61	A-120	0,54	0,584						
62	AC-35	1,7	0,672						
63	AC-50	1,3	0,65						
64	AC-70	0,92	0,618						
65	AC-95	0,66	0,6						
66	KL-25	2,48	0,198						
67	KL-35	1,78	0,19						
68	KL-50	1,24	0,18						
69	KL-70	0,886	0,172						
70	KL-95	0,652	0,166						
71	KL-120	0,516	0,162						
72	KL-150	0,412	0,158						
73	KL-185	0,334	0,154						
74	KL-240	0,258	0,154						
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88	10. Priedas. Excel skaičiuoklė srovei (tęsinys)								

	J	K	L	M
2	Įtampos kritimas transformatoriuje, V	Įtampa trafo		
3	=IF(I3>0;(I7*(H3*J7+I3*SIN(ACOS(J7)))));(I7*(H3))	=E3-J3	=D3-J3	
4				
5	<b>Apkrovos cos(φ)</b>	<b>Įtampos kritimas ruože, V</b>	<b>Įtampa linijos gale, V</b>	<b>Linijinė įtampa linijos gale, V</b>
6	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
7	0,85	=IF(A7=1;(I7*(G7*J7+H7*SIN(ACOS(J7)))));(I7*(G7*J7*5/6+H7*SIN(ACOS(J7))*5/6) )	=IF(A7=3;L3-K7;)	=IF(I7>0;IF(A7=3;K3-K7;K3-K7);0)
8	0,85	=IF(A8=1;(I8*(G8*J8+H8*SIN(ACOS(J8)))));(I8*(G8*J8*5/6+H8*SIN(ACOS(J8))*5/6) )	=IF(A8=3;L7-K8;)	=IF(I8>0;IF(A8=3;M7-K8;M7-K8);0)
9	0,85	=IF(A9=1;(I9*(G9*J9+H9*SIN(ACOS(J9)))));(I9*(G9*J9*5/6+H9*SIN(ACOS(J9))*5/6) )	=IF(A9=3;L8-K9;)	=IF(I9>0;IF(A9=3;M8-K9;M8-K9);0)
10	0,85	=IF(A10=1;(I10*(G10*J10+H10*SIN(ACOS(J10)))));(I10*(G10*J10*5/6+H10*SIN(ACOS(J10))*5/6) )	=IF(A10=3;L9-K10;)	=IF(I10>0;IF(A10=3;M9-K10;M9-K10);0)
11	0,85	=IF(A11=1;(I11*(G11*J11+H11*SIN(ACOS(J11)))));(I11*(G11*J11*5/6+H11*SIN(ACOS(J11))*5/6) )	=IF(A11=3;L10-K11;)	=IF(I11>0;IF(A11=3;L11/1,732;M10-K11);0)
12	0,85	=IF(A12=1;(I12*(G12*J12+H12*SIN(ACOS(J12)))));(I12*(G12*J12*5/6+H12*SIN(ACOS(J12))*5/6) )	=IF(A12=3;L11-K12;)	=IF(I12>0;IF(A12=3;L12/1,732;M11-K12);0)
13	0,85	=IF(A13=1;(I13*(G13*J13+H13*SIN(ACOS(J13)))));(I13*(G13*J13*5/6+H13*SIN(ACOS(J13))*5/6) )	=IF(A13=3;L12-K13;)	=IF(I13>0;IF(A13=3;L13/1,732;M12-K13);0)
14	0,85	=IF(A14=1;(I14*(G14*J14+H14*SIN(ACOS(J14)))));(I14*(G14*J14*5/6+H14*SIN(ACOS(J14))*5/6) )	=IF(A14=3;L13-K14;)	=IF(I14>0;IF(A14=3;L14/1,732;M13-K14);0)
15	0,85	=IF(A15=1;(I15*(G15*J15+H15*SIN(ACOS(J15)))));(I15*(G15*J15*5/6+H15*SIN(ACOS(J15))*5/6) )	=IF(A15=3;L14-K15;)	=IF(I15>0;IF(A15=3;L15/1,732;M14-K15);0)
16	0,85	=IF(A16=1;(I16*(G16*J16+H16*SIN(ACOS(J16)))));(I16*(G16*J16*5/6+H16*SIN(ACOS(J16))*5/6) )	=IF(A16=3;L15-K16;)	=IF(I16>0;IF(A16=3;L16/1,732;M15-K16);0)
17	0,85	=IF(A17=1;(I17*(G17*J17+H17*SIN(ACOS(J17)))));(I17*(G17*J17*5/6+H17*SIN(ACOS(J17))*5/6) )	=IF(A17=3;L16-K17;)	=IF(I17>0;IF(A17=3;L17/1,732;M16-K17);0)
18	0,85	=IF(A18=1;(I18*(G18*J18+H18*SIN(ACOS(J18)))));(I18*(G18*J18*5/6+H18*SIN(ACOS(J18))*5/6) )	=IF(A18=3;L17-K18;)	=IF(I18>0;IF(A18=3;L18/1,732;M17-K18);0)
19	0,85	=IF(A19=1;(I19*(G19*J19+H19*SIN(ACOS(J19)))));(I19*(G19*J19*5/6+H19*SIN(ACOS(J19))*5/6) )	=IF(A19=3;L18-K19;)	=IF(I19>0;IF(A19=3;L19/1,732;M18-K19);0)
20	0,85	=IF(A20=1;(I20*(G20*J20+H20*SIN(ACOS(J20)))));(I20*(G20*J20*5/6+H20*SIN(ACOS(J20))*5/6) )	=IF(A20=3;L19-K20;)	=IF(I20>0;IF(A20=3;L20/1,732;M19-K20);0)
21	0,85	=IF(A21=1;(I21*(G21*J21+H21*SIN(ACOS(J21)))));(I21*(G21*J21*5/6+H21*SIN(ACOS(J21))*5/6) )	=IF(A21=3;L20-K21;)	=IF(I21>0;IF(A21=3;L21/1,732;M20-K21);0)
22	0,85	=IF(A22=1;(I22*(G22*J22+H22*SIN(ACOS(J22)))));(I22*(G22*J22*5/6+H22*SIN(ACOS(J22))*5/6) )	=IF(A22=3;L21-K22;)	=IF(I22>0;IF(A22=3;L22/1,732;M21-K22);0)
23	0,85	=IF(A23=1;(I23*(G23*J23+H23*SIN(ACOS(J23)))));(I23*(G23*J23*5/6+H23*SIN(ACOS(J23))*5/6) )	=IF(A23=3;L22-K23;)	=IF(I23>0;IF(A23=3;L23/1,732;M22-K23);0)
24	0,85	=IF(A24=1;(I24*(G24*J24+H24*SIN(ACOS(J24)))));(I24*(G24*J24*5/6+H24*SIN(ACOS(J24))*5/6) )	=IF(A24=3;L23-K24;)	=IF(I24>0;IF(A24=3;L24/1,732;M23-K24);0)
25	0,85	=IF(A25=1;(I25*(G25*J25+H25*SIN(ACOS(J25)))));(I25*(G25*J25*5/6+H25*SIN(ACOS(J25))*5/6) )	=IF(A25=3;L24-K25;)	=IF(I25>0;IF(A25=3;L25/1,732;M24-K25);0)
26	0,85	=IF(A26=1;(I26*(G26*J26+H26*SIN(ACOS(J26)))));(I26*(G26*J26*5/6+H26*SIN(ACOS(J26))*5/6) )	=IF(A26=3;L25-K26;)	=IF(I26>0;IF(A26=3;L26/1,732;M25-K26);0)
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43		10. Priedas. Excel skaičiuoklė srovei (tęsinys)		



