

10 KV SKIRSTOMŲJŲ ELEKTROS TINKLŲ RAJONO (N) ELEKTROS ENERGIJOS TIEKIMO PATIKIMUMO TYRIMAS

Darius Sindaravičius, Antanas Kavolynas

Įvadas

Elektros energija yra išskirtinis produktas. Lietuvoje elektros energijos skirstymo funkciją vidutinės ir žemos įtapos tinklais vykdo energijos skirstymo operatorius. Skirstomaisiais tinklais vadiname tokius tinklus, prie kurių tiesiogiai gali būti prijungti vartotojai. Šių tinklų įtampos yra 0,4–10–35 kV. Elektros skirstomųjų tinklų užduotis – patikimai ir kiek galima mažesnėmis sąnaudomis aprūpinti vartotojus kokybiška elektros energija. Skirstomųjų tinklų schemas turi užtikrinti numatytą vartotojams elektros tiekimo patikimumą, tai apibrėžiamos standartais ir taisyklėmis.

Pastaruoju metu yra labai išaugę kokybės reikalavimai tiekiamos elektros energijos kokybei ir patikimumui, nes jei vartotojui elektros energija tiekama nepatikimai, jis gali patirti reikšmingų nuostolių dėl neveikiančių arba netinkamai veikiančių elektros įrenginių. Todėl vėliau gali pareikalauti iš skirstomųjų tinklų atlyginti patirta žala.

Elektros skirstomosiose tinkluose vis dar yra nevisiškai patikimų elektros linijų, transformatorių pastočių ir kitų elektros inžinerijos sistemų bei jų elementų. Taigi, norint didinti skirstomųjų elektros tinklų patikimumą, būtina nuolat sekti tinkle įvykstančius gedimus, atlikti jų analizę. Pagal turimų gedimų, sutrikimų, atjungimų duomenų statistiką galima nuspręsti, kokias linijas ir transformatorines reikia atnaujinti ar modernizuoti. Tik nuolatinė priežiūra ir elektros tinklų elementų būklės tyrimas užtikrina stabilų, ekonomišką ir patikimą elektros įrenginių darbą. Siekiant maksimalios naudos taip pat būtina laiku atlikti įrenginių techninę priežiūrą [1].

Tyrimų tikslas

Ištirti 10 kV skirstomųjų elektros tinklų vieno pasirinkto rajono įvykusius gedimus per 5 metų laikotarpį, įvertinti elektros tinklo patikimumą.

Tyrimo uždaviniai

1. Išanalizuoti skirstomųjų elektros tinklų schemas, kaip jos užtikrina patikimesnį elektros energijos tiekimą vartotojams.
2. Nustatyti 10 kV skirstomųjų elektros tinklų viename pasirinktame rajone per 5 metų laikotarpį nuo 2014 iki 2018 m. įvykusių gedimų skaičių, apžvelgti gedimų pobūdį. Įvertinti skirstomųjų elektros tinklų naujas diegiamos išmaniąsias valdymo ir stebėjimo sistemas.

Tyrimo objektas

Tyrimas atliekamas Vilniaus miesto elektros skirstomosiose elektros tinkluose, dispečerines centre. Tyrimo objektas yra vienas pasirinktas elektros skirstomųjų tinklų rajonas. Tyrimui naudojami duomenys iš AB „ESO“ informacinių sistemų: TEVIS (tinklo eksploatavimo ir valdymo sistema); informacinė sistema „Planiniai ir neplaniniai atjungimai“; nauja, šiuo metu diegiama sistema DMS (valdymo ir stebėsenos sistema); GIS (geografinė informacijos sistema) [2]. Pagal šių sistemų duomenis ir atliekami elektros tinklo patikimumo įvertinimo skaičiavimai.

Tyrimo metodika

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 ir intensyvaus dilimo periodą. Tai priklauso nuo priimtų Veibulo skirstinio parametrų reikšmių. Varyjuojant parametrais galima apimti platų gedimų pasiskirstymo atvejų diapazoną. Kartu su logaritminiu normaliniu skirstiniu jis pakankamai gerai parodo detalių išdirbį iki suirimo, guolių išdirbį iki gedimo, elektroninių lempų gedimus, trapių medžiagų gedimo laiko pasiskirstymą [3].

