LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS
http://www.lei.lt

NACIONALINIS ATVIROS PRIEIGOS ATEITIES ENERGETIKOS TECHNOLOGIJŲ MOKSLO CENTRAS

OPEN R & D LIETUVA

ELEKTROS ENERGIJOS KOKYBĖS STEBĖSENA

Dr. Virginijus Radziukynas

2021 12 14

LST EN 50160 standartas

Elektros kokybę prastinantys reiškiniai:

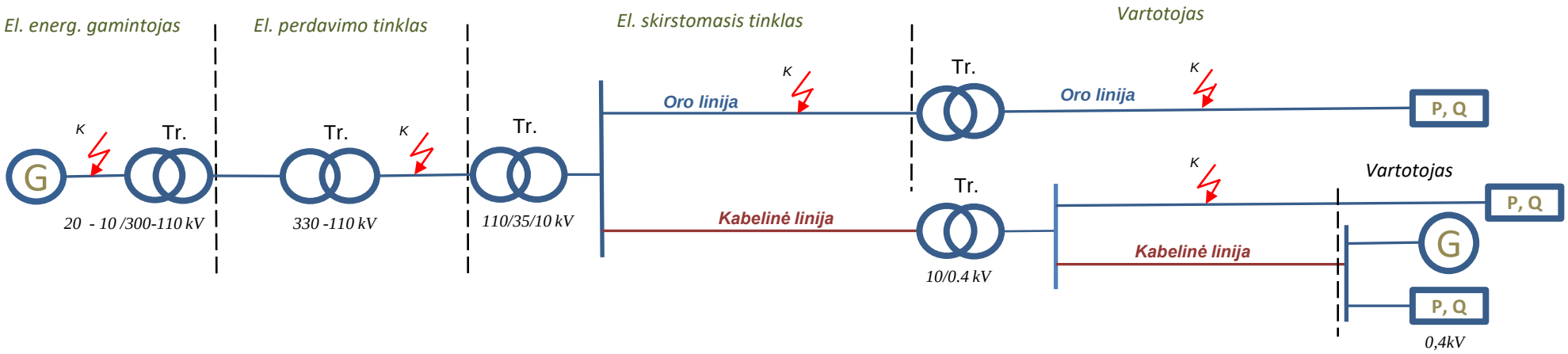
- Pavienis staigusis įtampos pokytis
- Mirgėjimas
- Įtampos asimetrija
- Įtampos harmonikos
- Tarpinės įtampos harmonikos
- Tinklo signalinės įtampos lygis
- Įtampos pertrūkiai
- Įtampos kryčiai
- Viršįtampiai
- Pereinamieji viršįtampiai

Normuojamas LST EN 50160
Normuojamas kituose LR teisės aktuose
Nenormuojamas

LST EN 50160 reiškinių charakteristikų (normų) matavimo ir vertinimo metodai pateikti LST EN 61000-4-30

Galimos įtampos kryčių priežasčių vietos

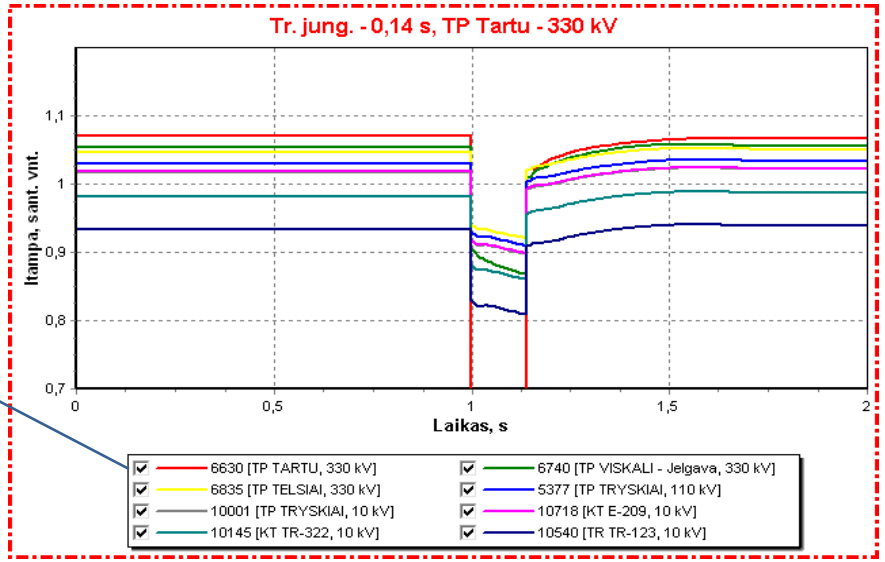
- Elektrinės (prijungtos prie elektros perdavimo ir skirstomųjų tinklų);
- elektros perdavimo tinklas/ai;
- elektros skirstomasis tinklas;
- vartotojų įranga ir elektros tinklas.