	N	P	Q	R
2				
3				
4				
5	<b>Įtampos nuostoliai, %</b>			
6	<b>16</b>			
7	=IF(I7>0;((230-M7)/230)*100;)			
8	=IF(I8>0;((230-M8)/230)*100;)			
9	=IF(I9>0;((230-M9)/230)*100;)			
10	=IF(I10>0;((230-M10)/230)*100;)			
11	=IF(I11>0;((230-M11)/230)*100;)			
12	=IF(I12>0;((230-M12)/230)*100;)			
13	=IF(I13>0;((230-M13)/230)*100;)			
14	=IF(I14>0;((230-M14)/230)*100;)			
15	=IF(I15>0;((230-M15)/230)*100;)			
16	=IF(I16>0;((230-M16)/230)*100;)			
17	=IF(I17>0;((230-M17)/230)*100;)			
18	=IF(I18>0;((230-M18)/230)*100;)			
19	=IF(I19>0;((230-M19)/230)*100;)			
20	=IF(I20>0;((230-M20)/230)*100;)			
21	=IF(I21>0;((230-M21)/230)*100;)			
22	=IF(I22>0;((230-M22)/230)*100;)			
23	=IF(I23>0;((230-M23)/230)*100;)			
24	=IF(I24>0;((230-M24)/230)*100;)			
25	=IF(I25>0;((230-M25)/230)*100;)			
26	=IF(I26>0;((230-M26)/230)*100;)			
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43		<b>10. Priedas. Excel skaičiuoklė srovei (tęsinys)</b>		



- Greiti ir tikslūs matavimai:
  - KILPOS impedanso su 25 A testavimo srove
  - LINIJOS impedanso su 25 A testavimo srove
  - LINIJOS/LINIJOS impedanso su 40 A testavimo srove
- Rezultatų atvaizdavimas:
  - Varžos komponentės: aktyvioji (R), menamoji ( $X_i$ )
  - Numatomas trumpojo jungimo srovės atvaizdavimas  $I_{psc}$
  - Įtampa ( $U_{L-N}$ ,  $U_{L-L}$ ,  $U_{L-PE}$ ) ir dažnis
- KILPOS ir ŽEMINIMO varžos su 15 mA testavimo srove neatjungiant SS!
- Fazių sekos indikacija
- Atmintis (1000 matavimų)
- RS 232 sąsaja

