

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

Aleksej Zorin

**AKMENĖS TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS ELEKTROS
TINKLO PATIKIMUMO DIDINIMO PRIEMONĖS**

Magistro baigiamasis darbas

Šiauliai, 2013

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA**

**AKMENĖS TRANSFORMATORIŲ PASTOTĖS ELEKTROS
TINKLO PATIKIMUMO DIDINIMO PRIEMONĖS**

Magistro baigiamasis darbas

Autorius-Aleksej Zorin (EM-11 gr.)

Vadovas-doc. E. V. Nevardauskas

Recenzentas-doc. dr. N. Šulčius

Katedros vedėjas- doc. dr. G. Valiulis

Šiauliai, 2013

SANTRAUKA

Aleksej Zorin. Akmenės transformatorių pastotės elektros tinklo patikimumo didinimo priemonės. Magistro darbas. Vadovas doc E. V. Nevardauskas. Šiaulių universitetas. Šiauliai 2013.

Šiame darbe nagrinėjamos Akmenės transformatorių pastotės elektros tinklo gedimų bei patikimumo didinimo problemos, remiantis mokslinės literatūros analize ir praktinio darbo patirties apibendrinimu. Nustatomi Akmenės transformatorių pastotės elektros tinklo 0,4-10 kV linijų gedimų skaičius, atjungtų vartotojų skaičius, atjungimų trukmės ir priežastys. Apskaičiuojami Akmenės transformatorių pastotės elektros tinklo patikimumo rodikliai, daugiausiai gendančios elektros linijos parengties ir priverstinės prastovos koeficientai bei gedimo ir veikimo tikimybės per 12 mėnesių.

SUMMARY

Aleksej Zorin. Reliability Improvement of Transformer Substation Power Network in Akmene. Master thesis of Energetics engineer/research advisor doc E. V. Nevardauskas.. Šiauliai University, Technological Faculty, Electrical Engineering Department.- Šiauliai, 2012.

This paper deals with Akmenės transformer substation power supply failure, and increase the robustness of the problem based on the scientific literature and practical experience summary. Setting Akmenės transformer substation power supply 0.4-10 kV line number of faults, the number of disconnection, disconnection times and causes. Calculate Akmenės transformer substation power supply reliability indicators, mostly perishable standby power lines and forced inactivity rates and the probability of failure and operational within 12 months.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	6
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	8
ĮVADAS.....	9
1. PATIKIMUMO RODIKLIŲ APŽVALGA.....	10
1.1 Patikimumo rodikliai ir patikimumo reguliavimo būdai.....	10
1.2 Nutraukimai.....	10
1.3 Patikimumo rodikliai.....	11
1.4 Reguliavimo būdai.....	12
2. ORO LINIJŲ BŪKLĖS ANALIZĖ.....	14
3. KABELIŲ BŪKLĖS ANALIZĖ.....	17
4. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 10 kV ORO LINIJŲ TINKLĖ KLASIFIKAVIMAS.....	21
5. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 0,4 kV ORO LINIJŲ TINKLĖ KLASIFIKAVIMAS.....	22
6. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 10 kV KABELIŲ TINKLE IR JO ELEMENTUOSE KLASIFIKAVIMAS.....	24
7. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 0,4 kV KABELIŲ TINKLE IR JO ELEMENTUOSE KLASIFIKAVIMAS.....	26
8. TECHNIKOS OBJEKTŲ PATIKIMUMAS	28
8.1 Pagrindinės patikimumo teorijos sąvokos.....	28
8.2 Technikos objektų kokybės sąvoka.....	30
8.3 Objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsniai.....	31
9. GALIMŲ AVARIJŲ ORO LINIJŲ TINKLE DAŽNUMO IR PASEKMIŲ ANALIZĖ.....	41
10. GALIMŲ AVARIJŲ KABELIŲ TINKLE DAŽNUMO IR PASEKMIŲ ANALIZĖ.....	43
10.1 Galimų gedimų priežasčių nustatymas.....	45
11. TINKLO PATIKIMUMO SKAIČIAVIMO TYRIMAS.....	47
11.1 Elektros energetikos sistemos struktūrinė schema.....	49
11.2 Elektros tinklų elementų patikimumo rodikliai.....	50
11.3 Elektros energetikos sistemos elektrinių sujungimų schema.....	51
11.4 Loginės patikimumo schemas.....	51
11.5 Elektros vartotojų patikimumo rodikliai.....	53
11.6 Elektros energetikos sistemos patikimumo rodikliai.....	60
11.7 Galios deficito tikimybė.....	61
IŠVADOS.....	62
LITERATŪRA.....	63

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.3 lentelė. ES šalyse labiausiai paplitę tinklo vidutinio vartotojo patikimumo rodikliai.....	11
2.1 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės oro linijų ilgiai.....	14
2.2 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių linijų kiekiai.....	14
2.3 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV Oro linijų laidų tipas ir ilgis.....	14
2.4 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV Oro linijų laidų tipas ir ilgis.....	15
3.1 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių linijų ilgiai.....	16
3.2 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių linijų kiekiai.....	17
3.3 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių ilgiai 10 kV tinkle.....	18
3.4 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių ilgiai 0,4 kV tinkle.....	19
4.1 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle pagal pobūdį.....	21
4.2 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle pagal laiką.....	21
5.1 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle pagal pobūdį.....	22
5.2 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle pagal laiką.....	23
6.1 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal priežastis.....	24
6.2 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal laiką.....	24
6.3 lentelė. Gedimų skaičius kabelių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal priežastis.....	25
6.4 lentelė. Gedimų skaičius kabelių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal laiką.....	25
7.1 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal priežastis.....	26
7.2 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal laiką.....	26
7.3 lentelė. Gedimų skaičius kabelių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal priežastis.....	27
7.4 lentelė. Gedimų skaičius kabelių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal laiką.....	27
11.1 lentelė. Elementų patikimumo charakteristikos.....	48
11.2 lentelė. Apkrovų ir šaltinių charakteristikos.....	48
11.3 lentelė. Apkrovų ir šaltinių koordinatės.....	49
11.4 lentelė. Vartotojų kategorijos.....	49
11.5 lentelė. Linijų ilgiai ir gedimų intensyvumai.....	50

11.6 lentelė. Linijų normalus rezimas.....	56
11.7 lentelė. Energijos nutraukimo tikimybės.....	59
11.8 lentelė. Nepateiktos energijos kiekiai.....	60
11.9 lentelė. SAIFI ir SAIDI patikimumo rodikliai.....	61

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Nutraukimo požymiai.....	10
1.4 pav. Patikimumo reguliavimas skirstomuosiuose tinkluose.....	12
2.1 pav. 10 kV Oro linijų laidų tipo ir ilgio histograma.....	16
2.2 pav. 0,4 kV Oro linijų laidų tipo ir ilgio histograma.....	16
3.1 pav. 0,4 kV paklotų kabelių tipų ilgio histograma.....	20
3.2 pav. 10 kV paklotų kabelių tipų ilgio histograma.....	20
8.1 pav. Normalinio pasiskirstymo kreivės.....	33
8.2 pav. Logaritminio normalinio skirstinio tikimybės tankio (a) ir integralinė funkcijos (b).....	35
8.3 pav. Veibulo skirstinio tankio funkcija, esant įvairioms parametro $\alpha(m)$ vertėms.....	37
8.4 pav. Eksponentinio skirstinio funkcijos.....	39
9.1 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų oro linijose pasiskirstymas 10 kV tinkle.....	41
9.2 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų oro linijose pasiskirstymas 0,4 kV tinkle.....	42
10.1 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų kabeliuose pasiskirstymas 10 kV tinkle.....	43
10.2 pav. Gedimų skaičius 10 kV elektros kabeliuose pagal priežastis.....	44
10.3 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų kabeliuose pasiskirstymas 0,4 kV tinkle.....	44
10.4 pav. Gedimų skaičius 0,4 kV elektros kabeliuose pagal priežastis.....	45
11.1 pav. Struktūrinė schema.....	49
11.2 pav. Elektrinių sujungimų schema.....	51

ĮVADAS

Šiame darbe atliktas elektros sistemų patikimumo tyrimas, kurio metu buvo apskaičiuota kiek vidutiniškai dažnai bus nutrauktas elektros energijos tiekimas vienam vartotojui per metus ir kiek vidutiniškai truks elektros energijos nutraukimas vienam vartotojui per metus. Buvo apskaičiuotos elektros sistemos tinklų patikimumo charakteristikos.

Šio darbo tikslas- ištirtis Akmenės transformatorių pastotės elektros tinką bei pateikti patikimumo dinimo priemones.

Darbo tikslui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

Atlikti oro bei kabelių linijų būklės analize. Statistinių duomenų apie gedimus elektros tinkle klasifikavima.

Elektros energetikos sistemos struktūrinės schemos sudarimas normaliam ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimams pasirinktu masteliu, įvertinant šaltinių vartotojų koordinates, vartotojų patikimumo kategoriją, atstumą tarp schemos mazgų.

Elektros energetikos sistemos elementų patikimumo rodiklių elektros linijų gedimų intensyvumai apskaičiuojami įvertinant linijų ilgį. Elektros energetiko sistemos elektrinių sujungimo schemose parodoma transformatorių, generatorių, jungtuvų, skyriklių ir kitų elementų įrengimo vieta.

Loginės patikimumo schemos sudaromos grafiškai arba iš karto užrašomos analitiškai elektros energetikos sistemai dirbant normaliu ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimu. Būtina įvertinti trumpalaikius ir ilgalaikius išjungimus, pirminę avarių plėtotę dėl klaidingo apsaugų arba automatikos darbo.

Nustatomas elektros tiekimo nutraukimo kiekvienam vartotojui f_{vi} , vidutinė trukmė T_{avi} , ir tikimybė Q_{vi} , nepateiktos energijos kiekis W_i .

Nustatomas elektros energetikos sistemos patikimumo rodikliai visiems vartotojams nepateiktos energijos kiekis W_s , rodikliai SAIDI, SAIFI. Šie rodikliai palyginami sistemai dirbant normaliuoju ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimu.

Nustatoma galios deficito tikimybė

1. PATIKIMUMO RODIKLIŲ APŽVALGA

1.1 Patikimumo rodikliai ir patikimumo reguliavimo būdai

Iš operatoriaus vartotojas pageidauja šių pagrindinių dalykų :

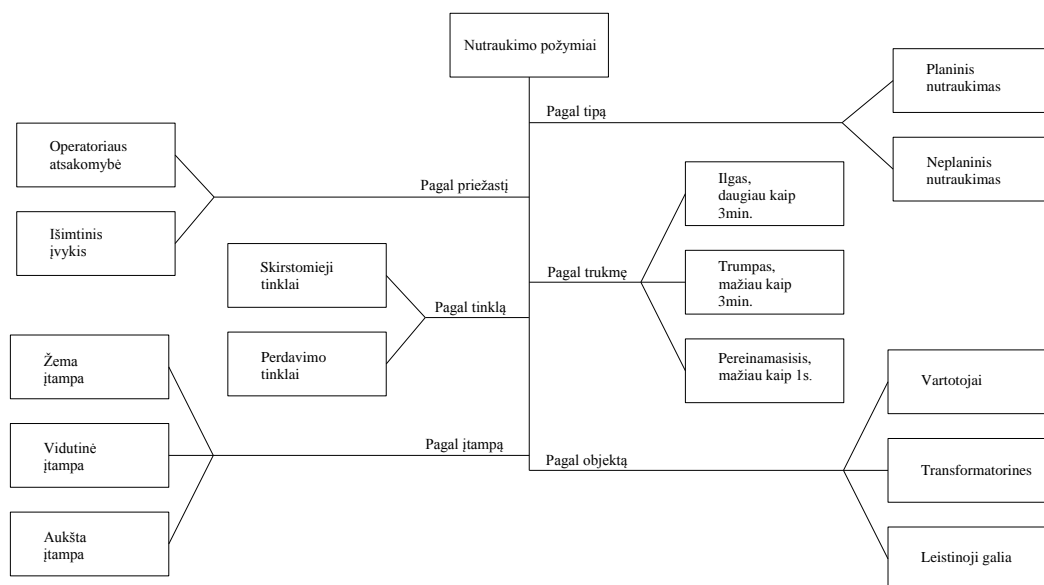
1. Patikimumo;
2. Greitai pašalinti nutraukimą;
3. Aiškiai informuoti apie nutraukimo priežastis. [2].

Aprūpinimo elektra patikimumas yra bendra visų aprūpinimo nesklandumų ir nutraukimų charakteristika per ilgesnį laikotarpį. Atskiras nutraukimas tai epizodinis įvykis, iš kurio negalima vertinti aprūpinimo kokybės. Apibendrinant nutraukimus vienu ar kitu aspektu (pvz., skaičius, vieta, trukmė) suskaičiuojami ar įvertinami patikimumo indikatoriai (rodikliai). Jie turi būti parenkami taip, kad patikimumo būklę ir raidą nusakytų visapusiškai, palygintinai ir iš esmės. [2].

1.2 Nutraukimai

Patikimumo rodiklių išeities duomenys yra nutraukimai, tiksliau – jų požymiai. Nutraukimų požymių yra nemažai. Europoje siekiama nutraukimus matuoti ir registruoti pagal vienodus požymius. Požymių skaičius didėja. [2].

Nutraukimų požymiai pateikti 1.1 pav. [2].



1.1 pav. Nutraukimo požymiai[2].

1.3 Patikimumo rodikliai

Patikimumo rodikliai skirstomi į 2 grupes: tinklo vidutinio vartotojo rodiklių ir atskiro vartotojo rodiklių. Tinklo vidutinio vartotojo rodikliai yra statistiniai rodikliai, būdingi kiekvienam „bevardžiui“ tinklo vartotojui ar visam tinklui (skirstomajam, perdavimo). Jie neparodo atskiro konkretaus vartotojo aprūpinimo būklės. ES šalys prieš 5 metus pasirinko tinklo vidutinio vartotojo rodiklių sistemą, kurios pagrindą iš 5 rodiklių sudaro amerikietiški patikimumo rodikliai, įsitvirtinę NERC (North American Electric Reliability Council) praktikoje. Šių rodiklių sąrašas pateiktas 1.3. lentelėje. [2].

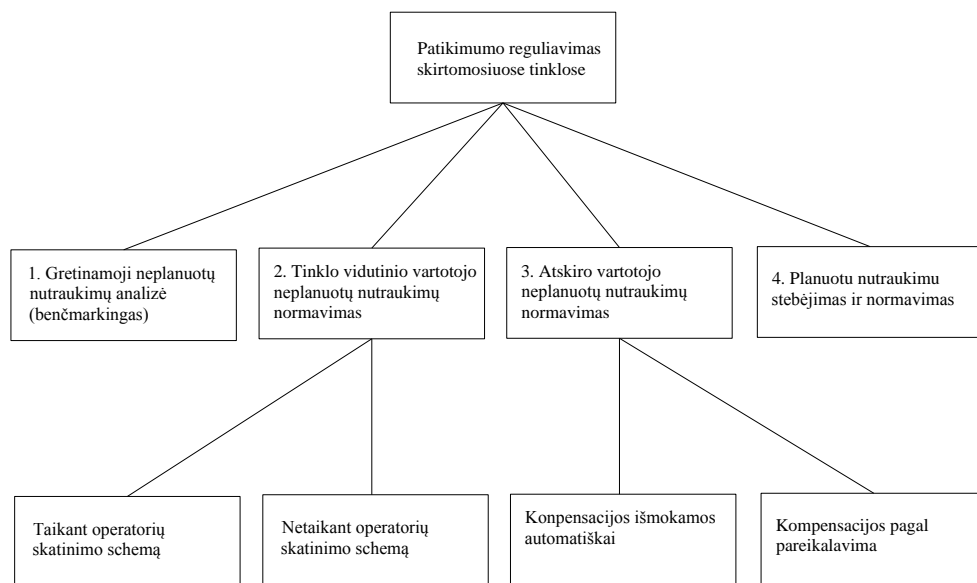
Eil. Nr.	Rodiklio sutrumpinimas	Pavadinimas		Alternatyvus pavadinimas	Pastaba
		lietuviškas	angliškas		
1.	SAIDI	Sistemos vidutinės nutraukimų trukmės rodiklis. Parodo, kiek vidutiniškai laiko per ataskaitinį laikotarpį elektros energija nebuvo persiunčiama vienam vartotojui.	System Average Interruption Duration Index	Vartotojo nutraukimų minutės per metus Customer Minutes Lost per customer per year (CMLs)	Abiejuose (perdavimo ir skirstomuosiuose tinkluose)
2.	SAIFI	Sistemos nutraukimų vidutinio dažnumo rodiklis. Parodo, kiek vidutiniškai kartų per ataskaitinį laikotarpį elektros energija nebuvo persiunčiama vienam vartotojui.	System Average Interruption Frequency Index	Vartotojo nutraukimų skaičius per metus Customer Interruptions per 100 customers per year (CIs)	Abiejuose tinkluose
3.	MAIFI	Vidutinis elektros energijos persiuntimo trumpų nutraukimų dažnumo rodiklis. Parodo, kiek vidutiniškai kartų per ataskaitinį laikotarpį energijos persiuntimas buvo nutrauktas dėl trumpo nutraukimo.	Momentary Average Interruption Frequency Index	-	Abiejuose tinkluose
4.	ENS	Nepersiųstos elektros energijos kiekis. Parodo dėl nutraukimų perdavimo tinklu nepersiųstos energijos kiekį per ataskaitinį laikotarpį.	Energy Not Supplied	END <i>Energy not delivered</i>	Abiejuose tinkluose
5.	AIT	Vidutinis nutraukimo laikas. Parodo vidutinę nutraukimų trukmę per ataskaitinį laikotarpį.	Average Interruption Time	-	Perdavimo tinklui

1.3 lentelė. ES šalyse labiausiai paplitę tinklo vidutinio vartotojo patikimumo rodikliai[2].