Įtampos kryčiai elektros perdavimo tinkluose

$$U = \sqrt{\frac{1}{3}(Ua^2 + Ub^2 + Uc^2)};$$





6740 ***[TP VISKALI-Jelgava, 330 kV], Tr. jung. – 0,14 s, 0 kV***

6630 **[TP TARTU, 330 kV] – 276,07 kV**

6835 **[TP TELŠIAI, 330 kV] – 103,05 kV kV**

5377 **[TP TRYŠKIAI, 110 kV] – 36,19 kV**

10001 **[TP TRYŠKIAI, 10 kV] – 3,27 kV**

10145 **[KT TR-322, 10 kV] – 2,77 kV**

6835 ***[TP TELŠIAI, 330 kV] – 5,11 kV], Tr. jung. – 0,14 s, 0 kV***

6630 **[TP TARTU, 330 kV] – 321,25 kV**

6740 **[TP VISKALI-Jelgava, 330 kV] – 209,95 kV**

5377 **[TP TRYŠKIAI, 110 kV] – 29,02 kV**

10001 **[TP TRYŠKIAI, 10 kV] – 2,55 kV**

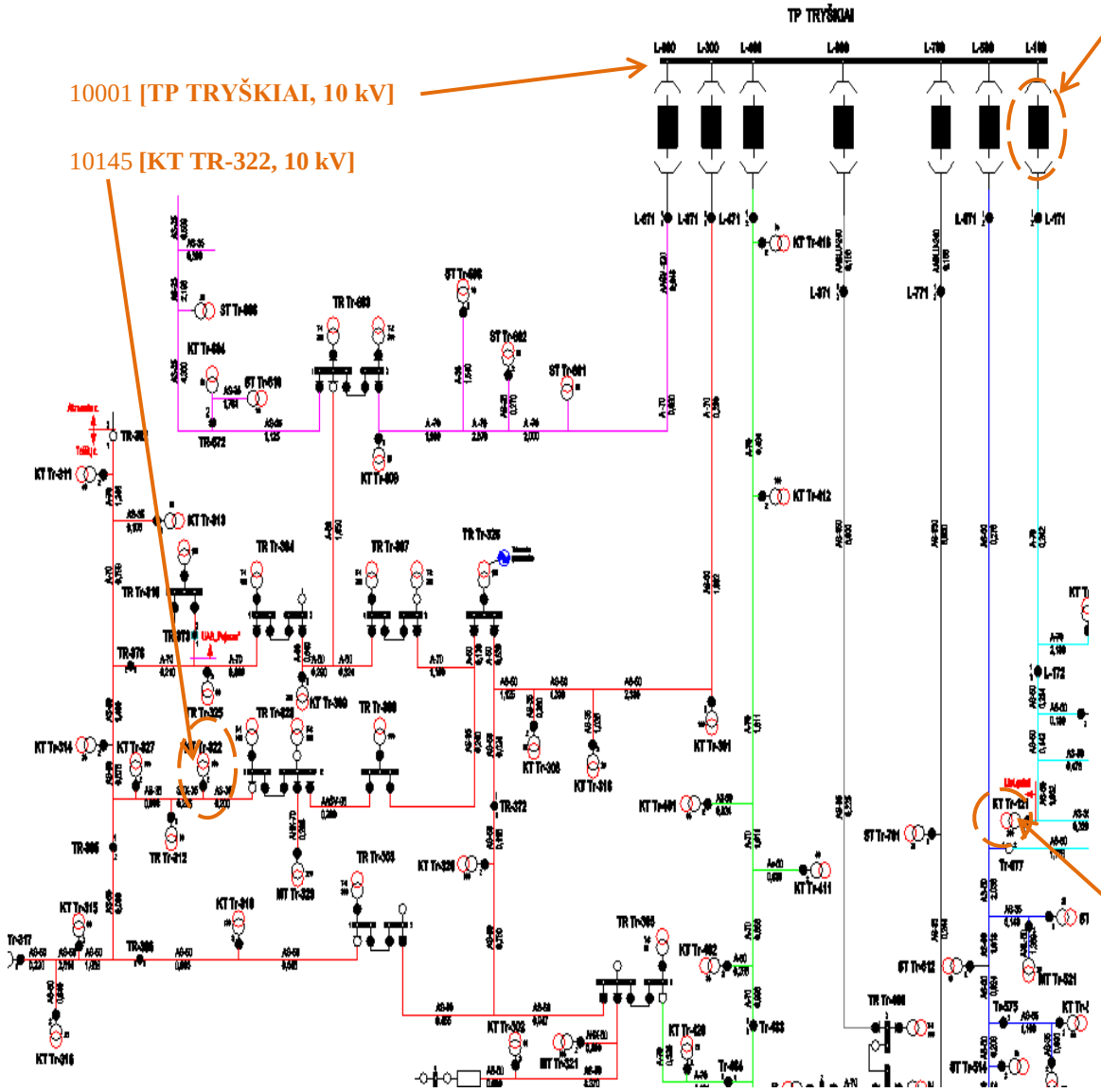
10145 **[KT TR-322, 10 kV] – 2,19 kV**