Taikant šį skirstinį patikimumo parametrus apskaičiuoti, gedimų intensyvumas (gedimų greitis) turi tokią išraišką [3]:

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

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

Elektros energetikos sistemos patikimumo rodikliai [4]:

Apskaičiuojame elektros sistemos patikimumo rodiklį SAIDI – sistemos vidutinis elektros nutraukimo trukmės rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui trukmė) [4].

$$SAIDI = \frac{\sum T_{ai} N_i}{\sum N_i} \quad (2)$$

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

Papildomi rodikliai padeda nustatyti avarijos „didumą“. Apskaičiuojame elektros sistemos patikimumo rodiklį SAIFI – sistemos vidutinis elektros nutraukimo dažnio rodiklis (nutraukimų vienam vartotojui skaičius) [4].

$$SAIFI = \frac{\sum f_i N_i}{\sum N_i} \quad (3)$$

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

Elektros skirstomuosiuose tinkluose elektros energijos persiuntimo patikimumo nutrukimo atvejai ir jų atsiradimai skirstomi į keturias grupes: nenugalima jėga, išorinis poveikis, operatoriaus atsakomybė ir nenustatytos priežastys. Pagrindinės gedimo vietos dar smulkiau skirstomos pagal gedimo pobūdį, pvz.: gedimas kabelių linijoje, gedimos oro linijoje, gedimas transformatorinėje, gedimas perjungimo punkte ir t. t.

Tyrimo rezultatai

Tiriamo skirstomųjų elektros tinklų pasirinkto rajono elektros įrenginių duomenys ir gedimų skaičiai.

1 lentelė. Skirstomųjų elektros tinklų pasirinkto rajono transformatorinių statistika

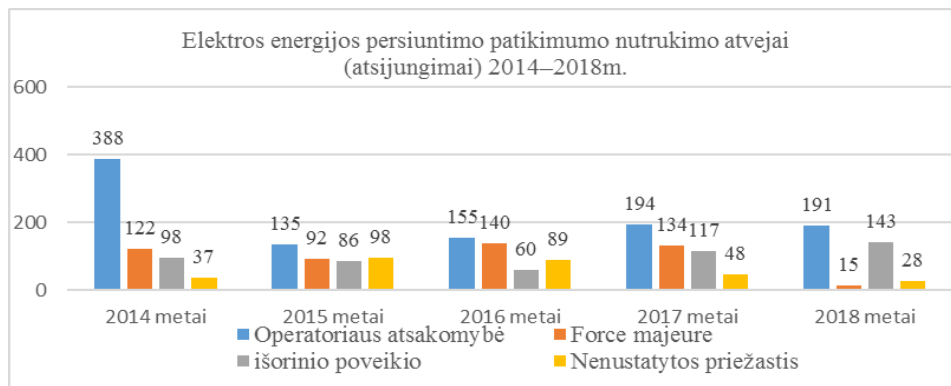
Pasirinkto skyriaus skirstomojo elektros tinklo įrenginių statistika			
10 kV transformatorinių skaičius			
MT Modulinės transformatorinės, vnt.	ST Stulpinės transformatorinės, vnt.	KT Komplektinės transformatorinės, vnt.	TR Stacionariosios transformatorinės, vnt.
749	986	425	189
			Iš viso: 2349 vnt.

2 lentelė. Tiriamo elektros tinklo pasirinkto rajono 0,4–10 kV oro linijų ir kabelių bendras ilgis

Pasirinkto skyriaus skirstomojo elektros tinklo įrenginių statistika			
0,4–10 kV oro linijų ir kabelių bendras ilgis			
10 kV OL bendras trasos ilgis, km	0,4 kV OL bendras trasos ilgis, km	10 kV KL (kabelių) bendras trasos ilgis, km	0,4 kV KL (kabelių) bendras trasos ilgis, km
1369,76	1951,12	729,87	1613,46
			Iš viso: 5663,21 km

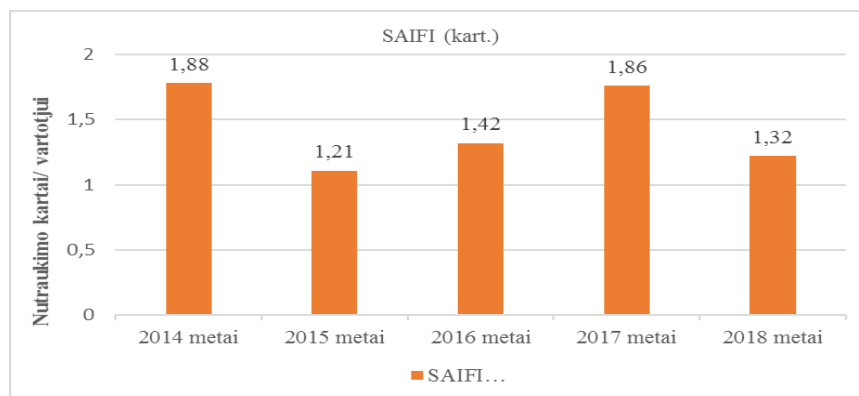
Bendras įvykusių 0,4–10 kV gedimų ir atsijungimų skaičius nuo 2014-01-01 iki 2018-12-31 yra 14 660 gedimai. Iš jų 10 kV gedimų ir atsijungimų – 2 966, arba 20,2 % visų įvykusių atjungimų ir gedimų, buvo 10 kV tinklo įrenginiuose.