Atskiro vartotojo rodikliai nurodo vieno konkretaus vartotojo aprūpinimo faktinius ar norminius rodiklius ir geriau gina vartotojo teises nei tinklo vidutinio vartotojo rodikliai. [2].

1.4 Reguliavimo būdai

Skirstomuosiuose tinkluose galima išskirti 4 pagrindinius aprūpinimo elektra patikimumo reguliavimo būdus, pateiktus 1.4 pav. [2].



1.4 pav. Patikimumo reguliavimas skirstomuosiuose tinkluose[2].

1 būdas yra paprastas patikimumo būklės stebėjimo būdas, kuris nenumato jokių įpareigojimų operatoriams, bet verčia juos kiekybiškai įvertinti patikimumo būklę ir paskelbti patikimumo rodiklius visuomenei. Šis būdas veiksmingas tuo, kad paskelbti rodikliai sugretinami:

- pamečiui ir paaiškėja bendra patikimumo tendencija;
- sugretinami su kitų operatorių rodikliais (šalyje ir tarp šalių). [2].

Gretinamoji analizė leidžia daryti išvadas apie operatorių pastangas ir skiriamas investicijas patikimumo būklei gerinti, padeda rasti nesėkmės priežastis ir skatina atsiliekančių operatorių „pasitempti“, siekti geresnio įvaizdžio vartotojų, finansų įstaigų, reguliuotojų akyse. Pastarasis reguliavimo būdas yra įdiegtas Lietuvoje 2005 m. [2].

2 būdas. Jo esmė: operatoriui nustatomi tinklo vidutinio vartotojo nutraukimų normatyvai, dažniausiai SAIDI ir SAIFI tipo. Normatyvų vykdymas gali būti:

- tik stebimas (netaikant skatinimo schema), tačiau operatorius gali būti teisiškai įvertintas kaip dirbantis nekokybiškai, jeigu pažeidžia normatyvus;
- susietas su ekonominio skatinimo schema, kuri vadinama paskatų ir nuobaudų schema (incentive-penalty regime). Pagal tokią schemą operatoriumi didinamas ar mažinamas pelno (pelningumo) dydis. [2].

3 būdas. Jo esmė: operatoriumi nustatomi atskiro vartotojo nutraukimų normatyvai, dažniausiai nutraukimų trukmės (vienkartinio arba visų per metus) ir skaičiai (per metus). Pažeidęs normatyvą, operatorius išmoka vartotojui kompensaciją. [2].

4 būdas Jis apima 1-3 būdų požymius, tik nuo jų skiriasi nagrinėjamo nutraukimo tipu (planuoti nutraukimai). [2].

Daugelyje šalių taikomi 2 ar 3 reguliavimo būdai iš 4 pateiktų. [2].

2. ORO LINIJŲ BŪKLĖS ANALIZĖ

Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle daugiausiai naudojami AS-50 ir AS-35 tipo laidai. Šių oro linijų suminis ilgis sudaro apie 40 % . [5].

Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle daugiausiai naudojami 4A-50 ir 4A-35 tipo kabeliai. Šių oro linijų suminis ilgis sudaro apie 53 %.[5].

2.1 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės oro linijų ilgiai[5].

Tinklo įtampa	Ilgis (metrais)	Bendras ilgis (metrais)
10 kV	37492	77036
0,4 kV	39544	

2.2 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių linijų kiekiai[5].

Tinklo įtampa	Kiekis	Bendras kiekis
10 kV	8	23
0,4 kV	15	

2.3 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV Oro linijų laidų tipas ir ilgis[5].

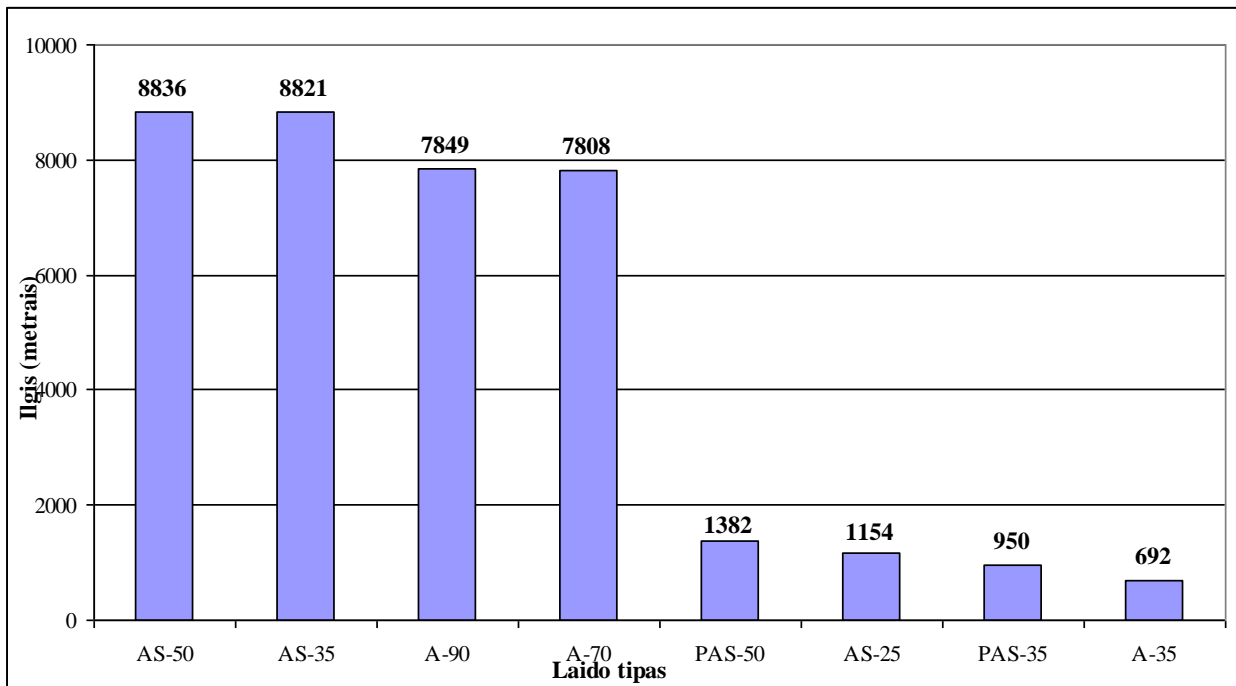
Eil. Nr.	Laido tipas	Ilgis (metrais)
1.	AS-50	8836
2.	AS-35	8821
3.	A-90	7849
4.	A-70	7808
5.	PAS-50	1382
6.	AS-25	1154
7.	PAS-35	950
8.	A-35	692

Vidutinis 10 kV oro linijų eksploataavimo amžius iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo yra 28,3 metų. Vidutinis oro linijos ilgis iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo 0,021 km. Iš Akmenės transtormatorių pastotės nutiestų 10 kV oro linijų tipų ilgio histograma parodyta 2.1 pav.

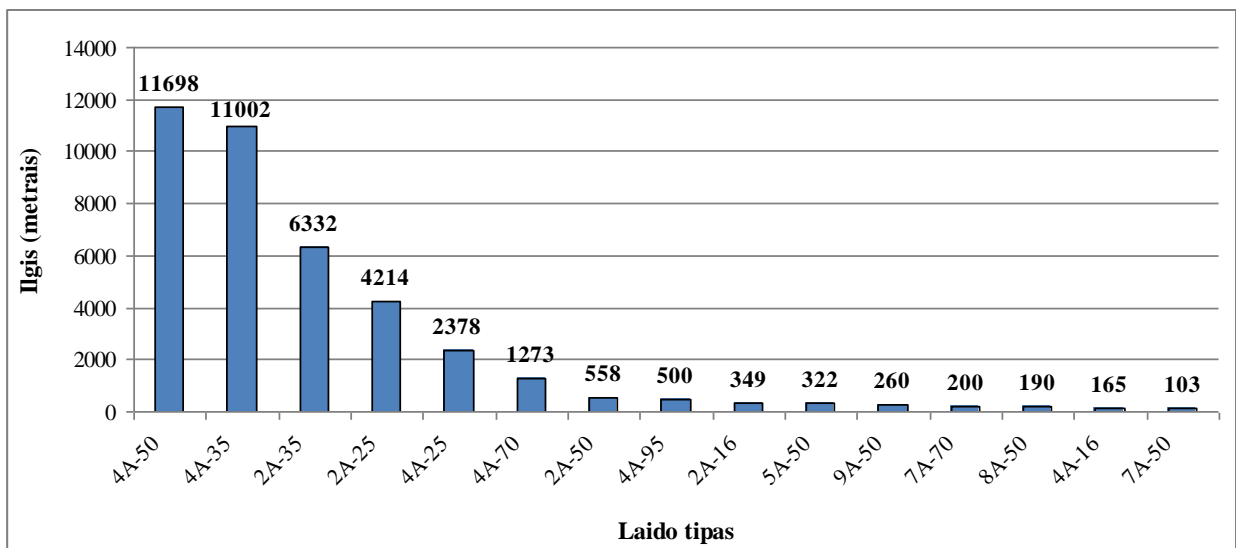
2.4 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV Oro linijų laidų tipas ir ilgis.[5].

Eil Nr.	Laido tipas	Ilgis (metrais)
1.	4A-50	11698
2.	4A-35	11002
3.	2A-35	6332
4.	2A-25	4214
5.	4A-25	2378
6.	4A-70	1273
7.	2A-50	558
8.	4A-95	500
9.	2A-16	349
10.	5A-50	322
11.	9A-50	260
12.	7A-70	200
13.	8A-50	190
14.	4A-16	165
15.	7A-50	103

Vidutinis 0,4 kV oro linijų eksploatavimo amžius iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo yra 27,5 metų. Vidutinis oro linijos ilgis iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo 0,066 km. Iš Akmenės transtormatorių pastotės nutiestų 0,4 kV oro linijų tipų ilgio histograma parodyta 2.2 pav.



2.1 pav. 10 kV Oro linijų laidų tipo ir ilgio histograma



2.2 pav. 0,4 kV Oro linijų laidų tipo ir ilgio histograma

3. KABELIŲ BŪKLĖS ANALIZĖ

Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle daugiausiai naudojami AAB tipo kabeliai. Šių kabelių suminis ilgis sudaro apie 20 % . [5].

Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle daugiausiai naudojami AAB, AVVG bei AXPB tipo kabeliai. Šių kabelių suminis ilgis sudaro apie 48 %.[5].

3.1 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių linijų ilgiai [5].

Tinklo įtampa	Ilgis (metrais)	Bendras ilgis (metrais)
10 kV	24570	66663
0,4 kV	42093	

3.2 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių linijų kiekiai [5].

Tinklo įtampa	Kiekis	Bendras kiekis
10 kV	21	49
0,4 kV	28	

3.3 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių ilgiai 10 kV tinkle [5].

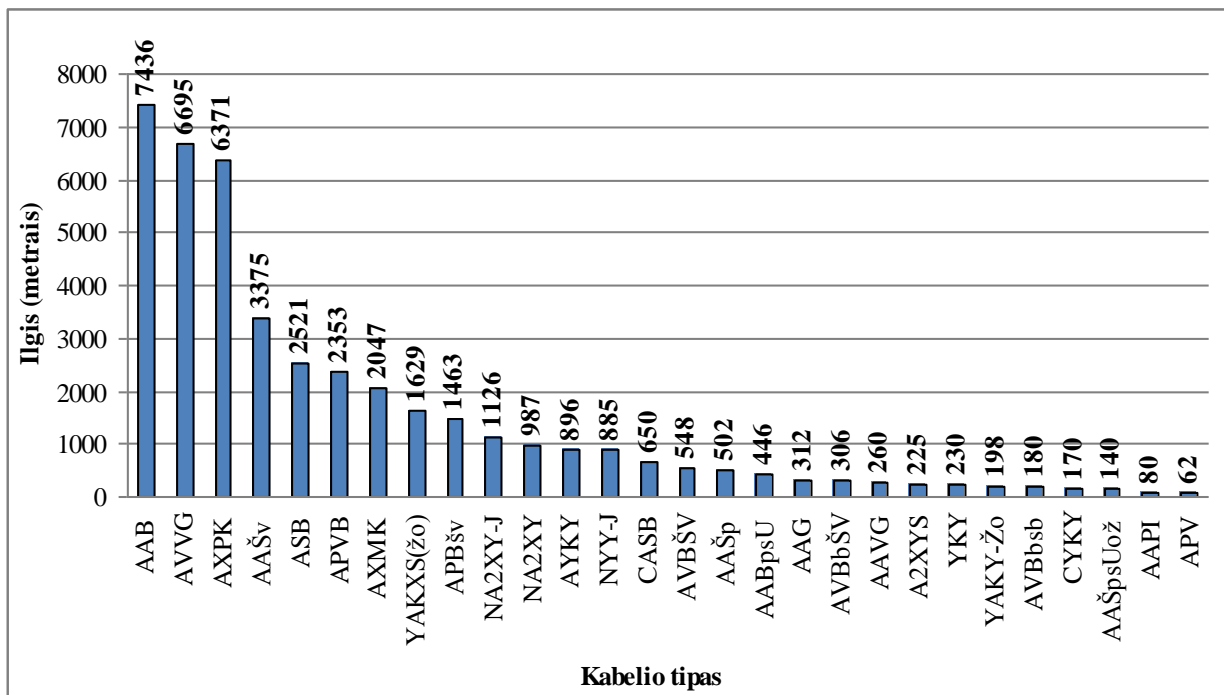
Eil. Nr.	Kabelio tipas	Ilgis (metrais)
1.	AAB	5151
2.	AAŠv	2887
3.	AHXCMK	2367
4.	ASB	2178
5.	AHXAMK-W	2171
6.	NA2XSFL2Y	1759
7.	AHXCHK-W	1451
8.	AXLJ-TT	1446
9.	AXLJ	1429
10.	AAŠp	1117
11.	AABI	1072
12.	A2XY-J	950
13.	AABpsU	185
14.	NA2XY-J	139
15.	AABŠv	60
16.	NA2XSF2Y	43
17.	NA2XSY	48
18.	AAVG	40
19.	AXPK	39
20.	YAKXS(žo)	23
21.	NA2XY	15

Vidutinis 10 kV elektros kabelių eksploatavimo amžius iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo yra 31,2 metų. Vidutinis kabelio ilgis iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo 0,085 km. Iš Akmenės transtormatorių pastotės paklotų 10 kV elektros kabelių tipų ilgio histograma parodyta 3.2 pav.