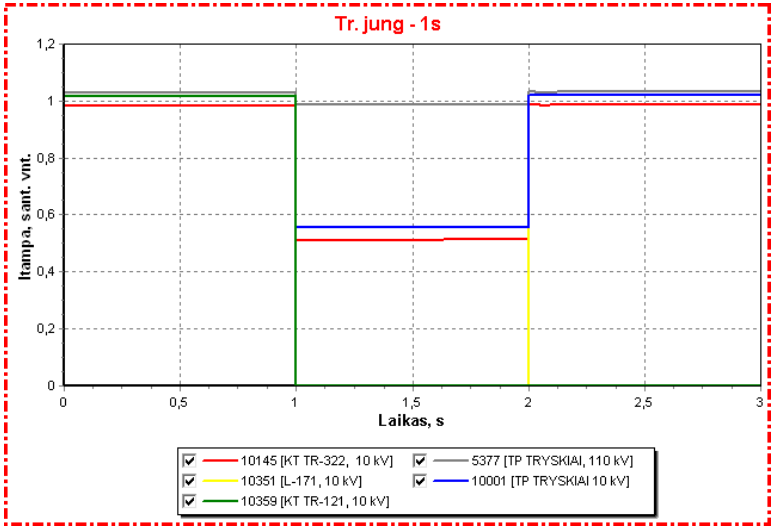
Įtampos kryčiai elektros skirstomajame tinkle

10351 **[L-171, 10 kV]**

10001 **[TP TRYŠKIAI, 10 kV]**

10145 **[KT TR-322, 10 kV]**





10145 **[KT TR-322, 10 kV] – 5,11 kV**

10001 **[TP TRYŠKIAI, 10 kV] – 5,59 kV**

5377 **[TP TRYŠKIAI, 110 kV] – 108,19 kV**

10359 ***[KT TR-121, 10 kV] – 0 kV***

10359 **[KT TR-121, 10 kV] , Tr. jung. – 1s**

Elektros energijos kokybės stebėsena kitose šalyse

Elektros tinklų operatorių apklausa

Organizacija CIRED atliko 114 dalyvių apklausą

Žemynas	Dalyviai	TSO	DSO	DSO + TSO
Afrika	5	4	1	
Amerika	30	9	21	
Azija	8	4	3	1
Europa	61	15	40	6
Okeanija	10	2	8	
Viso	**114**	**34**	**73**	**7**