Pagal pasirinkto elektros skirstomojo tinklo duomenis matome, kad pagrindinė didesnę dalį elektros tinklo sudaro oro linijos. 10 kV OL iš viso sudaro 65,2 %; 0,4 kV viso sudaro 76 %. Bendras visų pasirinkto rajono elektros tinklo skyriaus vartotojų skaičius yra 61 234 tūkst. (2018-12-31 duomenys).



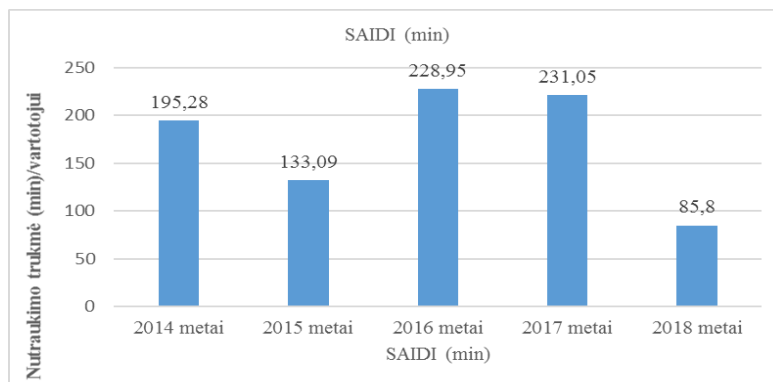
1 pav. Elektros energijos persiuntimo patikimumo nutraukimo atvejai, atsijungimai dėl įvykusių gedimų 10 kV tiriamame elektros tinkle nuo 2014-01-01 iki 2018-12-31

Iš pateiktų duomenų matome, kad pagrindinę gedimų priežastis yra gedimai operatoriaus atsakomybė. Nuo 2015 metų gedimų skaičius mažėja bet iki 2018 metų mažai kinta, mažėjo tik Force majeure ir nenustatytos priežastis, Force majeure mažėjimą lėmė palankios oro sąlygos ir atliekamas oro linijų keitimas į kabeliniais linijas (audros metu sumažėja linijų pažeidimų), nenustatytų priežasčių mažėjimą lemia pasikeitusi ESO vidinė tvarka, kada po atsijungimų atliekamos linijų apžiūros ir dažniausia priežastis yra nustatomos.



2 pav. Tiriama elektros rajono elektros tinklo 10 kV SAIFI rodiklis

SAIFI rodiklis nurodo vidutinę elektros energijos nutraukimo dažnį vienam vartotojui, didžiausias atjungimų dažnis buvo 2014 metais 1,78 karto. Mažiausia 2018 metais 1,22 karto, viena iš priežasčių, mažesnių atsijungimų skaičių tai 2018 metais buvo gan mažas gedimų skaičius dėl Force majeure (nenugalimos jėgos) palankios oro sąlygos ir atliekamas oro linijų keitimas į kabeliniais linijas.



3 pav. Tiriama elektros rajono elektros tinklo 10 kV SAIDI rodiklis.

Didžiausias įvykusių gedimų skaičius buvo 2014 metais, iš viso 645, bet pagal SAIDI rodiklį matome, kad nutraukimo trukmė buvo ilgesnė 2016 metais, nors ir gedimų skaičius buvo mažesnis, iš viso 444. Taip pat žinome, kad 2016 metais dėl *Force majeure* įvyko didžiausias gedimų skaičius – 140, todėl galima daryti išvadą, kad dėl stichinių reiškinių įvykusių gedimų šalinimo laikai buvo ilgesni.