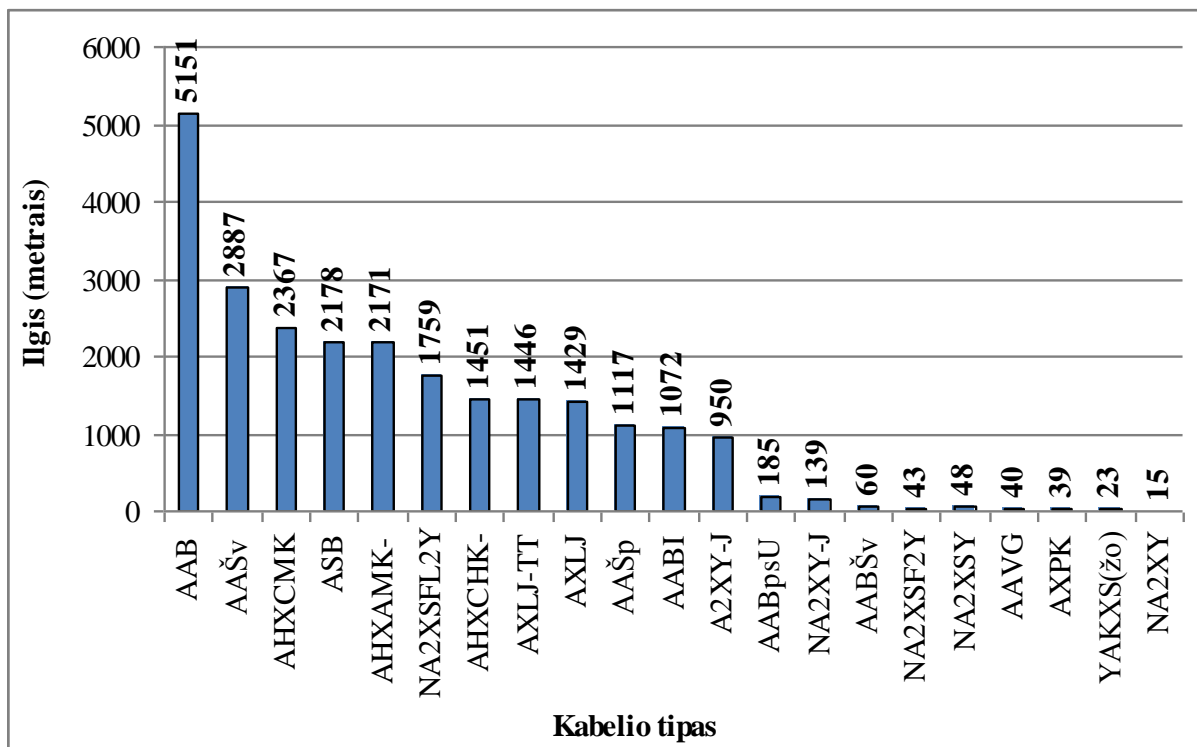
3.4 lentelė Akmenės transtormatorių pastotės kabelių ilgiai 0,4 kV tinkle [5].

Eil. Nr.	Kabelio tipas	Ilgis metrais
1.	AAB	7436
2.	AVVG	6695
3.	AXPK	6371
4.	AAŠv	3375
5.	ASB	2521
6.	APVB	2353
7.	AXMK	2047
8.	YAKXS(žo)	1629
9.	APBšv	1463
10.	NA2XY-J	1126
11.	NA2XY	987
12.	AYKY	896
13.	NYY-J	885
14.	CASB	650
15.	AVBŠV	548
16.	AAŠp	502
17.	AABpsU	446
18.	AAG	312
19.	AVBbŠV	306
20.	AAVG	260
21.	A2XYS	225
22.	YKY	230
23.	YAKY-Žo	198
24.	AVBbsb	180
25.	CYKY	170
26.	AAŠpsUož	140
27.	AAPI	80
28.	APV	62

Vidutinis 0,4 kV elektros kabelių eksploatavimo amžius iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo yra 25,5 metų. Vidutinis kabelio ilgis iš Akmenės transtormatorių pastotės tinklo 0,065 km. Iš Akmenės transtormatorių pastotės paklotų 0,4 kV elektros kabelių tipų ilgio histograma parodyta 3.1 pav.



3.1 pav. 0,4 kV paklotų kabelių tipų ilgio histograma



3.2 pav. 10 kV paklotų kabelių tipų ilgio histograma

4. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 10 kV ORO LINIJŲ TINKLĖ KLASIFIKAVIMAS

Išanalizuoti 2012 metų gedimai Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle. Gedimų pobūdis suskirstytas į keturias grupes – Nenugalima jėga, išorinio poveikio, nenustatytos priežastys ir operatoriaus atsakomybė.

Oro linijų gedimų skaičius per 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle pagal gedimo pobūdį pateikti 4.1 lentelėje, pagal laiką 4.2 lentelėje.

4.1 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle pagal pobūdį [5].

Tinklo įtampa	Force majeure (nenugalima jėga)	Išorinio poveikio	Nenustatytos priežastys	Operatoriaus atsakomybė	Viso gedimų
10 kV	15	25	1	52	93

4.2 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle pagal laiką [5].

Laido tipas.	Gedimų pasiskirstymas mėnesiais											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
A-90	-	4	-	-	-	-	4	-	3	-	-	-
A-70	-	5	1	-	-	-	5	-	5	-	-	-
AS-50	-	6	-	-	-	-	4	-	5	1	-	1
AS-35	1	7	-	1	1	1	8	1	8	-	-	1
A-35	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
AS-25	-	2	-	-	-	2	1	-	2	-	-	-
PAS-50	-	1	-	-	-	-	2	-	2	-	1	-
PAS-35	-	2	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-

Išvados: Išanalizavus pateiktus rezultatus matome, jog Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle daugiausiai gedimų įvyksta operatoriaus atsakomybeje, o tai sudaro 51 % visų gedimų. Dažniausiai gedimai pasitaiko vasario, liepos ir rugsejo mėnesiais.

5. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 0,4 kV ORO LINIJŲ TINKLĖ KLASIFIKAVIMAS

Išanalizuoti 2012 metų gedimai Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle. Gedimų pobūdis suskirstytas į keturias grupes – Nenugalima jėga, išorinio poveikio, nenustatytos priežastys ir operatoriaus atsakomybė.

Oro linijų gedimų skaičius per 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle pagal gedimo pobūdį pateikti 5.1 lentelėje, pagal laiką 5.2 lentelėje.

5.1 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle pagal pobūdį [5].

Tinklo įtampa	Force majeure (nenugalima jėga)	Išorinio poveikio	Nenustatytos priežastys	Operatoriaus atsakomybė	Viso gedimų
0,4 kV	19	23	2	81	125

5.2 lentelė. Oro linijų gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle pagal laiką [5].

Laido tipas.	Gedimų pasiskirstymas mėnesiais											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
4A-50	-	3	-	1	2	-	3	3	4	-	-	2
4A-35	1	6	2	2	1	2	5	1	5	1	1	1
2A-35	-	6	-	-	-	1	4	1	5	-	-	2
2A-25	1	5	1	-	-	-	3	1	4	-	-	-
4A-25	-	1	-	-	2	-	1	2	2	-	1	-
4A-70	-	2	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-
2A-50	-	1	-	-	-	-	2	-	2	1	-	-
4A-95	-	2	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
2A-16	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
5A-50	-	1	-	1	1	-	-	-	2	-	-	-
9A-50	-	2	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-
7A-70	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
8A-50	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
4A-16	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
7A-50	-	1	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1

Išvados: Išanalizavus pateiktus rezultatus matome, jog Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle daugiausiai gedimų įvyksta operatoriaus atsakomybeje, o tai sudaro 71 % visų gedimų. Dažniausiai gedimai pasitaiko vasario, liepos ir rugsejo mėnesiais.

6. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 10 kV KABELIŲ TINKLE IR JO ELEMENTUOSE KLASIFIKAVIMAS

Išanalizuoti 2012 metų gedimai Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle. Gedimai 10 kV kabelių tinkle suskirstyti į dvi grupes t.y. gedimai kabeliuose ir gedimai movose. Gedimų pobūdis suskirstytas į tris grupes – eksploatuojant, bandant ir mechaniniai. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle daugiausiai eksploatuojami trijų tipų kabeliai – AAB, AAŠv ir ASB. Analizuojami gedimai šiose kabelių grupėse.

Kabelių gedimų skaičius per 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal priežastis kabelių tipams pateikti 6.1 lentelėje, pagal laiką 6.2 lentelėje.

6.1 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal priežastis [5].

Kabelio tipas.	Gedimų dažnumas per metus			Viso gedimų
	Eksploatuojant	Bandant	Mechaninė	
AAB	5	1	1	7
AAŠv	2	-	-	2
ASB	3	1	-	4

6.2 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle pagal laiką [5].

Kabelio tipas.	Gedimų pasiskirstymas mėnesiais											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
AAB	-	1	-	-	-	-	-	3	2	1	-	-
AAŠv	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
ASB	-	-	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-

Kabėlių gedimų skaičius kabėlių movose per 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabėlių tinkle pagal priežastis 6.3 lentelėje, pagal laiką 6.4 lentelėje.

6.3 lentelė. Gedimų skaičius kabėlių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabėlių tinkle pagal priežastis [5].

Movos tipas	Gedimų dažnumas per metus			Viso gedimų
	Ekspluatuojant	Bandant	Mechaninė	
Galinė-vidaas	1	3	-	1
Jungiamoji	2	-	-	2

6.4 lentelė. Gedimų skaičius kabėlių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabėlių tinkle pagal laiką [5].

Movos tipas	Gedimų pasiskirstymas mėnesiais											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Galinė-vidaas	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-
Jungiamoji	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-

Išvados: Išanalizavus pateiktus rezultatus matome, jog Akmenės transtormatorių pastotės 10 kV kabėlių tinkle daugiausiai gedimų įvyksta eksploatuojant kabelius, o tai sudaro 77 % visų gedimų, o tuo tarpu bandant 15 %, bei 8 % pažeidžiant kabelį mechaniškai. Pagal pateiktus 2012 m. rezultatus matome, jog 50% daugiau gedimų įvyksta galinėse movose, nei jungiamosiose.

7. STATISTINIŲ DUOMENŲ APIE GEDIMUS 0,4 kV KABELIŲ TINKLE IR JO ELEMENTUOSE KLASIFIKAVIMAS

Išanalizuoti 2012 metų gedimai Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle. Gedimai 0,4 kV kabelių tinkle suskirstyti į dvi grupes t.y. gedimai kabeliuose ir gedimai movose. Gedimų pobūdis suskirstytas į tris pagrindines grupes – eksploatuojant, bandant ir mechaniniai. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle daugiausiai eksploatuojami keturių tipų kabeliai – AAB, AVVG ir AXPK, AAŠv. Analizuojami gedimai šiose kabelių grupėse.

Kabelių gedimų skaičius per 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal priežastis kabelių tipams pateikti 7.1 lentelėje, pagal laiką 7.2 lentelėje.

7.1 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal priežastis. [5].

Kabelio tipas.	Gedimų dažnumas per metus			Viso gedimų
	Eksploatuojant	Bandant	Mechaninė	
AAB	5	-	1	6
AAŠv	3	-	1	4
ASB	1	-	1	2
AXPK	-	-	-	-

7.2 lentelė. Kabelių gedimų skaičius 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle pagal laiką [5].

Kabelio tipas.	Gedimų pasiskirstymas mėnesiais											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
AAB	3	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1
AAŠv	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-
ASB	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
AXPK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kabėlių gedimų skaičius kabėlių movose per 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabėlių tinkle pagal priežastis 7.3 lentelėje, pagal laiką 7.4 lentelėje.

7.3 lentelė. Gedimų skaičius kabėlių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabėlių tinkle pagal priežastis [5].

Movos tipas	Gedimų dažnumas per metus			Viso gedimų
	Ekspluatuojant	Bandant	Mechaninė	
Galinė-vidaus	1	-	-	1
Jungiamoji	1	-	-	1

7.4 lentelė. Gedimų skaičius kabėlių movose 2012 m. Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabėlių tinkle pagal laiką [5].

Movos tipas	Gedimų pasiskirstymas mėnesiais											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Galinė-vidaus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Jungiamoji	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-

Išvados: Išanalizavus pateiktus rezultatus matome, jog Akmenės transtormatorių pastotės 0,4 kV kabėlių tinkle daugiausiai gedimų įvyksta eksploatuojant kabelius, o tai sudaro 75 % visų gedimų. Pagal pateiktus 2012 m. rezultatus matome, jog 50% gedimų įvyksta galinėse movose, ir 50% jungiamosiose.

8. TECHNIKOS OBJEKTŲ PATIKIMUMAS

8.1 Pagrindinės patikimumo teorijos sąvokos

Patikimumas – tai objekto, dirbančio nustatytu režimu ir nustatytais darbo, techninio aptarnavimo, sandėliavimo ir transportavimo sąlygomis, savybė nustatytą laiką atlikti savo funkcijas, išlaikant nustatytas eksploatacines charakteristikas. Šiuolaikiniai įrenginiai yra labai sudėtingi, ir kuo jie darosi sudėtingesni, tuo labiau mažėja jų patikimumas, jeigu nesiimama specialių priemonių jam didinti. Technologiniai įrenginiai turi būti patikimi, kad gaminių charakteristikos nesikeistų pakankamai ilgą įrenginių eksploatacijos laiką. Be to, sudėtingų ir brangių technikos objektų prastovos yra labai nuostolingos. [1].

Patikimumas yra kompleksinė objekto savybė, įvertinama dalinėmis jo savybėmis: negendamumu, pataisomumu, ilgaamžiškumu ir išsilaikymu. [1].

Negendamumas – tai objekto gebėjimas nepertraukiamai išlaikyti tam tikrą laiką savo darbingumą. [1].

Darbingumas – tai objekto būseną, kai jis gali atlikti savo funkcijas. Darbingumo praradimas vadinamas gedimu. [1].

Pataisomumas – tai objekto savybė, leidžianti numatyti, aptikti ir pašalinti jo gedimus, palaikyti ir atkurti darbingumą, atliekant remontą arba techninį aptarnavimą. [1].

Ilgaamžiškumas – tai objekto savybė išlikti darbingam iki susidėvėjimo su pertraukomis remontams ir techninei priežiūrai. [1].

Išsilaikymas – tai objekto savybė išlaikyti savo darbingumą sandėliuojant ar transportuojant. [1].

Vieniems objektams didžiausią reikšmę turi negendamumas, kitiems – ilgaamžiškumas arba ilgaamžiškumas ir pataisomumas kartu paėmus. Negendamumas labai svarbus tokiems objektams, kuriems sugedus būna žmonių aukų arba didelių materialinių nuostolių (atominiai reaktoriai, lėktuvai, elektrinių turbinos ir kt.). Technologiniams įrenginiams svarbu ilgaamžiškumas ir pataisomumas. Išsilaikymas svarbus objektams, pagamintiems iš sparčiai senėjančių medžiagų, pvz., gumos arba plastmasių, taip pat sezoninėms mašinoms, kurios didžiąją metų dalį prastovi nenaudojamos, pvz., javų kombainai, sėjamosios, uogų, vaisių perdirbimo mašinos ir kt. [1].

Technikos objektų gedimai būna funkciniai ir parametriniai. [1].

Funkciniai gedimai nutraukia mašinos (įrenginio) darbą; įvykus tokiam gedimui, mašina (įrenginys) negali atlikti savo funkcijų. [1].

Parametriniais vadinami tokie gedimai, kai įrenginys dirba, bet jo charakteristikos neatitinka reikalavimų. Pvz., staklės dirba, bet gamina netikslių matmenų detales; automobilis važiuoja, bet sunaudoja daugiau degalų, neišvysto numatyto greičio ir pan. Pagal susidarymo trukmę gedimai skirstomi į staigius, lėtinius ir tarpinius. [1].

Staigus gedimas įvyksta, kai staiga pasireiškia vienas ar keli atsitiktiniai veiksniai. Pvz., dėl pablogėjusio matomumo ir nuovargio vairuotojas įvažiuoja į duobę, dėl to sulūžta automobilio pusašė. [1].