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

Skirstomojo tinklo operatorius (STO)					
Analizatorių kiekis, vnt.	STO skaičius (nešiojami analizatoriai)	STO skaičius (stacionarūs analizatoriai)	Nešiojami analizatoriai, %	Nešiojami analizatoriai, %	Nešiojami analizatoriai, %
0	5	1	0	0	0
1–4	3	10	**20**	50	80
5–9	2	13	**35,71428571**	50	64,28571429
10–19	5	11	**34,48275862**	50	65,51724138
20–49	17	20	**28,98550725**	50	71,01449275
50–99	11	6	**33,55704698**	50	66,44295302
100+	20	5	-	50	-
Vidurkis			**30,54791971**	50	69,45208029

Perdavimo tinklo operatorius (PTO)					
Analizatorių kiekis, vnt.	TSO skaičius (nešiojami analizatoriai)	TSO skaičius (stacionarūs analizatoriai)	Nešiojami analizatoriai, %	Nešiojami analizatoriai, %	Nešiojami analizatoriai, %
0	2	5	0	0	0
1–4	14	4	**20**	50	80
5–9	5	4	**35,71428571**	50	64,28571429
10–19	4	3	**34,48275862**	50	65,51724138
20–49	1	5	**28,98550725**	50	71,01449275
50–99	0	3	0	0	0
100+	1	9	-	50	-
Vidurkis			**29,7956379**	50	70,2043621

Apibendrinimas: Rekomenduojama, kad nešiojamų elektros energijos kokybės analizatorių kiekis sudarytų **iki 30%** nuo stacionarių elektros energijos kokybės analizatorių.

Analizatorių išdėstymo strategijos: apklausa

Analizatorių poreikis priklauso nuo tikslo:

Daugelio pasaulio operatorių (93 %, respondentų skaičius – 114) stebėsenos tikslas **vartotojų skundai / prašymai**