LR registro Nr.: 2 - 1415 : 2001

### Grandinės fazė - nulio impedanso matuoklis MI 2122

	<p>Linijos/kilpos impedanso matavimas          Matavimo diapazonas: 0 ÷ 19,99; 20,0 ÷ 199,9;          200 ÷ 1999 Ω          Skyra: 0,01; 0,1; 1 Ω  <math>I_{psc}</math>: 0,06 A ÷ 42,4 kA/ 24,4 kA</p>
	<p>Kilpos varžos matavimas testuojant 15 mA srove          Matavimo diapazonas: 0,0 ÷ 199,9; 200 ÷ 1999 Ω          Skyra: 0,1; 1 Ω          Fazės sekos nustatymas          Įtampos matavimas: 440 V (<math>U_{L-N}</math>, <math>U_{L-L}</math>)          0 ÷ 264 V (<math>U_{L-PE}</math>)</p>
	<p>Fazės sekos nustatymas          Vaizduojamas rezultatas: 1.2.3 arba 2.1.3          Nominali įtampa: 100 ÷ 440 V</p>

#### Standartinė komplektacija .....

- Prietaisas
- Pagrindinis testavimo kabelis 1,5 m
- Universalus testavimo kabelis 3 x 1,5 m
- Testavimo antgalis (mėlynas)
- Testavimo antgalis (juodas)
- Testavimo antgalis (žalias)
- Užspausdukai (juodi) 2 vnt.
- Krepšys nešiojimui (A 1020)
- Diržas nešiojimui (A 1007)
- Instrukcija vartotojui (lietuvių ir anglų k.)
- Gamintojo sertifikatai

#### Papildomai pasirenkami priedai:

- Trifazis adapteris .....
- Baterijų komplektas su pakrovėju .....
- Programinė įranga su RS 232 kabeliu .....

- užs.k. **MI 2122**



- užs. k. **A 1111**
- užs. k. **A 1045**
- užs. k. **A 1050**

Gamintojas:



Horjul 188, SI-1354 Horjul, Slovėnija  
 Tel.: (386 1) 755 82 00; faks.: (386 1) 754 92 26  
 El. p.: metrel@metrel.si; http://www.metrel.si

Platintojas:

## 12. Priedas. Matavimo prietaiso METREL MI2092 charakteristikos.



- skaitmeninis skystųjų kristalų ekranas su pašvietimu
- trilaidė ir keturlaidė pajungimo schemas
- įtampos įėjimo diapazonas:  $10 \div 550$  Vrms L-N, 900 Vrms L-L
- srovės įėjimo diapazonas: iki 3000 A/1V
- leidžiama perkrova: 50% (sinusinei srovei)
- atvaizduojami dydžiai: kreivės, Min, Max, Avg, U, I, Pf,  $\cos \varphi$ , "Crest" faktorius, Dažnis
- matuojami dydžiai: Urms, Irms, P, Q, S, Dažnis, Pf
- integravimo periodas: 1 s  $\div$  900 s
- kiekvieno periodo (20 ms) suskaidymas į 200 dalių (0,1 ms).
- įtampos anomalijų registravimas
- trumpų pikų fiksavimas:  $>20 \mu\text{s}$
- fazių sekos nustatymas
- harmonikų matavimas: iki 63
- atmintis
- RS232 sąsaja
- dviguba izoliacijos apsauga
- apsauga nuo viršįtampių: CAT II 600 V
- garantija 1 metai

### 13. Priedas. Matavimo prietaiso METREL MI2088 charakteristikos.



- skaitmeninis skystųjų kristalų ekranas
- apsaugos nuo perkrovimų
- Megommetras:  
testinės įtampos:  $50 \div 1000$  V žingsniu kas 10 V
- garsinis ir vaizdinis perspėjimai grandinėje atsiradus įtampai  $> 30$  V AC/DC
- izoliacijos varžos matavimo diapazonas:  $0 \div 29,9$  G $\Omega$
- Pereinamųjų kontaktų varžos matavimas:  
iki 20,00  $\Omega$ , skyra 0,01  $\Omega$   
laidų kompensavimas (iki 5  $\Omega$ )  
automatinis poliarumo pakeitimas  
I<sub>ks</sub>  $\geq$  200 mA (kai R mažiau 2  $\Omega$ )
- garsinis ir vaizdinis perspėjimai grandinėje atsiradus įtampai  $> 10$  V AC/DC
- Įžeminimo varžos matavimas:  
keturlaidžiu metodu: 0,01  $\Omega \div 19,99$  k $\Omega$   
Rodless metodu:  $0 \div 19,99$   $\Omega$
- savitosios grunto varžos matavimas:  $0 \div 1999$  k $\Omega$
- įtampos matavimas: iki 600 V AC/DC
- RS 232 sąsaja
- atmintis (2000 matavimų)
- matmenys: 265 x 110 x 185 mm
- garantija 3 metai