Lėtinis gedimas įvyksta per ilgą laiką, pvz., peilio atšipimas, guolio išdilimas, korpuso korozinis suirimas ir t. t. [1].

Tarpinis gedimas – tai laikinas savaime išnykstantis objekto funkcijų sutrikimas. Pvz., įjungtas elektros variklis su išdilusiais šepetėliais apsunkina radijo signalų priėmimą (radijo imtuvo darbo sutrikimas, radijo ryšio trikdžiai), išjungus tokį variklį, radijo prietaisai vėl gali normaliai dirbti. Gedimai gali būti nepriklausomi ir priklausomi. [1].

Nepriklausomus gedimus sukelia išoriniai arba mašinos vidiniai procesai, pvz., variklio tepalo filtro užsiteršimas yra nepriklausomas gedimas, nes jis įvyksta dėl variklio dalių dilimo, tepalo išdegimo ir kitų variklyje vykstančių procesų. Laiku nepakeitus tokio filtro, dėl nepakankamo tepalo išvalymo gali užsikirsti stūmokliai cilindruose, ir tai jau bus priklausomasis gedimas. [1].

Vienų objektų darbingumas gali būti atkuriamas, pataisant gedimą, kitų – ne. Pagal šią savybę technikos objektai skirstomi į taisomus ir netaisomus. [1].

Taisomieji objektai – tai objektai, kurių darbingumą galima atkurti, juos pataisant. Tokių objektai yra mašinos, varikliai, staklės, įvairūs įrenginiai ir pan. [1].

Netaisomieji objektai yra tokie, kurių nenumatoma arba neįmanoma pataisyti.

Pvz., guoliai, elektros lempos, varžtai ir veržlės, stūmoklių žiedai, dauguma radijo detalių ir panašūs. Sugedęs toks objektas pakeičiamas nauju.

Technikos objekto būseną gali būti tvarkinga ir netvarkinga. [7].

Tvarkinga objekto būseną (tvarkingumas) yra tokia, kai visos objekto charakteristikos atitinka specifikaciją, t. y. Projektinėje dokumentacijoje nurodytas parametrų vertes. [1].

Netvarkinga objekto būseną (netvarkingumas) yra tokia, kai bent viena objekto charakteristika neatitinka specifikacijos. [1].

Netvarkingumas gali būti dvejopas: nesukeliantis gedimų (pažeista antikorozinė danga, subraižytas korpusas, nublukę užrašai ir kt.) ir sukeliantis gedimus (guolio laisvumas, variklio tepalo vonios nesandarumas, nepakankamai užveržti tvirtinimo varžtai ir pan.). [1].

8.2 Technikos objektų kokybės sąvoka

Šiuo metu pasaulyje vyrauja vienalaikė inžinerija. Jos esminis bruožas yra tas, kad pats gaminys ir jo gamybos technologija (technologinis procesas, specialia įranga, kokybės kontrolės planas) projektuojami beveik tuo pačiu metu. Kitas svarbus vienalaikės inžinerijos bruožas yra tas, kad, projektuojant gaminį, išnagrinėjamas visas jo gyvavimo ciklas nuo koncepcijos suformavimo iki gaminio utilizavimo, baigus jį eksploatuoti. Šiuolaikiški geros kokybės gaminiai turi neturėti aplinkos. Baigus eksploatuoti, jie turi arba greitai suirti į nekenksmingas sudedamąsias dalis, arba turi būti panaudoti kaip žaliava kitiems technikos objektams gaminti. Didžiausias vienalaikės inžinerijos pranašumas yra laiko nuo projektavimo pradžios iki objekto patekimo į rinką sutrumpinimas. [1].

Technikos objekto kokybė yra sudėtinė savybė, apibūdinama įvairiomis charakteristikomis. Gaminio ar paslaugos kokybė gali būti apibūdinama kaip savybė tenkinti vartotojo reikmes. Akivaizdu, kad vartotojas paslaugą ar gaminį įvertina daugiau negu pagal vieną to gaminio ar paslaugos parametą. Pavyzdžiui, apie televizoriaus kokybę sprendžiama ne tik iš vaizdo kokybės, bet ir iš garso kokybės, jautrumo, ilgaamžiškumo, negendamumo, vaizdo iškraipymo ir t. t. [1].

Standartas ISO 9000 kokybę apibrėžia taip: kokybė yra produkto ar paslaugos savybių ir charakteristikų visuma, leidžianti patenkinti vartotojo pareikštas ar numatomas reikmes.

Dažnai įvairios produkto savybės skirtingiems vartotojams turi nevienodą reikšmę. Pavyzdžiui, perkant automobilį vieniems svarbiau ekonomiškumas, kitiems – greitis, tretiems – patvarumas ir t. t. Dėl to ir kokybės samprata gali skirtis. Kokybės sąvoka apima dvi gaminio savybių grupes:

1 grupė – patikimumas, ilgaamžiškumas, pataisomumas, galingumas, našumas ir t. t. Šios savybės užtikrinamos, gaminį projektuojant ir gaminant, nuo jų daugiausia priklauso, ar gaminys bus sėkmingai parduotas.

2 grupė – defektų nebuvimas, t. y. vartotojo įsitikinimas, kad objektą projektuojant, gaminant, transportuojant, sandėliuojant ir t. t. nebuvo padaryta klaidų bei pažeidimų, kurie galėtų išryškėti eksploatacijos metu. Šios objekto savybės daugiausia užtikrinamos, jį

gaminant, ir turi įtaką jo kainai, t. y. vartotojas pasiryžęs mokėti daugiau, jeigu yra įsitikinęs, kad perka gerą daiktą.

Technikos objektų kokybė įvertinama jo charakteristikų (parametrų) visuma – vertinamos tik tos charakteristikos, kurios prisideda prie vartotojo reikmių tenkinimo. Šios charakteristikos gali būti suskirstytos į tris grupes: tolydines, diskretines ir dvejetaines.

Tolydinės charakteristikos yra tokios, kurios gali įgauti bet kokią reikšmę nustatytame reikšmių intervale. Pavyzdžiui, automobiliui 100 km/h važiuojant greitkeliu gali reikėti 6 litrų, mieste 8 litrų degalų. Nors tolydinės charakteristikos gali įgauti įvairias reikšmes, tačiau jos yra objektyvios, nes gali būti tiksliai išmatuotos ir nepriklauso nuo kieno nors nuomonės.

Diskretines charakteristikos naudojamos pažymėti savybėms, kurioms būdingos kelios reikšmės. Pavyzdžiui, automobilio išvaizda gali būti: 1) puiki; 2) gera; 3) patenkinama; 4) nepatenkinama. Diskretinės charakteristikos yra subjektyvios, t. y. priklauso nuo vertintojo nuomonės: tai, kas vienam atrodo puiku, kitam gali būti tik patenkinama.

Dvejetainės charakteristikos naudojamos pažymėti savybėms, kurias objektas turi arba neturi. Dėl to šios charakteristikos dvejetainės skaičiavimo sistemos žymimos ženklais: 1 – savybė yra; 0 – jos nėra. Pvz., automobilis turi centrinę užraktą arba neturi; turi vairo stiprintuvą arba jo neturi ir t. t. Dvejetainės charakteristikos irgi yra objektyvios, nes nepriklauso nuo vertintojo nuomonės.

Tačiau visi gaminiai yra veikiami atsitiktinių veiksnių. Šių veiksnių įtaka pasireiškia gaminant produktą (mašiną, įrenginį) ir jį eksploatuojant tam tikromis sąlygomis. Visi atsitiktiniai veiksniai, turintys įtakos technikos objekto darbui, vadinami atsitiktiniais įėjimo parametrais. Dėl jų poveikio pasikeičia objekto charakteristikos, kurios vadinamos išėjimo parametrais.

8.3 Objektų charakteristikų pasiskirstymo dėsniai

Gamintojui ir vartotojui reikia žinoti tikrąsias objekto parametrų ir jų tolerancijų vertes, esant įvairioms atsitiktinėms jo darbo sąlygoms. Tos vertės nustatomos statistinės analizės metodais. Atliekant statistinę analizę, apskaičiuojamas parametro vidurkis, standartinis nuokrypis, tikimybė, tikimybės tankio funkcija, variacijos koeficientas ir kt. Statistinei analizei reikia turėti n parametro x reikšmių, kurios žymimos x_i , čia $i = 1, 2, 3, \dots, n$. [3].

Statistinis vidurkis m apskaičiuojamas pagal formulę:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (8.1)$$

Vidutinis kvadratinis nuokrypis σ , arba standartinis nuokrypis, yra lygus kvadratinei šakniai iš dispersijos:

$$\sigma = \sqrt{S} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}. \quad (8.2)$$

Technikos objektų parametų sklaidos priežastys būna įvairios ir atsitiktinės. Atsitiktinių dydžių pasiskirstymas aprašomas įvairiais statistiniais modeliais arba pasiskirstymo dėsniais. Paminėtini normalinis (Gauso), logaritminis normalinis, Veibulo, eksponentinis, diskretinis ir kiti pasiskirstymo dėsniai. Čia paminėsime tikrai dažniausiai taikomus pasiskirstymo dėsnius. [3].

Normalinio pasiskirstymo (Gauso) dėsnis. Jis ypač plačiai naudojamas atsitiktiniams dydžiams statistiškai aprašyti. Jeigu atsitiktinis kintamasis x gali būti išreikštas suma atsitiktinių kintamųjų x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, iš kurių nė vienas nėra dominuojantis, tada x gali būti aprašomas normaliniu skirstiniu. Normalinio skirstinio tikimybės tankis išreiškiamas lygtimi:

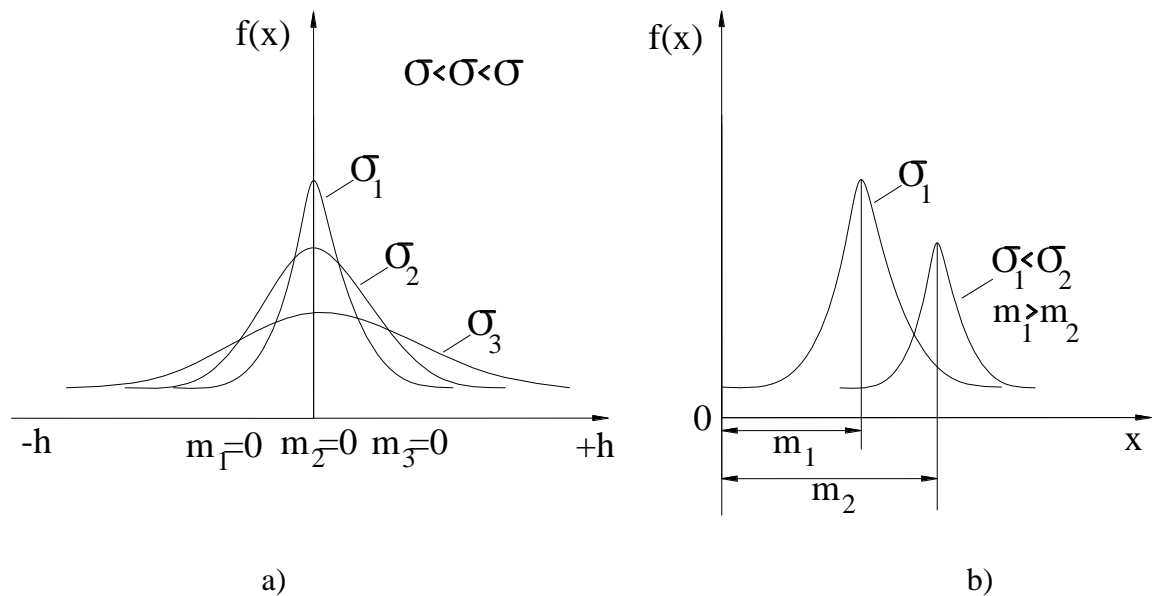
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(x-m)^2 / 2\sigma^2\right], \quad (8.3)$$

o tikimybė, kad atsitiktinis dydis pateks į reikšmių intervalą tarp a ir b , yra lygi plotui po kreive šiame intervale:

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_a^b \exp\left[-(x-m)^2 / 2\sigma^2\right] dx, \quad (8.4)$$

čia m yra argumento reikšmė ties didžiausia tikimybės tankio reikšme (patikimumo teorijoje tai gali būti, pvz., vidutinis laikas iki gedimo), o σ – standartinis nuokrypis. [3].

8.1 paveiksle pavaizduotos normalinio pasiskirstymo kreivės, esant įvairioms m ir σ reikšmėms (a ir b).



8.1 pav. Normalinio pasiskirstymo kreivės[3].

Vidurkis m , esant normaliniam skirstiniui, yra pasiskirstymo kreivės simetrijos ašis, o standartinis nuokrypis σ apibūdina kreivės formą. Esant normaliniam pasiskirstymui, kintamasis x teoriškai kinta nuo $-\infty$ iki $+\infty$. Tačiau apie 68 % verčių patenka į intervalą $m \pm \sigma$, 95 % – į intervalą $m \pm 2\sigma$ ir 99,7% – į intervalą $m \pm 3\sigma$. [3].

Įvairūs skaičiavimai paspartinami naudojantis normalinio pasiskirstymo funkcijų lentelėmis. 1 priede pateikta integralinės normuotos funkcijos $\Phi(z)$ reikšmių lentelė. Iš čia nenormuoto argumento integralinė funkcija $P(x) = \Phi(z)$, paėmus $z = \frac{x - m}{\sigma}$. [3].

Logaritmatis normalinis gedimų pasiskirstymo dėsnis. Kita dažnai sutinkama situacija, kai atsitiktinis kintamasis y yra atsitiktinių kintamųjų y_i sandauga: $y = y_1 * y_2 * \dots * y_n$. Pavyzdžiui, sistemos dilimas proporcingas dydžių, iš kurių kiekvienas išreiškia poveikį į ją, sandaugai. [3].

Paimkime tos sandaugos logaritmą (sakykime, natūrinį): $\ln y = \ln y_1 + \ln y_2 + \dots + \ln y_n$. Jeigu nė vienas iš dešinės pusės narių nėra dominuojantis, tai $\ln y$ pasiskirsto pagal normalinį skirstinį, ir jo tikimybės tankio funkcija yra simetrinė kreivė su parametrais: matematine viltimi arba vidurkiu μ ir standartiniu nuokrypiu σ , nors atsitiktinio kintamojo y skirstinio tikimybės tankio funkcija yra asimetrinė kreivė. [3].

Daugeliu patikimumo nustatymo atvejų asimetrinį gedimų tankio pasiskirstymą galima pakeisti į simetrinį normalinį, jeigu argumentu imsime ne patį gedimo įvykio argumentą (laiką, kelio ilgį ar pan.), bet jo logaritmą. Toks skirstinys vadinamas

logaritminiu normaliniu. Esant logaritminiam normaliniam gedimų pasiskirstymui, visos negendamumo charakteristikos ir jų grafikai analogiški atitinkamoms normalinio skirstinio charakteristikoms, imant jose argumentu $x = \ln y$. [3].

Įvykio tikimybės tankio funkcija šiuo atveju būtų išreiškiama taip:

$$f_y(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\omega y}} \exp\left\{-\frac{1}{2\omega^2} \left[\ln\left(\frac{y}{y_0}\right)\right]^2\right\}, \quad (8.5)$$

čia $\omega = \sigma_x$ – logaritminis standartinis nuokrypis, o $\ln y_0$ – logaritminis vidurkis (μ_x). [3].

Integralinė skirstinio funkcija:

$$F_y(y) = \Phi\left[\frac{\ln y - \ln y_0}{\omega}\right]. \quad (8.6)$$

Taikant šį skirstinį gedimams ir imant argumentu laiką (t), gedimo tikimybės tankio funkcija būtų

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\omega t}} \exp\left\{-\frac{1}{2\omega^2} \left[\ln\left(\frac{t}{t_0}\right)\right]^2\right\}, \quad (8.7)$$

o patikimumas išreiškiamas

$$P(t) = 1 - \int_0^t f_t(t) = 1 - \Phi\left[\frac{\ln t - \ln t_0}{\omega}\right], \quad (8.8)$$

čia t_0 – parametras, ties kuriuo $f(t)$ reikšmė didžiausia. [3].