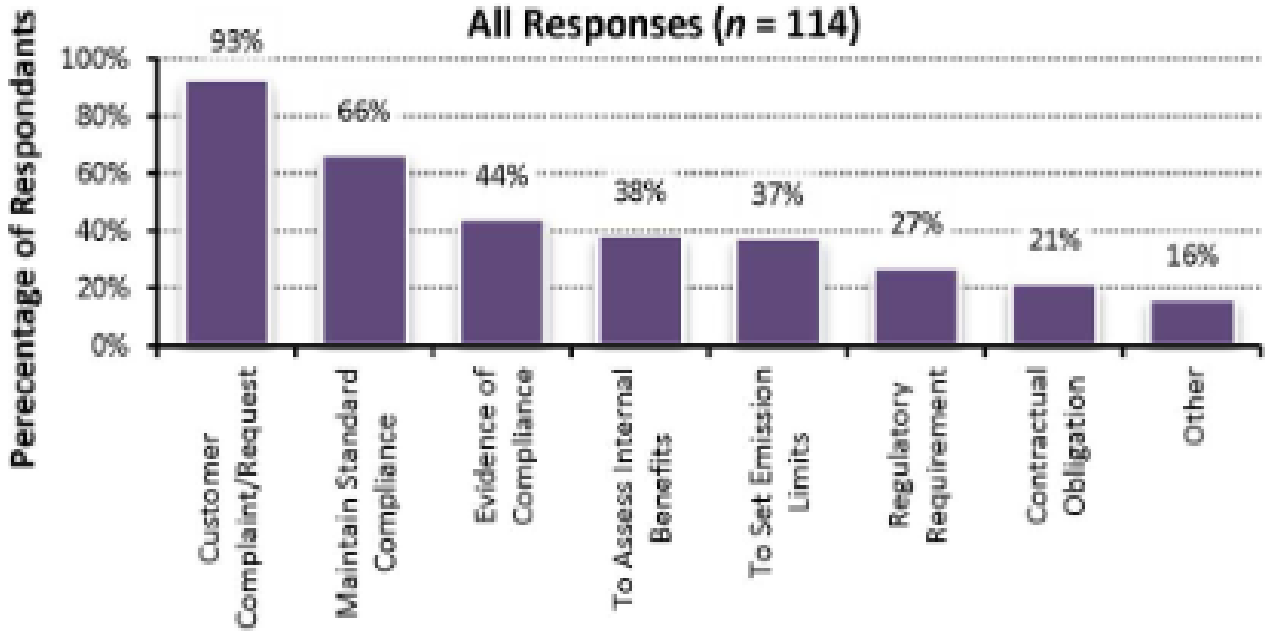


Fig. 4. Response to Q3 from all respondents—Why do you do the monitoring?

Vartotojų skundai – 93 %

Atitikties standartui vertinimas – 66 %

Įrodyti atitiktį standartui – 44 %

Vidinių naudų įvertinimui – 38 %

Emisijų ribų nustatymui – 37 %

Reguliatoriaus reikalavimas – 27 %

Įsipareigojimas sutartyse – 21 %

Kita – 16 %

Italijos patirtis

Italijos energetikos ministerija nutarimu Nr. 198/11 pareikalavo energijos kokybės analizatorių įrengimo **visose aukštos įtampos pastotėse** ir **visose vidutinės įtampos pastočių šynose**. Teigiama, kad tai **pirmasis žingsnis įtampos kryčių reguliavimo linkme pasaulyje**.

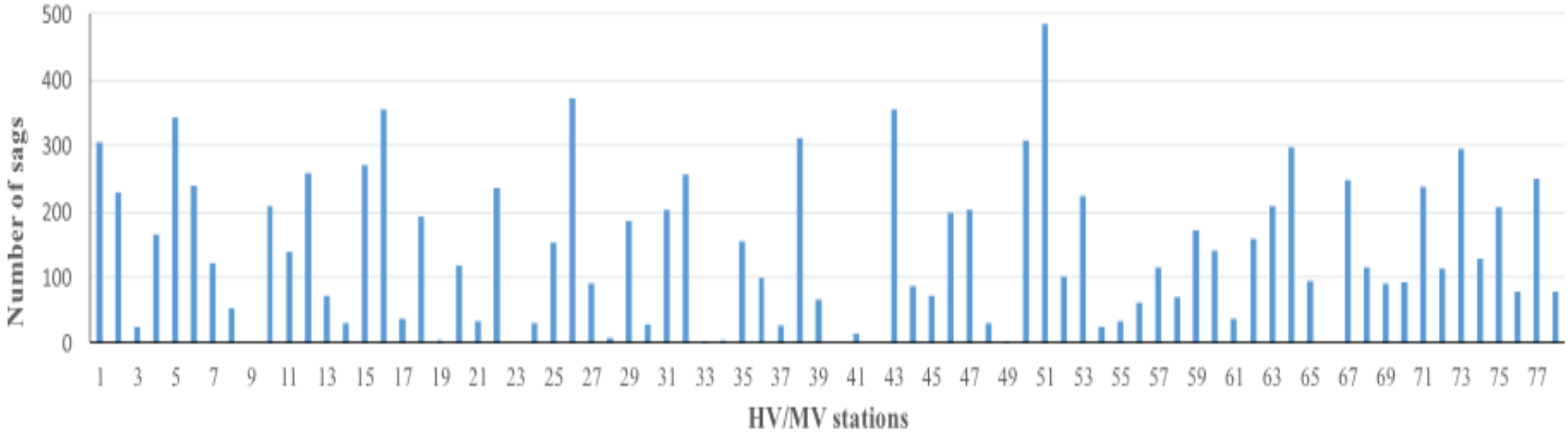


Fig. 4. Distribution of the voltage sags in the HV/MV stations.

Įtampos kryčių Italijoje statistika 2014 m. aukštos / vidutinės įtampos pastotėse

Italijos patirtis

Table 1
Percentage distribution of the voltage sags assigned as originating in the HV network by M1.