Išvados

- 1 Pagal gautus rezultatus matome, kad pagrindinė gedimų priežastis – operatoriaus atsakomybė, iš viso 1 063 atsijungimai, *Force majeure* (arba kitaip – nenugalima jėga) – 503 atsijungimai, išorinio poveikio – 504 atsijungimai, n nustatytos priežastys – 300 atsijungimai.
- 2 Siekiant mažinti gedimų ir atjungtų vartotojų skaičių, įrengiant naujas 10kV tinklo linijas (ir atliekant linijų rekonstrukcijas), 10kV tinkle plėtoti „žiedinės“ tipo schemas kurios taip padidina tinklo patikimumą, bei sumažina atjungimo laikus, kada vartotojai yra perjungiami nuo ne pažeisto tinklo dalies, mažinamas atjungtų vartotojų skaičius įvykusio gedimo zonoje.
- 3 Didžiausias įvykusių gedimų skaičius buvo 2014 metais, iš viso 645, bet pagal SAIDI rodiklį matome, kad nutraukimo trukmė buvo ilgesnė 2016 metais, nors ir gedimų skaičius buvo mažesnis, iš viso 444. Taip pat žinome, kad 2016 metais dėl *Force majeure* įvyko didžiausias gedimų skaičius – 140, todėl galima daryti išvadą, kad dėl stichinių reiškinių įvykusių gedimų šalinimo laikai buvo ilgesni. Taigi pagal Elektros skirstomųjų tinklų strategijos planą tai pat įrengiant naujas 10kV tinklo linijas (ir atliekant linijų rekonstrukcijas), 10 kV tinkle vystyti gamtos reiškiniams atsparų tinklą, diegti išmaniai valdomą tinklą.

Literatūra

1. Mesič M., Plavšič T.. The contribution of failure analyses to transmission network maintenance preferentials, *Engineering Failure Analysis* 262–271, 2013.
2. AB „ESO“ Informacinės sistemos „Neplaniniai atsijungimų naudotojo instrukcija“, 2013.
3. Padgurskas J. *Mašinų patikimumo ir remonto praktiniai darbai*. Kaunas „Akademija“: 1991–47 P.

4. Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisijos nutarymas „Dėl elektros energijos persiuntimo patikimumo ir paslaugų kokybės reikalavimų. [Žiūrėta 2019-02-19]. Prieiga per internetą: <http://www.regula.lt>.

Santrauka

Šiame darbe nagrinėjamas 10 kV skirstomųjų elektros tinklų vieno pasirinkto rajono elektros energijos tiekimo patikimumas. Tyrimas buvo atliktas Vilniaus miesto elektros skirstomuosiuose elektros tinkluose, dispečerines centre. Tyrimui atlikti naudotasi AB „ESO“ informacinėmis sistemomis: TEVIS (tinklo eksploataavimo ir valdymo sistema); informacine sistema „Planiniai ir neplaniniai atjungimai“; šiuo metu diegiama sistema DMS (valdymo ir stebėsenos sistema); GIS (geografinė informacijos sistema).

Surinkti duomenys rodo, kad daugiausia gedimų įvyksta dėl operatoriaus kaltės, taip pat gana daug gedimų įvyksta dėl išorinių priežasčių, kaip antai: dėl pašalinių asmenų kaltės, kai, pvz., vykstant kasimo darbus pažeidžiami elektros kabeliai, pavagiami arba sugadinami elektros įrenginiai, ant oro linijų laidų užverčiami pjaunami medžiai, autoįvykio metu pažeidžiamos atramos ir t. t. Taigi, galima daryti prielaidą, kad, sumažinus gedimų dėl išorinio poveikio skaičių, galima žymiai pagerinti elektros tinklo patikimumą.

STUDY ON THE RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY OF ONE SELECTED DISTRIBUTION OF 10 KV DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS

Summary

This work addresses the reliability of the electricity supply of a single selected area of the 10-kV electricity grid. The survey was carried out in Vilnius electricity distribution grids and in the dispatching centre. The data are collected from following information systems of ESO: TEVIS (Network Operation and Management System); Information system “Planiniai ir neplaniniai atjungimai”; DMS (Management and Monitoring System), the system that is currently being deployed; GIS (Geographical Information System).

The data collected indicate that most failures occur due to the fault of an operator. However, a considerable number of failures occur due to external reasons, such as: the fault of unauthorised persons, for example, when electrical cables are damaged by excavation works, by thefts of electrical equipment, by cut trees falling over the overhead power lines, by damaged to overhead line supports during road accidents, etc. It can therefore be assumed that reduction in the number of failures due to externalities would significantly improve the reliability of the electricity grid.

Darius Sindaravičius – VDU ŽŪA Žemės ūkio inžinerijos fakultetas, magistrantas, AB „ESO“ dispečeris, tel. +370 620 63525, el. paštas: dariussindaravicius@inbox.lt

Antanas Kavolynas – VDU ŽŪA Energetikos ir biotechnologijų inžinerijos institutas, doc. dr., tel. +370 687 41241, el. paštas: Antanas.Kavolynas@vdu.lt