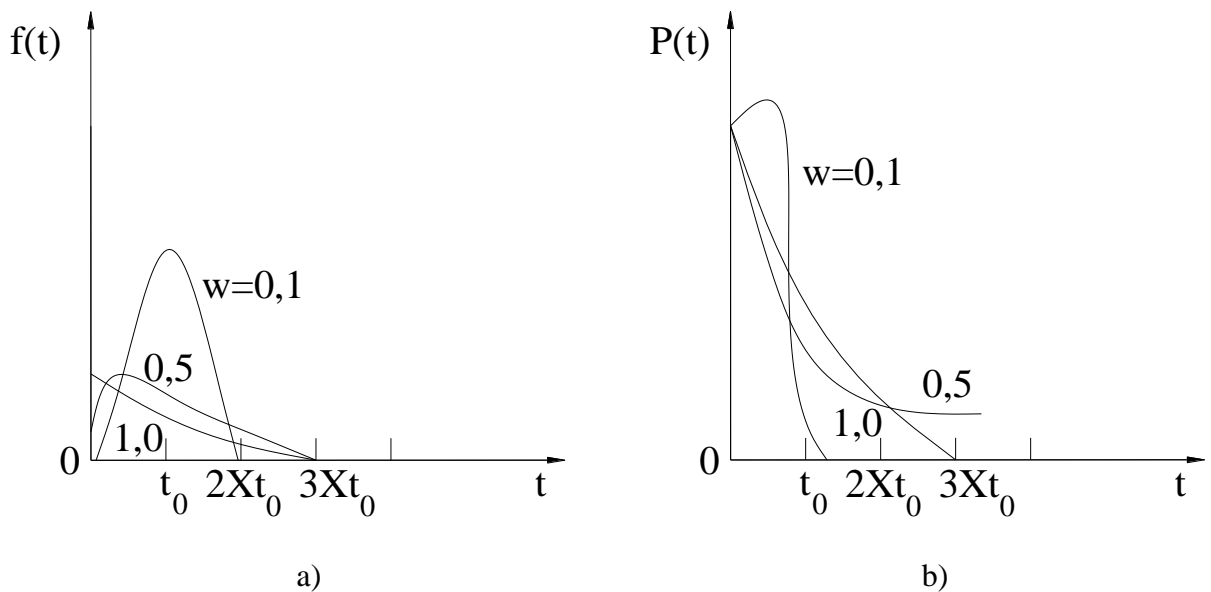
Matematinė viltis arba vidutinis laikas (kelias ar pan.) iki gedimo:

$$MTTF = t_0 \exp(\omega^2 / 2), \quad (8.9)$$

o standartinis nuokrypis σ funkcijos $f(t)$ lygus:

$$\sigma^2 = t_0^2 \exp(\omega^2) [\exp(\omega^2) - 1]. \quad (8.10)$$

Logaritminio normalinio skirstinio tikimybės tankio ir integralinės funkcijos pateiktos 8.2 pav. [3].



8.2 pav. Logaritminio normalinio skirstinio tikimybės tankio (a) ir integralinė funkcijos (b) [3].

Logaritminis normalinis pasiskirstymas naudojamas ir galioja esant bet kokiam logaritmo pagrindui. Dažniausiai naudojami dešimtainiai ir natūralūs logaritmai. [3].

Esant dešimtainiam logaritmo pagrindui, tikimybės tankio funkcija yra lygi:

$$f(t) = \frac{0,4343}{t\omega\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\left[\frac{\log(t) - \log(t_0)}{2\omega^2}\right]^2\right\}. \quad (8.11)$$

Čia koeficientas 0,4343 gaunamas, įvertinant dešimtainio ir natūrinio logaritmų santykį, t. y. $0,4343 = 1/\ln(10)$. Logaritminis normalinis pasiskirstymas gerai modeliuoja gedimus, kurie įvyksta dėl elementarių pažeidimų detalės medžiagoje kaupimosi. Todėl jis naudojamas vienu iš statistinių modelių nuovarginiams gedimams, įvykstantiems dėl laipsniško vidinių metalo defektų sumavimosi, pavirtimu jų į mikroįtrūkimus ir laipsniško jų augimo iki matmenų, neleistinai susilpninančių detalės skerspjūvį. [3].

Veibulo skirstinys. Tai vienas iš plačiausiai naudojamų skirstinių atliekant patikimumo skaičiavimus, nes juo naudojantis galima sumodeliuoti įvairius gedimų srauto atvejus: įdirbimo periodą, normalaus darbo periodą ar intensyvaus dilimo periodą. Tai priklauso nuo priimtų Veibulo skirstinio parametrų reikšmių. Varijuojant parametrais, galima apimti platų diapazoną gedimų pasiskirstymo atvejų. Kartu su logaritminiu normaliniu skirstiniu jis pakankamai gerai aprašo detalių išdirbį iki nuovarginio suirimo, guolių išdirbį iki gedimo, elektroninių lempų gedimus, trapių medžiagų gedimo laiko pasiskirstymą. [3].

Veibulo skirstinys gali būti dviejų arba trijų parametru. Iš pradžių panagrinėsime dviejų parametru Veibulo skirstinį. Bendruoju atveju tikimybės tankio funkcija šiam dėsnui užrašoma taip:

$$f(x) = \left(\frac{m}{\theta}\right) \left(\frac{x}{\theta}\right)^{m-1} \exp\left(-\frac{x}{\theta}\right)^m, \quad (8.12)$$

čia m yra formos parametras; θ – mastelio parametras. Kai $x > 0$, tai $m > 0$ ir $\theta > 0$.

Kintant Veibulo skirstinio parametrams, jo tikimybės tankio funkcija įgauna įvairias formas: kai $m = 1$, ji pavirsta eksponentės funkcija; kai $m = 2$ – Reilėjaus pasiskirstymo dėsnio, o nuo $m = 3,3$ ir daugiau Veibulo pasiskirstymo tankio funkcijos forma artėja į simetrinę ir tampa panaši į normalinio pasiskirstymo tankio funkciją. [3].

Taikant šį skirstinį patikimumo parametrams apskaičiuoti, gedimų intensyvumas (gedimų greitis) turi tokią išraišką:

$$\lambda(t) = \frac{m}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{m-1}. \quad (8.13)$$

Gedimo tikimybė šiuo atveju

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right], \quad (8.14)$$

o patikimumas bus $P(t) = 1 - F(t)$, taigi

$$P(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^m\right]. \quad (8.15)$$

Vidutinis išdirbis iki gedimo (matematinė viltis):

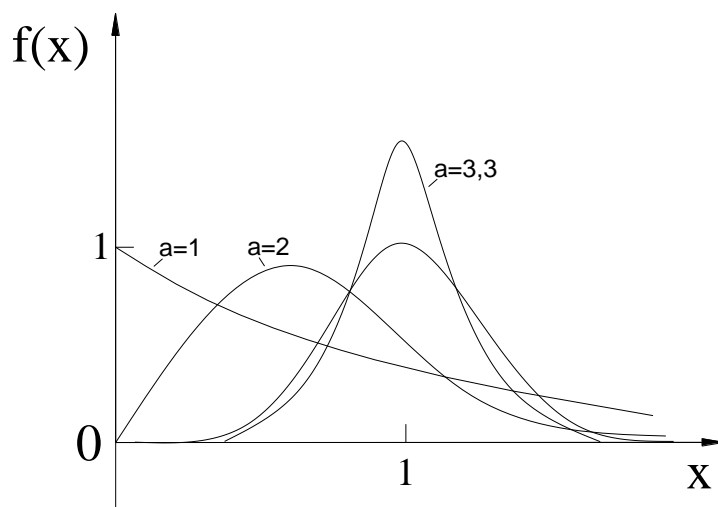
$$\mu = \theta \Gamma(1 + 1/m). \quad (8.16)$$

O gedimo laiko vidutinis kvadratinis nuokrypis:

$$\sigma^2 = \theta^2 \left[\Gamma(1 + 2/m) - \Gamma(1 + 1/m)^2 \right]. \quad (8.17)$$

Šiose išraiškose $\Gamma(x)$, $x = t/\theta$ yra gama funkcija ir jos reikšmės galima rasti lentelėse. [3].

Veibulo tikimybės tankio pasiskirstymo funkcija, esant įvairioms parametru vertėms, pavaizduota 8.3 paveiksle. [3].



8.3 pav. Veibulo skirstinio tankio funkcija, esant įvairioms parametro $\alpha(m)$ vertėms[3].

Veibulo skirstinys yra labai lankstus ir gali būti priderintas įvairiems gedimų tipams. Kai $m=1$, gauname eksponentinį pasiskirstymą, tinkantį pastoviam gedimų greičiui. Kai $m<1$, gedimų intensyvumas atitinka įdirbimo periodą, o kai $m>1$, gedimų greitis auga, t. y. skirstinys aprašo senėjimo (dilimo) efektą. Kai m gana didelis, pvz., $m = 4$, Veibulo skirstinio tikimybės tankio funkcija atitinka normalinį pasiskirstymo dėsnį. [3].

Dar yra trijų parametų Veibulo skirstinys: jeigu gedimai neprasideda nuo laiko $t=0$, bet tik kažkokiam baigtiniam laikui $t = t_0$, tada Veibulo skirstinio patikimumo formulė tampa tokia:

$$P(t) = \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\theta} \right)^m \right]. \quad (8.18)$$

Tai ir yra trijų parametų skirstinys. t_0 vadinamas laiku be gedimų, nustatymo parametru arba minimaliu tarnavimo laiku. [3].

Kitų parametų išraiškos būtų tokios:

$$\lambda(t) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow t < t_0 \\ \frac{m}{\theta} \left(\frac{t - t_0}{\theta} \right)^{m-1} \rightarrow t \geq t_0 \end{array} \right\}, \quad (8.19)$$

$$f(t) = \left\{ \begin{array}{l} 0 \rightarrow t < t_0 \\ \frac{m}{\theta} \left(\frac{t - t_0}{\theta} \right)^{m-1} \exp \left[- \left(\frac{t - t_0}{\theta} \right)^m \right] \rightarrow t \geq t_0 \end{array} \right\}, \quad (8.20)$$

$$F(t) = \begin{cases} 0 \rightarrow t < t_0 \\ 1 - \exp\left[-\left(\frac{t-t_0}{\theta}\right)^m\right] \rightarrow t \geq t_0 \end{cases}. \quad (8.21)$$

Gedimo laiko vidutinis kvadratinis nuokrypis σ^2 toks pat, kaip dviejų parametru skirstinio, o vidutinis išdirbis iki gedimo gaunamas prie dviejų parametru vidutinio išdirbio pridėjus t_0 . [3].

Ekspontinis gedimų pasiskirstymo dėsnis. Jis aprašo gedimų pasiskirstymą, kai gedimai atsitiktiniai. Staigus ir vidutinis gedimų skaičius lygiuose laiko perioduose panašus. Todėl šis pasiskirstymo dėsnis naudotinas, kada gedimų intensyvumas yra pastovus: $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$. [3].

Objekto patikimumas, išvestas remiantis pagrindine patikimumo formule, išreiškiamas eksponentine funkcija:

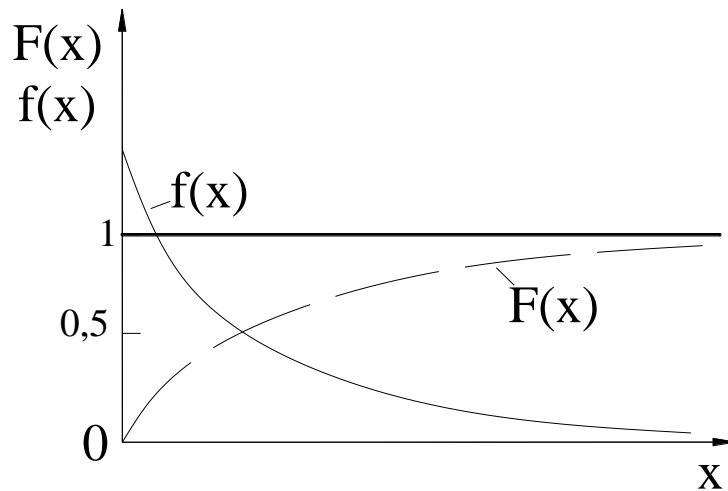
$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = e^{-\lambda t}. \quad (8.22)$$

Ši formulė tinka objektams, kurie praėjo įdirbimo etapą – jau nebeaptinkame įdirbimo gedimų, bet dar nepasireiškia su dilimu susiję gedimai. Objekto darbo periodą, kuriam galioja ši formulė, priimta vadinti normalaus darbo periodu. Objekto patikimumas šiuo atveju visiškai priklauso nuo parametro λ .

Gedimų dažnis (tikimybės tankio funkcija), esant eksponentiniam gedimų pasiskirstymo dėsniumi:

$$f(t) = \lambda(t) \cdot P(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (8.23)$$

Ekspontinio skirstinio funkcijos pateiktos 8.4 pav. [3].



8.4 pav. Eksponentinio skirstinio funkcijos[3].

Eksponentinis dėsnis dažniausiai naudojamas kaip skaičiavimo modelis staigiųjų ir netikėtų gedimų periodu. Taip pat jį galima taikyti ir sudėtingoms remontuojamoms sistemoms, esant nusistovėjusiai eksploatacijai, net jeigu tos sistemos detalė genda ir pagal kitą gedimų pasiskirstymo dėsnį, bet suminis gedimų intensyvumas nekinta. [3].

Kartais objekto gedimų intensyvumas įvairiais darbo periodais yra skirtingas. Pvz., tegul objektas funkcionuoja t' laiką, esant tam tikroms aplinkos sąlygoms, ir šiuo metu jo gedimų intensyvumas λ' , o vėliau dirba kitomis sąlygomis laiką t'' su gedimų intensyvumu λ'' . Tada objekto patikimumas per laiką $t = t' + t''$ gali būti išreikštas formule:

$$P(t) = e^{-\lambda't'} \cdot e^{-\lambda''t''} = e^{-(\lambda't' + \lambda''t'')}. \quad (8.24)$$

Kartais eksponentinis dėsnis taikomas apibūdinti gedimams, kurių faktinis gedimų pasiskirstymo dėsnis nežinomas (dėl eksponentinio dėsnio paprastumo). Tačiau taip galima pasielgti tik nagrinėjant gedimus, vykstančius per nedidelę darbo laiko atkarpą. [3].

Taikant eksponentinį pasiskirstymo dėsnį, galima įvertinti tiek patikimumą, tiek ir gedimo tikimybę. [3].

Dažnai nagrinėjant objekto, kurio gedimų intensyvumas λ , darbą, mums reikia įvertinti tikimybę, kad per kažkurį laiką įvyks n gedimų. Tokiais atvejais geriausia naudoti Puasono skirstinį. [3].