Magnitude [%]	Duration [ms]				
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60,000
80 ≤ V < 90	**23.61**	**3.76**	0.18	0.23	0.05
70 ≤ V < 80	**7.32**	**2.11**	0.15	0.06	0.00
40 ≤ V < 70	4.45	1.35	0.31	0.06	0.00
5 ≤ V < 40	0.27	0.15	0.06	0.00	0.00
V < 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 2
Percentage distribution of the voltage sags assigned as originating in the MV network by method M1.

Magnitude [%]	Duration [ms]				
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60,000
80 ≤ V < 90	**23.05**	**6.54**	0.60	0.42	0.25
70 ≤ V < 80	**8.80**	**2.63**	0.22	0.19	0.03
40 ≤ V < 70	8.71	1.39	0.15	0.08	0.06
5 ≤ V < 40	1.48	0.19	0.04	0.01	0.00
V < 5	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00

Įtampos kryčių klasifikavimas, taikant pirmąjį metodą (M1)

Table 3
Percentage distribution of the voltage sags assigned as originating in the HV network by method M2.

Magnitude [%]	Duration [ms]				
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60,000
80 ≤ V < 90	**38.52**	**6.09**	0.33	0.24	0.17
70 ≤ V < 80	**11.52**	**3.33**	0.25	0.09	0.01
40 ≤ V < 70	7.61	2.02	0.37	0.11	0.01
5 ≤ V < 40	0.42	0.24	0.09	0.00	0.00
V < 5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Table 4
Percentage distribution of the voltage sags assigned as originating in the MV network by method M2.

Magnitude [%]	Duration [ms]				
	10 ≤ t ≤ 200	200 < t ≤ 500	500 < t ≤ 1000	1000 < t ≤ 5000	5000 < t ≤ 60,000
80 ≤ V < 90	**8.14**	**4.21**	0.44	0.40	0.12
70 ≤ V < 80	**4.60**	**1.40**	0.12	0.16	0.02
40 ≤ V < 70	5.56	0.72	0.09	0.03	0.06
5 ≤ V < 40	1.33	0.10	0.01	0.01	0.00
V < 5	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00

Įtampos kryčių klasifikavimas, taikant antrąjį metodą (M2)

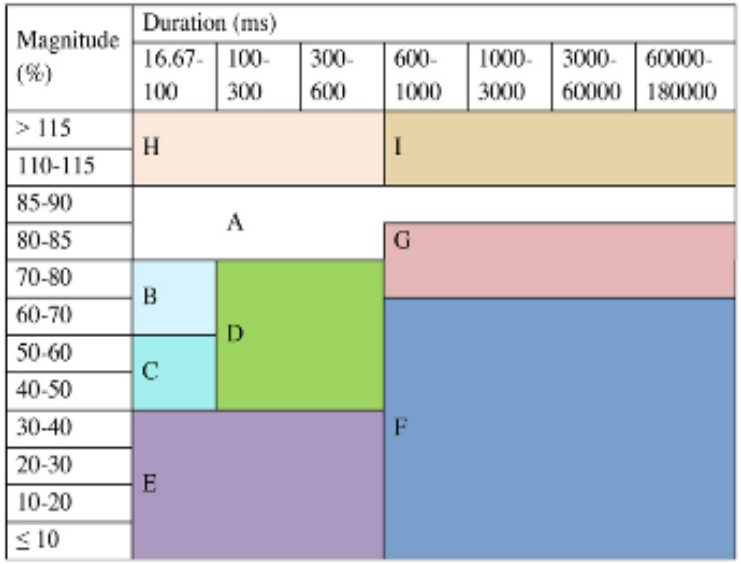
Įtampos kryčių klasifikavimas ir priežasties vietos nustatymas (aukštos įtampos tinklas arba vidutinės įtampos tinklas), taikant du skirtingus metodus – M1 ir M2: pirmasis M1 remiasi tik vieno analizatoriaus duomenimis (t. y. matavimu viename taške), antrasis M2 – visų analizatorių duomenimis (t. y. matavimu daugelyje taškų). Pagrindinės išvados:

1.Dauguma kryčių nebuvo „sunkūs“ (trukmės ir amplitudės atžvilgiu), kas yra būdinga realioms elektros energetikos sistemoms;

2.Taikant pirmąjį metodą **(M1) nustatyta, kad 55 % kryčių atsirado dėl gedimų vidutinės įtampos tinkle**, taikant antrąjį metodą **(M2) – 70 % dėl gedimų aukštosios įtampos tinkle**. Taigi, skirtingais analizės metodais pasiekti vienareikšmiškų rezultatų nepavyko.