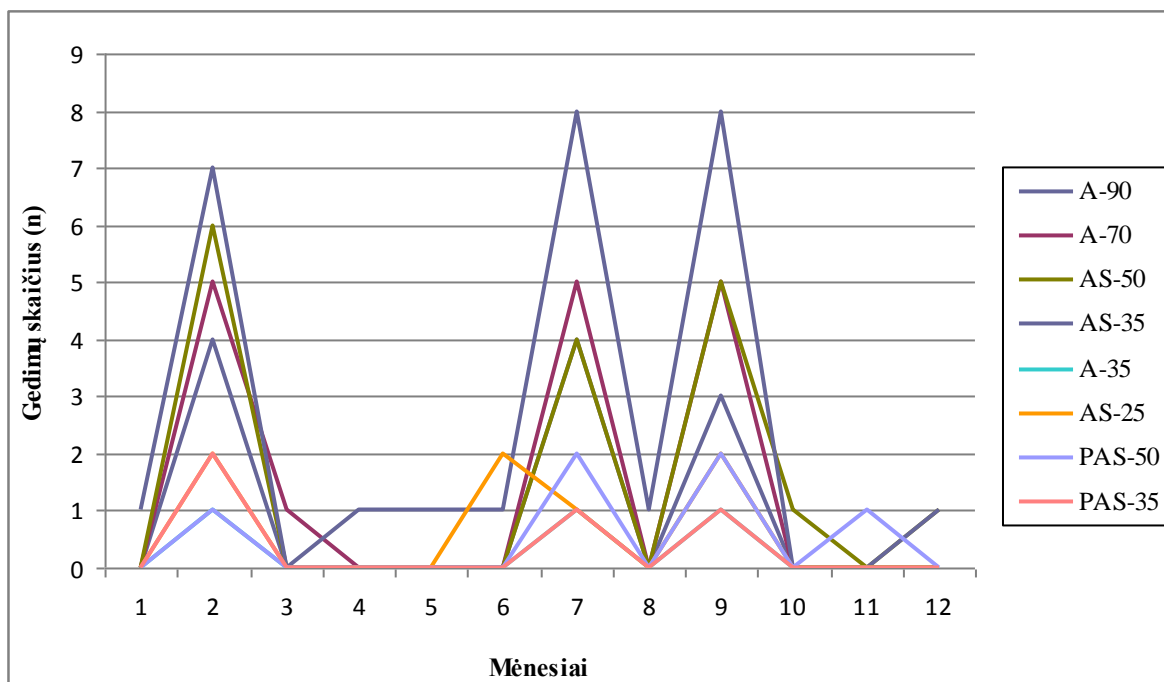
Tikimybė, kad per laiką t įvyks tam tikras skaičius gedimų, pvz., i , gali būti apskaičiuota naudojantis formule:

$$Q_i = \frac{\lambda^i t^i}{i!} \cdot e^{-\lambda t}, \quad (i=0, 1, 2, \dots). \quad (8.25)$$

Taigi tikimybė, kad per laiką t įvyks tiksliai vienas gedimas, bus lygi $Q_1 = \lambda \cdot t \cdot e^{-\lambda t}$. Kad per laiką t įvyks du gedimai, bus lygi $Q_2 = (\lambda^2 t^2 e^{-\lambda t}) / 2$ ir t. t. [3].

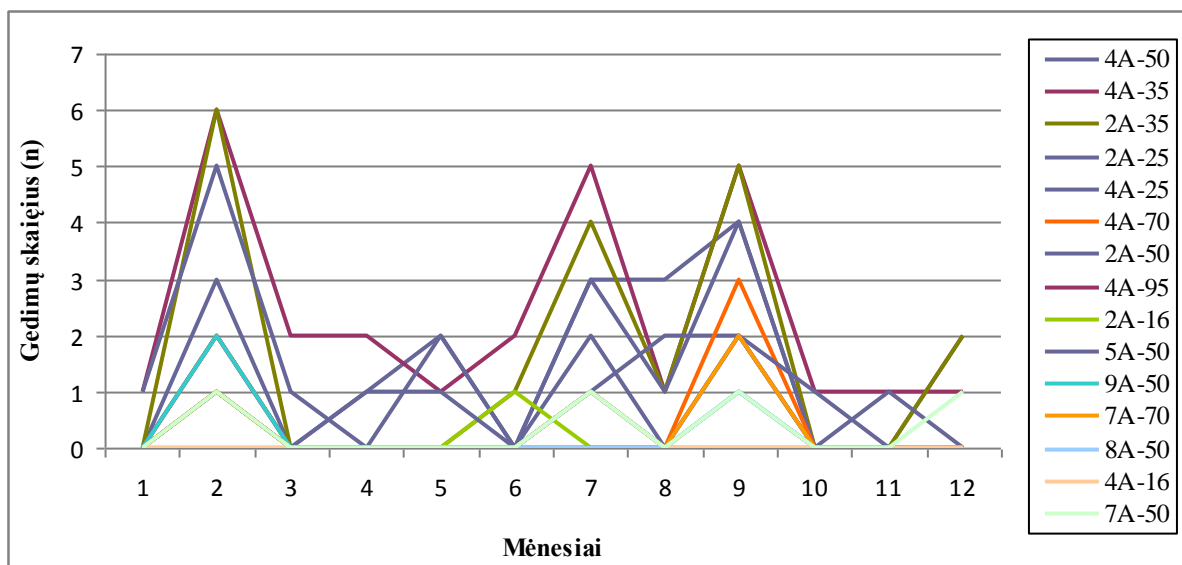
9. GALIMŲ AVARIJŲ ORO LINIJŲ TINKLE DAŽNUMO IR PASEKMIŲ ANALIZĖ

Išanalizavus gedimų pasiskirstymą per metus pastebimas gedimų Akmenės transformatorių pastotės 10 kV oro linijų tinkle padidėjimas vasario, liepos, rugsejo mėnesiais. Akmenės transformatorių pastotės gedimų 10 kV oro linijose pasiskirstymas per 2012 metus pateiktas 9.1 pav. Tai įvyksta dėl stichinių nelaimių bei savaeigiems mechanizms kliudant atramas. Atliekant darbus oro linijų apsaugos zonoje, genint ar pjaunas medžius miško masyvose.



9.1 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų oro linijose pasiskirstymas 10 kV tinkle

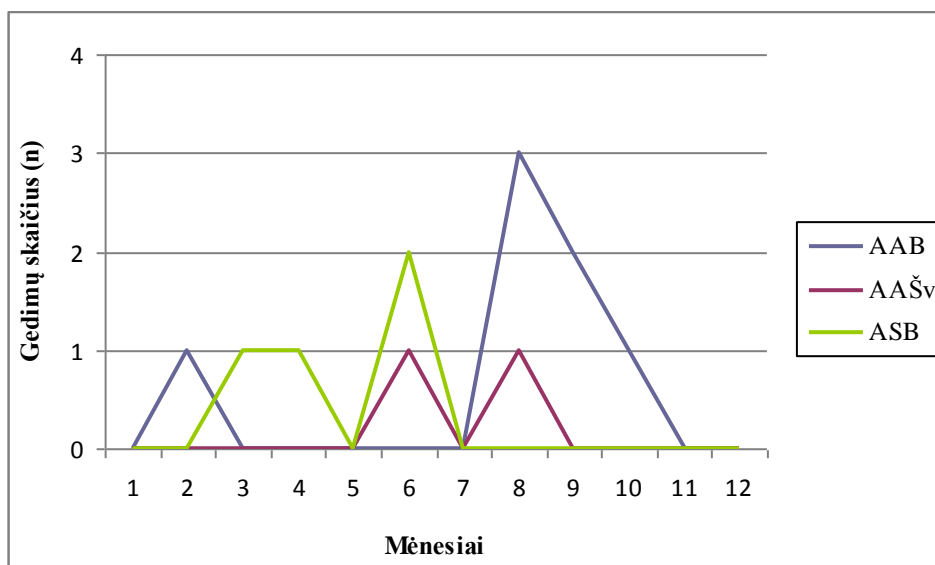
Išanalizavus gedimų pasiskirstymą per metus pastebimas gedimų Akmenės transformatorių pastotės 0,4 kV oro linijų tinkle padidėjimas vasario, liepos, rugsejo mėnesiais. Akmenės transformatorių pastotės gedimų 0,4 kV oro linijose pasiskirstymas per 2012 metus pateiktas 9.2 pav. Tai įvyksta dėl stichinių nelaimių bei automobiliams ar sunkvežimiams kliudant atramų konstrukcijas.



9.2 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų oro linijose pasiskirstymas 0,4 kV tinkle

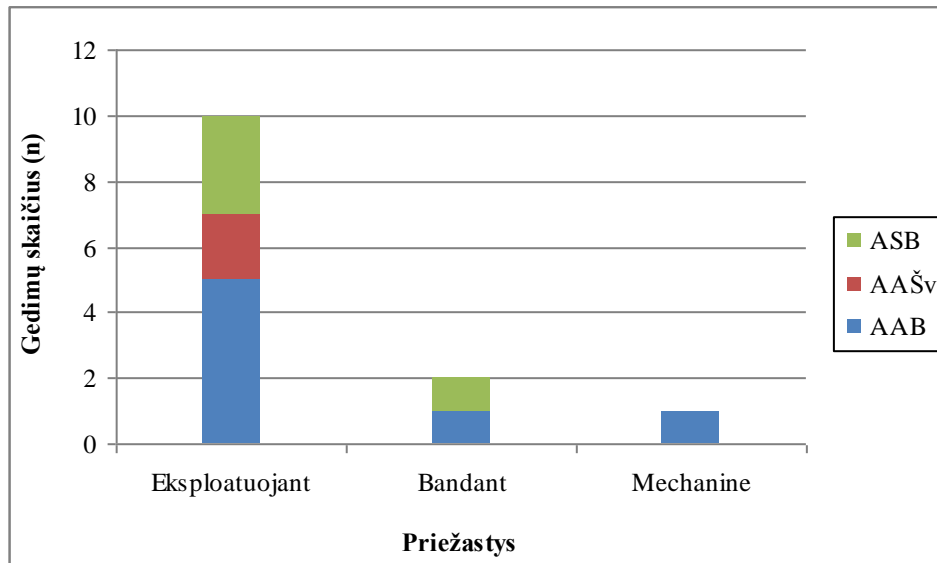
10. GALIMŲ AVARIJŲ KABELIŲ TINKLE DAŽNUMO IR PASEKMIŲ ANALIZĖ

Išanalizavus gedimų pasiskirstymą per metus pastebimas gedimų Akmenės transformatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle padidėjimas birželio, rugpjūčio mėnesiais. Akmenės transformatorių pastotės gedimų 10 kV elektros kabeliuose pasiskirstymas per 2012 metus pateiktas 10.1 pav.



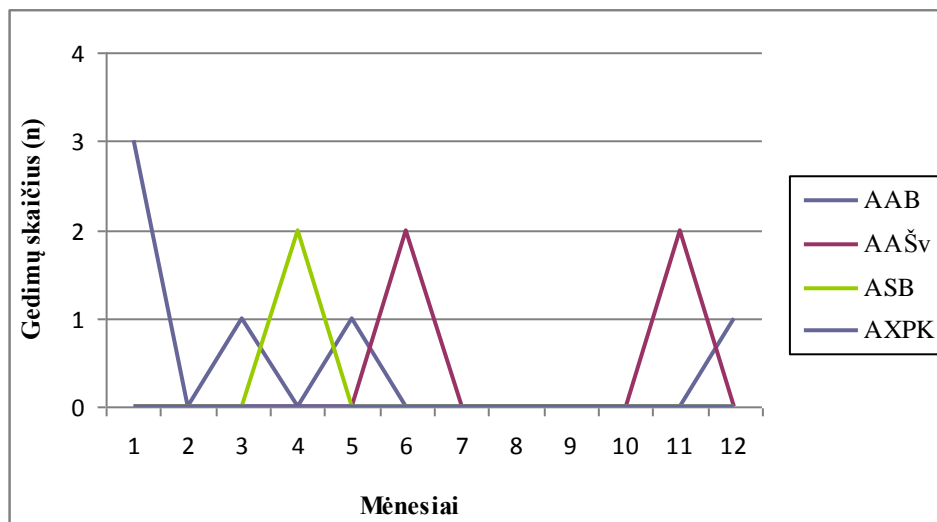
10.1 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų kabeliuose pasiskirstymas 10 kV tinkle

Išanalizavus kabelių gedimų pasiskirstymą pagal priežastis, per metus matome kad daugiausia gedimų Akmenės transformatorių pastotės 10 kV kabelių tinkle buna eksploatuojant kabelių tinklą. Akmenės transformatorių pastotės gedimų pasiskirstymas pagal priežastis 10 kV elektros kabelių tinkle per 2012 metus pateiktas 10.2 pav.



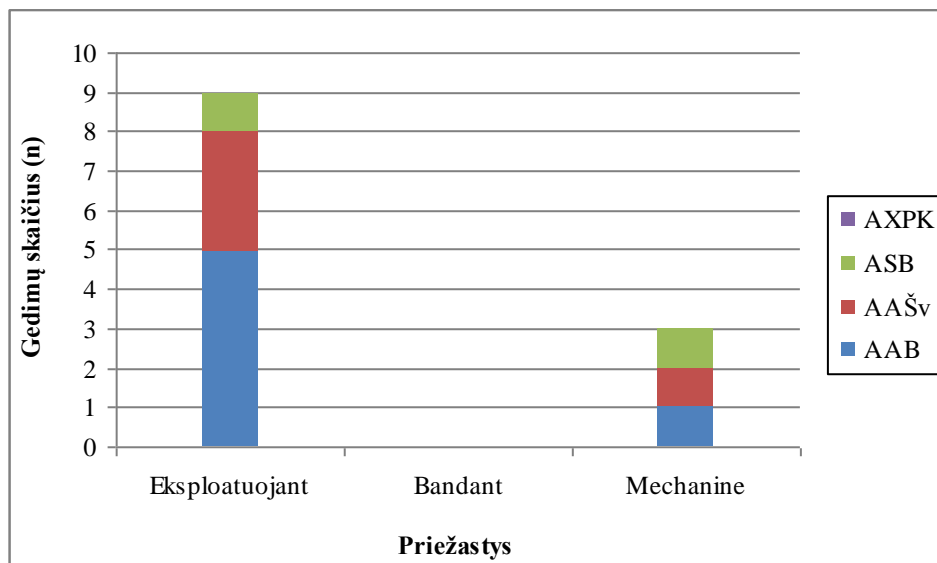
10.2 pav. Gedimų skaičius 10 kV elektros kabeliuose pagal priežastis

Išanalizavus gedimų pasiskirstymą per metus pastebimas gedimų Akmenės transformatorių pastotės 0,4kV kabelių tinkle padidėjimas sausio, balandžio, birželio, rugpjūčio mėnesiais. Akmenės transformatorių pastotės gedimų 0,4 kV elektros kabeliuose pasiskirstymas per 2012 metus pateiktas 10.3 pav.



10.3 pav. Akmenės transformatorių pastotės gedimų kabeliuose pasiskirstymas 0,4 kV tinkle

Išanalizavus kabelių gedimų pasiskirstymą pagal priežastis, per metus matome kad daugiausia gedimų Akmenės transformatorių pastotės 0,4 kV kabelių tinkle buna eksploatuojant kabelių tinklą. Akmenės transformatorių pastotės gedimų pasiskirstymas pagal priežastis 0,4 kV elektros kabelių tinkle per 2012 metus pateiktas 10.4 pav.



10.4 pav. Gedimų skaičius 0,4 kV elektros kabeliuose pagal priežastis

10.1 Galimų gedimų priežasčių nustatymas

Vartotojų neplanuoti nutraukimai Lietuvos skirstomuosiuose tinkluose, o taip pat Akmenės transformatorių pastotės yra registruojami pagal operatyvines schemas ir vartotojų, dispečerių pranešimus telefonu. Tai nėra šiuolaikinis techninis lygis, kai techninės priemonės automatiškai registruoja ir tinklo operatoriui perduoda nutraukimų pas vartotojus skaičių ir trukmę. Tačiau negalima teigti, kad Lietuva šiuo atžvilgiu yra atsiliekanti šalis, nes tokių priemonių dar nėra įdiegusios dauguma šalių. Pirmaujanti šalis – Prancūzija – yra įdiegusi tokias priemones visuose įtampos laiptuose pas visus vartotojus.

Gedimų priežastims ir elektros tiekimo nutraukimo trukmei nustatyti rekomenduotina įdiegti:

- 1) nutraukimų skaičiaus ir trukmės automatinio registravimo įrangą pas I ir II kategorijų vartotojus. Ši įranga turėtų registruoti ir trumpus nutraukimus;
- 2) Šių registravimo duomenų automatinio perdavimo į operatoriaus atitinkamą centrą įrangą.

Elektros tinkle dėl įvairių komutacijų ar išorinio poveikio įtampa pereinamojo proceso metu gali padidėti virš didžiausios leistinosios darbinės įtampos. Toks įtampos padidėjimas (viršįtampiai) yra pavojingas įrenginių izoliacijos patikimam darbui. Viršįtampių poveikyje sparčiau senėja izoliacija ar net pramušama. Viršįtampių pereinamieji procesai elektros tiekimo sistemose gali atsirasti dėl daugelio atsitiktinių faktorių. Viršįtampių pasiskirstymas elektros

tinkle gali būti nustatomas registruojant viršįtampių parametrus kontroleriais registratoriais. Viršįtampių registratorius skirtas registruoti įtampos padidėjimo elektros tinkle amplitudes, jų trukmę bei atsiradimo laiką ar įtampos dingimo laiką. Registratorius gali būti jungiamas prie įtampos transformatoriaus antrinės apvijos arba specialių talpos daliklių. Registratorius fiksuoja maksimaliųjų viršįtampių amplitudę, jų trukmę bei laiką ir viršįtampių trukmės histogramą. Viršįtampiai gali būti registruojami 6,3 – 35 kV elektros tinkle.

Viršįtampių registratoriai kuriami pereinamųjų procesų registracijai, kad būtų galima įvertinti viršįtampių pobūdį, lygį, veikimo trukmę.

Elektromagnetinių procesų registravimo uždavinius įkūnija 10-110 kV pastočių, transformatorinių bei vartotojų kompiuterinių įrenginių struktūros. Pasaulinėje praktikoje yra kuriamos, naudojamos ir tobulinamos įvairios automatinės kompiuterinės sistemos dispečerizavimui, valdymui, kontrolei bei ekspertinei diagnostikai. Tai visų pirma duomenų surinkimo ir valdymo kontrolės SCADA (supervisory control and data acquisition) sistemos.

11. TINKLO PATIKIMUMO SKAIČIAVIMO TYRIMAS

Elektros energetikos sistemos struktūrinės schemos

Sudaromos normaliam ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimams pasirinktu masteliu, įvertinant šaltinių vartotojų koordinates, vartotojų patikimumo kategoriją, atstumą tarp schemos mazgų.

Elektros energetikos sistemos elementų patikimumo rodikliai

Elektros linijų gedimų intensyvumai apskaičiuojami įvertinant linijų ilgį.

Elektros energetiko sistemos elektrinių sujungimo schemos

Schemose parodoma transformatorių, generatorių, jungtuvų, skyriklių ir kitų elementų įrengimo vieta. Šaltinį sudaro du vienodi blokai generatorius- transformatorius, prijungti prie atskirų šynų.

Loginės patikimumo schemos

Sudaromos grafiškai arba iš karto užrašomos analitiškai elektros energetikos sistemai dirbant normaliu ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimu. Būtina įvertinti trumpalaikius ir ilgalaikius išjungimus, pirminę avarijų plėtotę dėl klaidingo apsaugų arba automatikos darbo.

Elektros vartotojų patikimumo rodikliai

Nustatomas elektros tiekimo nutraukimo kiekvienam vartotojui f_{vi} , vidutinė trukmė T_{avi} , ir tikimybė Q_{vi} , nepateiktos energijos kiekis W_i .

Elektros energetikos sistemos patikimumo rodikliai

Nustatomas visiems vartotojams nepateiktos energijos kiekis W_s , rodikliai SAIDI, SAIFI. Šie rodikliai palyginami sistemai dirbant normaliuoju ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimu.

Galios deficito tikimybė

Elektros energetikos sistemos penkių apkrovų ir dviejų šaltinių koordinatės; elektros linijų, transformatorių, šaltinių (generatorių), relinės apsaugos ir automatikos įtaisų patikimumo charakteristikos, vartotojų ir šaltinių galingumai.

Elektros tiekimo nutraukimo vartotojams dažnį f_{vi} , vidutinę trukmę T_{avi} ; tikimybę Q_{vi} ; elektros energetikos sistemos bendrą vartotojams nepateiktos elektros energijos kiekį W_s , patikimumo rodiklius SAIFI, SAIDI, galios deficito tikimybę P_d .

Elektros tinklų, transformatorių, šaltinių (generatorių), relinės apsaugos ir automatikos įtaisų patikimumo charakteristikos pateiktos 11.1 lentelėje.

Elementas	$\lambda, 1/m$	T_a, h	$T_{pl}, h/m$	T_{veik}, s
EL	1,2 (100 km)	15	36	-
TR	0,04	150	60	-
G	0,8	80	250	-
RA	0,13	0,6	-	-
ARJ	0,35	0,6	-	1,5
RRJ	0,8	0,9	-	900
Q	0,35	40	18	-

11.1 lentelė. Elementų patikimumo charakteristikos

Apkrovų ir šaltinių charakteristikos pateiktos 11.2 lentelėje :

Apkrova, šaltinis	P, MW	U, kV	T_{max}, h
A1	100	35	4000
A2	80	10	5000
A3	150	6	2000
A4	130	10	5100
A5	110	20	7000
G1	684	15	-
G2	627	20	-

11.2 lentelė. Apkrovų ir šaltinių charakteristikos

Koordinates	G1	G2	A1	A2	A3	A4	A5
X	50	80	60	60	10	20	90
Y	40	60	40	70	10	20	50

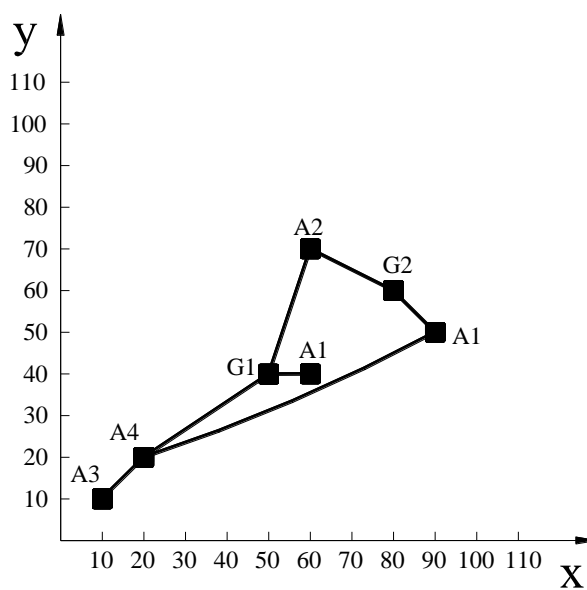
11.3 lentelė. Apkrovų ir šaltinių koordinatės

1 kategorija	2 kategorija	3 kategorija
2	4,5	3,1

11.4 lentelė. Vartotojų kategorijos

11.1 Elektros energetikos sistemos struktūrinė schema

Pagal pateiktus duomenis sudaryta elektros sistemos struktūrinė schema 11.1 paveikslas. Planiniam remontui išjungiamas generavimo šaltinis G2.



11.1 pav. Struktūrinė schema

11.2 Elektros tinklų elementų patikimumo rodikliai

Linijos ilgis:

$$L_i = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}; \quad (11.1)$$

Linijos gedimų intensyvumai apskaičiuojami pagal formulę:

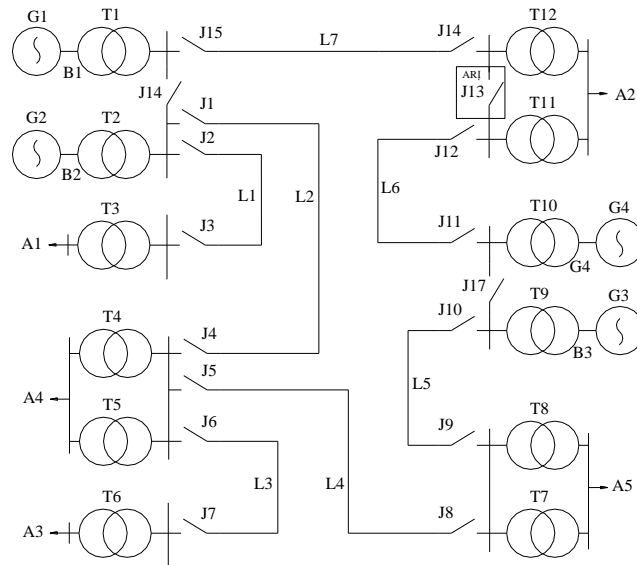
$$\lambda_i = \lambda_0 \cdot \frac{L_i}{100}; \quad (11.2)$$

Linijų ilgiai ir gedimų intensyvumai pateikti 11.5 lentelėje. Tiek normalaus režimo, tiek G2 planinio remonto metu linijų ilgiai.

Linija	Normalus režimas		Planinis remontas	
	L, km	λ_i , 1/m	L, km	λ_i , 1/m
-	L, km	λ_i , 1/m	L, km	λ_i , 1/m
L1	10	0,12	10	0,12
L2	36,06	0,43	36,06	0,43
L3	14,14	0,17	14,14	0,17
L4	76,16	0,91	76,16	0,91
L5	14,14	0,17	36,5	0,438
L6	22,36	0,27		
L7	31,62	0,38	31,62	0,38

11.5 lentelė. Linijų ilgiai ir gedimų intensyvumai

11.3 Elektros energetikos sistemos elektrinių sujungimų schema



11.2 pav. Elektrinių sujungimų schema

Sistemai dirbant normaliu režimu, A2 (I kategorijos) vartotojas ir iš pirmo ir iš antro generavimo šaltinių maitinamas dviem elektros perdavimo linijomis L7 ir L6 (2 paveikslas). Antrosios kategorijos vartotojai A4 ir A5 maitinami elektros perdavimo linijomis L2 ir L4 bei L4, L2 ir L5. Sistemai dirbant planinio G2 remonto metu jungtuvas J17 įjungiamas ir elektros energija tiekama visiems vartotojams iš pirmo generavimo šaltinio G1.

11.4 Loginės patikimumo schemas

Logines patikimumo schemas surandamos, atsižvelgiant į ilgalaikius ir trumpalaikius avarinius atjungimus normalaus režimo metu, atjungimus dėl planinio remonto maitinimo šaltinio G2 ir pirminę avarijos plėtotę dėl klaidingo apsaugų arba automatikos darbo.

Skaičiavimuose naudojamų indeksų žymėjimai:

- N,i – ilgalaikis atjungimas normalaus darbo režimo metu;
- N,t – trumpalaikis atjungimas normalaus darbo režimo metu;
- pl,i – ilgalaikis atjungimas planinio remonto metu;
- pl,t – trumpalaikis atjungimas planinio remonto metu;
- av – avarijos plėtotė;

A1 neteks maitinimo kai:

Ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A1ni} = (L'1 \cup T3);$$

Trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A1nt} = J16 \cup J1;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A1nav} = (B1 \cap RA16) \cup (B2 \cap RA16);$$

Planinis ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A1pi} = (L'1 \cup T3) \cup (B1 \cap B2);$$

Planinis trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A1pt} = J15;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A1pav} = (L'2 \cap RA1) \cup (L'7 \cap RA15).$$

A2 neteks maitinimo kai:

Ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A2Ni} = (L'7 \cap L'6) \cup (T11 \cap T12);$$

Trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A2Nt} = J13;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A2nav} = (T12 \cap RA13) \cup (T11 \cap RA13);$$

Planinis ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A2pi} = (L'7 \cap (L'6 \cup L'5 \cup L'4 \cup L'2)) \cup (T12 \cap T11) \cup 1E1;$$

Planinis trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A2pt} = J16;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A2pav} = (T11 \cup T12) \cap RA13 \cup (L'7 \cap RA14) \cup (L'7 \cap RA15) \cup ((B2 \cup B1) \cap RA16).$$

A3 neteks maitinimo kai:

Ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A3Ni} = (L'3 \cup T6) \cup (L'2 \cap (L'4 \cup L'5));$$

Trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A3Nt} = J4 \cup J5 \cup T4 \cup T5;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A3nav} = (L'4 \cap RA5) \cup (L'2 \cap RA4);$$

Planinis ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A3pi} = T6 \cup L'3 \cup (L'2 \cap (L'4 \cup L'6 \cup L'7)) \cup (B1 \cap B2) \cup J16;$$

Planinis trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A3pt} = T5 \cup T4 \cup J4 \cup J5 \cup J16;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A3av} = ((B1 \cup B2) \cap RA16) \cup (L'2 \cap RA4) \cup (L'4 \cap RA5).$$

A4 neteks maitinimo kai:

Ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A4Ni} = (T4 \cup T5) \cup (L'2 \cap (L'4 \cup L'5));$$

Trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A4Nt} = (J4 \cup J5 \cup T4 \cup T5) \cup J6;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A4av} = (L'4 \cap RA5) \cup (L'2 \cap RA4);$$

Planinis ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A4pi} = L'2 \cap (L'4 \cup L'5 \cup L'6 \cup L'7) \cup J16 \cup (T5 \cap T4) \cup 1E1;$$

Planinis trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A4pt} = T4 \cup J4 \cup T5 \cup J5 \cup J6 \cup J16;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A4av} = (L'2 \cap RA4) \cup (L'4 \cap RA5) \cup (L'3 \cap RA6) \cup (RA16 \cap (B2 \cup B1)).$$

A5 neteks maitinimo kai:

Ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A5Ni} = (T8 \cap T7) \cup (L'5 \cap (L'4 \cup L'2));$$

Trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A5Ni} = T8 \cup J9 \cup T7 \cup J8;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A5av} = (L'5 \cap RA9) \cup (L'4 \cap RA8);$$

Planinis ilgalaikis atjungimas:

$$S_{A5pi} = ((L'2 \cup L'4) \cap (L'5 \cup L'6 \cup L'7)) \cup (B1 \cap B2) \cup J16;$$

Planinis trumpalaikis atjungimas:

$$S_{A5pt} = J9 \cup T8 \cup J8 \cup T7;$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$S_{A5av} = (L'5 \cap RA9) \cup (L'4 \cap RA8) \cup (T2 \cap RA16) \cap (T1 \cap RA16);$$

11.5 Elektros vartotojų patikimumo rodikliai

Skaičiuodami skirtingų schemų elektros tinklų patikimumą, atsižvelgsime į ilgalaikius avarinius atjungimus, bei į ilgalaikius avarinius atjungimus planinio remonto metu. Nevertinsime avarijos išplitimo galimybės, nesuveikus vienam ar kitam relinės apsaugos elementui.

Elementų gedimų dažnis (f) ir atstatymo laikas (T_a) apskaičiuojami:

a) nuosekliai sujungtų elementų:

$$f_{gs} = \sum \lambda_i; \quad T_{as} = \frac{\sum \lambda_i \cdot T_{ai}}{\sum \lambda_i}; \quad (11.3)$$

b) lygiagrečiai sujungtų elementų:

$$f_{gs} = \frac{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot (T_{a1} + T_{a2})}{8760}; \quad (11.4)$$

$$T_{as} = \frac{T_{a1} \cdot T_{a2}}{(T_{a1} + T_{a2})}; \quad (11.5)$$

$$Q_s = \frac{f_{gs} \cdot T_{as}}{8760}. \quad (11.6)$$

Suminė gedimų tikimybė apskaičiuojama taip:

$$Q_N = Q_{Ni} + Q_{Nt} + Q_{Nap} - (Q_{Ni} \cdot Q_{Nt} \cdot Q_{Nap}); \quad (11.7)$$

$$Q_{pl} = Q_{pli} + Q_{plt} + Q_{plap} - (Q_{pli} \cdot Q_{plt} \cdot Q_{plap}); \quad (11.8)$$

$$q_{pl} = \frac{t_{pl}}{8760}, \quad q_N = 1 - q_{pl}; \quad (11.9)$$

$$Q\Sigma = Q_N \cdot q_N + Q_{pl} \cdot q_{pl}; \quad (11.10)$$

Vartotojams nepateiktos elektros energijos kiekis:

$$\Delta W = P_A \cdot Q\Sigma \cdot T_{\max}; \quad (11.11)$$

Pirmiausia apskaičiuosime atskirų dalių gedimo dažnį ir atkūrimo laiką. Naudodamiesi šiais rezultatais, rasime kiekvieno vartotojo suminę gedimo tikimybę ir vartotojams nepateiktos elektros energijos kiekį.

Generatoriaus ir transformatoriaus:

$$f_{G1} = \lambda_{G1} + \lambda_{T1} = 0,8 + 0,04 = 0,84 \text{ 1/m}; \quad (11.12)$$

$$T_{aG1} = \frac{(\lambda_{G1} \cdot T_{aG1} + \lambda_{T1} \cdot T_{aT1})}{f_{G1}} = \frac{(0,8 \cdot 80 + 0,04 \cdot 150)}{0,84} = 83,3 \text{ h}; \quad (11.13)$$

Elektrinė (B1-B2):

$$f_E = \frac{2 \cdot \lambda_B^2 \cdot T_{avidB}}{8760} = \frac{2 \cdot 0,84^2 \cdot 83,3}{8760} = 0,013 \text{ 1/m}; \quad (11.14)$$

$$T_{avidE} = \frac{T_{avidB}}{2} = \frac{83,3}{2} = 41,65 \text{ h}; \quad (11.15)$$

Vienas transformatorius:

$$f_T = \lambda_T = 0,04 \text{ 1/m}, \quad T_{avidT} = 150 \text{ h}; \quad (11.16)$$

Du lygiagrečiai sujungti transformatoriai:

$$f_{TT} = \frac{2 \cdot \lambda_T^2 \cdot T_{avidT}}{8760} = \frac{2 \cdot 0,04^2 \cdot 150}{8760} = 0,000055 \text{ 1/m};$$

$$T_{aTT} = \frac{T_{avidT}}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ h};$$

Linija (jungtuvas – linija – jungtuvas):

$$f_{Li} = \lambda_{Li} + 2\lambda_Q = \lambda_{Li} + 0,7$$

$$T_{aLi} = \frac{\lambda_{Li} \cdot T_{avidL} + 2\lambda_Q \cdot T_{avidQ}}{f_{Li}} = \frac{\lambda_{Li} \cdot 15 + 28}{f_{Li}}$$

11.6 lentelē. Liniju normalus režimas

Linija	Normalus režimas	
	f_{Li} , 1/m	T_{aLi} , h
1	0,82	36,34
2	1,13	30,45
3	0,87	35,12
4	1,61	25,84
5	0,87	35,12
6	0,97	33,07
7	1,08	31,21

A1 Ilgalaikis atjungimas (normalus režimas):

$$f_{A1} = f_{L1} + f_{T3} = 0,82 + 0,04 = 0,86 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidLIT3} = \frac{f_{L1} \cdot T_{avidL1} + f_{T3} \cdot T_{avidT3}}{f_{A1}} = \frac{0,82 \cdot 36,34 + 0,04 \cdot 150}{0,86} = 41,63 \text{ h};$$

$$Q_{NA1} = \frac{f_{A1} \cdot T_{avidA}}{8760} = \frac{0,86 \cdot 41,63}{8760} = 0,00409.$$

Trumpalaikis atjungimas (normalus režimas):

$$f_{J16J1} = f_{J16} + f_{J1} = 2 \cdot 0,35 = 0,7 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidJ16J1} = \frac{f_{J16} \cdot T_{avidJ16} + f_{J1} \cdot T_{avidJ1}}{f_{J16J1}} = \frac{0,35 \cdot 0,25 + 0,35 \cdot 0,25}{0,7} = 0,25 \text{ h};$$

$$Q_{TA1} = \frac{f_{BJ16J1} \cdot T_{avidBJ16J1}}{8760} = \frac{0,7 \cdot 0,25}{8760} = 0,00001998.$$

Pirminė avarijos plėtotė (Nr):

$$f_{RA16B1} = \frac{\lambda_{RA16} \cdot \lambda_{B1} \cdot (T_{avidRA16} + T_{avidB1})}{8760} = \frac{0,13 \cdot 0,84 \cdot (0,6 + 83,335)}{8760} = 0,001046 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidRA16B1} = \frac{T_{avidB1} \cdot T_{avidRA16}}{T_{avidB1} + T_{avidRA16}} = \frac{0,6 \cdot 83,33}{0,6 + 83,33} = 0,596 \text{ h};$$

$$f_{RA16B2} = \frac{\lambda_{RA16} \cdot \lambda_{B2} \cdot (T_{avidRA16} + T_{avidB2})}{8760} = \frac{0,13 \cdot 0,84 \cdot (0,6 + 83,33)}{8760} = 0,001046 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidRA16B2} = \frac{T_{avidB1} \cdot T_{avidRA16}}{T_{avidB1} + T_{avidRA16}} = \frac{0,6 \cdot 83,33}{0,6 + 83,33} = 0,596 \text{ h};$$

$$f_{avA1} = f_{RA16B1} + f_{RA16B2} = 0,001046 + 0,001046 = 0,002092 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidavA1} = \frac{0,001046 \cdot 0,596 + 0,001046 \cdot 0,596}{0,002092} = 0,596 \text{ h};$$

$$Q_{avA1} = \frac{f_{avA1} \cdot T_{avidavA1}}{8760} = \frac{0,002092 \cdot 0,596}{8760} = 0,000000142.$$

Planinis ilgalaikis atjungimas:

$$f_{LIT3} = f_{L1} + f_{T3} = 0,82 + 0,04 = 0,86 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidLIT3} = \frac{f_{L1} \cdot T_{avidL1} + f_{T3} \cdot T_{avidT3}}{f_{LIT3}} = \frac{0,82 \cdot 36,34 + 0,04 \cdot 150}{0,86} = 41,63 \text{ h};$$

$$f_{B1B2} = \frac{f_{B1} \cdot f_{B2} \cdot (T_{aB1} + T_{aB2})}{8760} = \frac{0,84^2 \cdot 2 \cdot 83,33}{8760} = 0,013 \text{ 1/m};$$

$$T_{aB12} = \frac{T_{aB1} \cdot T_{aB2}}{T_{aB1} + T_{aB2}} = \frac{83,33^2}{2 \cdot 83,33} = 41,67 \text{ h};$$

$$f_{LIT3B1B2} = f_{LIT3} + f_{B1B2} = 0.86 + 0.013 = 0.873 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidAI} = \frac{f_{LIT3} \cdot T_{avidTLIT3} + f_{B1B2} \cdot T_{avidB1B2}}{f_{pAI}} = \frac{0.86 \cdot 41.63 + 0.013 \cdot 41.67}{0.873} = 41.63 \text{ h};$$

$$Q_{PNA1} = \frac{f_{pAI} \cdot T_{avidAI}}{8760} = \frac{0.873 \cdot 41.63}{8760} = 0.004149 \text{ .}$$

Planinis trumpalaikis atjungimas:

$$f_{J15} = 0.35 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidJ15} = 0.25 \text{ h};$$

$$Q_{TA1p} = \frac{f_{J15} \cdot T_{avidJ15}}{8760} = \frac{0.35 \cdot 0.25}{8760} = 0.000009998.$$

Pirminė avarijos plėtotė:

$$f_{RA1L2} = \frac{\lambda_{RA1} \cdot \lambda_{L2} \cdot (T_{avidL2} + T_{avidRA1})}{8760} = \frac{0.13 \cdot 0.43 \cdot (0.6 + 30.45)}{8760} = 0.0001981 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidR11T11} = \frac{T_{avidT11} \cdot T_{avidR11}}{T_{avidT11} + T_{avidR11}} = \frac{0.6 \cdot 30.45}{0.6 + 30.45} = 0.588 \text{ h};$$

$$f_{RA15L7} = \frac{\lambda_{RA15} \cdot \lambda_{L7} \cdot (T_{avidL7} + T_{avidRA15})}{8760} = \frac{0.13 \cdot 0.38 \cdot (0.6 + 31.21)}{8760} = 0.000179 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidRA15L7} = \frac{T_{avidL7} \cdot T_{avidRA15}}{T_{avidL7} + T_{avidRA15}} = \frac{0.6 \cdot 31.21}{0.6 + 31.21} = 0.588 \text{ h};$$

$$f_{avAI} = f_{R11T11} + f_{R12T12} = 0.000198 + 0.000179 = 0.000377 \text{ 1/m};$$

$$T_{avidavAI} = \frac{0.000198 \cdot 0.588 + 0.000179 \cdot 0.588}{0.000377} = 0.588 \text{ h};$$

$$Q_{avAl} = \frac{f_{avAl} \cdot T_{avidavAl}}{8760} = \frac{0,000377 \cdot 0,588}{8760} = 0,000000025$$

Suminė gedimų tikimybė:

$$Q_{NA1\Sigma} = Q_{NA1} + Q_{TA1} + Q_{avAl} - Q_{NA1} \cdot Q_{TA1} \cdot Q_{avAl} = 0,00409 + 0,000001998 + 0,000000142 - 0,00409 \cdot 0,00001998 \cdot 0,000000142 = 0,00411$$

$$Q_{PA1\Sigma} = Q_{PA1} + Q_{PTA1} + Q_{avpAl} - Q_{PA1} \cdot Q_{PTA1} \cdot Q_{avpA2} = 0,004149 + 0,00001998 + 0,000000025 - 0,004149 \cdot 0,00001998 \cdot 0,000000025 = 0,00416$$

$$q_{pl} = \frac{t_{pl}}{8760} = \frac{250}{8760} = 0,0285;$$

$$q_N = 1 - q_{pl} = 1 - 0,0285 = 0,972;$$

$$Q_{A1} = q_N \cdot Q_{A1N} + q_{pl} \cdot Q_{A1pl} = 0,972 \cdot 0,00411 + 0,0285 \cdot 0,00416 = 0,00411$$

Analogiškai apskaičiuojamos ir kitų keturių vartotojų patikimumo charakteristikos bei suminis vartotojams nepateiktos elektros energijos kiekis. Skaičiavimo rezultatai pateikti 11.7 lentelėje.

Vart.	QNi	QNt	QNap	QN	Qpli	Qplt	Qpl,ap	Qpl	Q
A1	0.00409	0.0000200	0.000000142	0.00411	0.00415	0.0000100	0.000000025	0.00416	0.00411
A2	0.00001	0.0000100	0.000000012	0.00002	0.00012	0.0000100	0.000000223	0.00013	0.00003
A3	0.00421	0.0045662	0.000000059	0.00877	0.00588	0.0061644	0.000000220	0.01205	0.00887
A4	0.00003	0.0061644	0.000000059	0.00620	0.00166	0.0000161	0.000000087	0.00168	0.00607
A5	0.00012	0.0045662	0.000000073	0.00469	0.00175	0.0045662	0.000000073	0.00632	0.00474

11.7 lentelė. Energijos nutraukimo tikimybės

Vart.	ΔWN	ΔWpl	ΔW
A1	1643	1659	4
A2	10	49	4
A3	2631	1764	1849
A4	4109	1101	11
A5	3612	1351	3516
$\Delta W\Sigma=23314$ MWh			

11.8 lentelė. Nepatiktos energijos kiekiai

11.6 Elektros energetikos sistemos patikimumo rodikliai

Papildomi rodikliai padeda nustatyti avarijos „didumą“. Apskaičiuojame elektros sistemos patikimumo rodiklį SAIFI – sistemos vidutinis elektros nutraukimo dažnio rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui skaičius).

$$SAIFI = \frac{\sum f_i N_i}{\sum N_i} \quad (11.17)$$

čia: f_i – i-ojo mazgo maitinimo nutraukimų skaičius,
 N_i – i-ojo mazgo vartotojų skaičius.

Apskaičiuojame elektros sistemos patikimumo rodiklį SAIDI – sistemos vidutinis elektros nutraukimo trukmės rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui trukmė).

$$SAIDI = \frac{\sum T_{ai} N_i}{\sum N_i} \quad (11.18)$$

čia: T_{ai} – i-ojo mazgo vartotojų atjungimo trukmė,
 N_i – i-ojo mazgo vartotojų skaičius.

Elektros sistemos patikimumo rodikliai SAIFI ir SAIDI suskaičiuoti normalaus ir planinio G2 maitinimo šaltinio atjungimo metu 11.9 lentelė.

Patikimumo rodikliai	SAIFI, <i>l/m.vart</i>	SAIDI, <i>h/m.vart</i>
Normalaus režimo metu	0,404	35,8
Planinis G2 maitinimo šaltinio išjungimo metu	0,69	35,03

11.9 lentelė. SAIFI ir SAIDI patikimumo rodikliai

11.7 Galios deficito tikimybė

Galios deficito tikimybė P_d nustatoma su sąlyga, kad vienu metu gali sugęsti vienas arba du generatoriai. Likusių dviejų generatorių galia viršija suminę vartotojų pareikalaujamą galią, todėl galios deficito nebus, o galios deficito tikimybė bus lygi nuliui $P_d=0$.

IŠVADOS

Akmenės transtormatorių pastotės patikimumo tyrimas rodo, kad daugiausia gedimų įvyksta 0,4 kV linijose, tačiau vartotojų daugiau atjungiama 10 kV linijose. Gedimai tinklė vyksta dėl meteorologinių reiškinių, stichinių gamtos reiškinių, vartotojų bei operatoriaus atsakomybės.

Rekomenduotina taikyti šiuolaikinės techninės priemonės kurios automatiškai registruoja ir tinklo operatoriui perduoda nutraukimų pas vartotojus skaičių ir trukmę. Ši įranga turėtų registruotų ir trumpus nutraukimus, atliktu automatinio duomenų perdavimo į operatoriaus atitinkamą centrą. Tai leistu sumažinti reakcijos į gedimus laiką.

Viršįtampių pasiskirstymas elektros tinkle gali būti nustatomas registruojant viršįtampių parametrus kontrolieriais-registratoriais. Viršįtampių registratorius skirtas registruoti įtampos padidėjimo elektros tinkle amplitudes, jų trukmę bei atsiradimo laiką ar įtampos dingimo laiką.

Kuriant tinklų vystymo ir eksploatavimo planus numatyti kad oro linijų dalys esančios pavojinguose ruožuose būtų pakeistos kabelinėmis linijomis.

Laikantis operatoriaus strategijos diegti, naudoti ir tobulinti įvairias automatinės kompiuterinės sistemas dispečeriniam valdymui, kontrolei bei ekspertinei diagnostikai. Tai duomenų surinkimo ir valdymo kontrolės SCADA (supervisory control and data acquisition) sistemos.

Apskaičiavome elektros energetikos sistemos patikimumo rodiklius ir galime daryti išvadą: kiekvienam vartotojui suskaičiuoti vartotojų patikimumo rodikliai rodo, kad patikimiausiai elektra aprūpinti pirmosios kategorijos vartotojai.

Įvertinome vartotojų kategorijas ir nubraižėme elektrinių sujungimų schemą, apskaičiavome elektros sistemos elementų patikimumo rodiklius.

Patikimumo schemas sudarėme, įvertinant ilgalaikius ir trumpalaikius atjungimus bei pirminę avarijos plėtotę dėl klaidingo apsaugų veikimo normaliam režimui bei planinio šaltinio G2 išjungimo režimui.

Kiekvienam vartotojui suskaičiuoti vartotojų patikimumo rodikliai rodo, kad patikimiausiai elektra aprūpinti pirmosios kategorijos vartotojai.

Lyginant elektros tinklo darbą normaliu režimu ir vieno šaltinio planinio išjungimo režimu pagal patikimumo rodiklius, gaunami tokie rezultatai:

normalaus režimo: SAIFI=0,4041/m SAIDI = 35.81h;

planinio režimo: SAIFI=0,691/m SAIDI = 35.03h .

Nustatyta, jog sistemoje nebus galios deficito.

LITERATŪRA

1. Elektros energetikos sistemų patikimumas A. Navickas., KTU leidykla Technologija., 2007m.
2. Aprūpinimo elektra patikimumo lygio techninė-ekonominė analizė, rekomendacijų dėl aprūpinimo elektra patikimumo teisinio reglamentavimo, įvertinant šalių patirtį, parengimas, Galutinė ataskaita, Dr. A.Klementavičius, LEI Lietuvos energetikos institutas, 2006m.
3. Tikimybių teorija ir statistika A. Aksomaitis., KTU leidykla Technologija., 2001m.
4. Elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimai Patvirtinta Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisijos 2009 m. birželio 11 d. nutarimu Nr. O3-75
5. AB Lesto metinė ataskaita už 2012m.
6. Tiekimo saugumas Lietuvos elektros energijos rinkoje“ monitorinio ataskaita. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija 2012, Vilnius
7. LST 1280:1993. Technikos patikimumas: Terminai ir apibrėžimai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos tarnyba. 1993. 47 p.
8. <http://www.enmin.lt> [žiūrėta 2013-05-11]
9. <http://www.regula.lt/> [žiūrėta 2013-04-20]
10. <http://www.elektroklubas.lt> [žiūrėta 2013-03-14]