Brazilijos patirtis

Įvykių klasifikavimas į jautrumo zonas IF koeficiento skaičiavimui pagal Brazilijos operatoriaus metodiką



Siūlomi įtampos kryčių svoriai *IF* koeficiento skaičiavimui

Magnitude (%)	Duration (ms)						
	16.67-100	100-300	300-600	600-1000	1000-3000	3000-60000	60000-180000
85-90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80-85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70-80	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
60-70	0.04	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
50-60	0.05	0.28	0.35	0.36	0.36	0.36	0.36
40-50	0.05	0.45	0.68	0.70	0.70	0.70	0.70
30-40	0.05	0.50	0.90	0.94	0.94	0.94	0.94
20-30	0.05	0.50	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
10-20	0.05	0.50	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
≤ 10	0.05	0.50	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00

Sukaupus mėnesinę statistiką ir suklasifikavus įvykius, IF apskaičiuojamas pagal formulę:

$$IF = \frac{\sum_{i=A}^{I} n_i \cdot w_i}{IF_B};$$

čia:

n_i – įvykių skaičius grupėje;

w_i – grupės svoris, nurodytas 2.1 lentelėje.

Jautrumo zonų svoriniai koeficientai *IF* faktoriui skaičiuoti

Zona	A	B	C	D	E	F	G	H	I
w_i	0,00	0,04	0,07	0,15	0,25	0,36	0,07	0,02	0,04

IF_B vertės *IF* faktoriui skaičiuoti

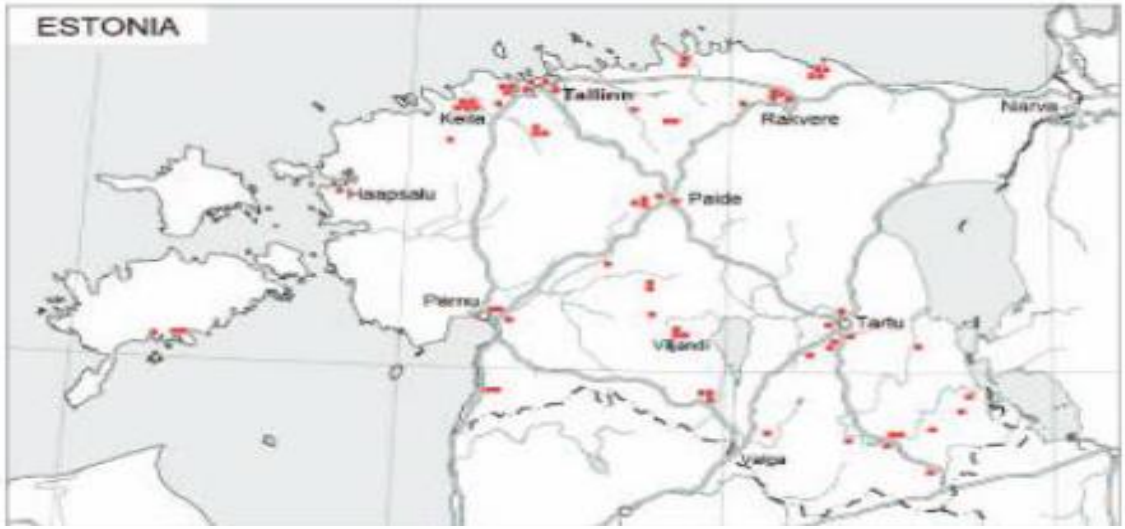
Įtampa	1–69 kV	69–230 kV
IF_B	2,13	1,42

Statistika, kuria remiantis nustatytos IF_B vertės

Zona	B	C	D	E	F	G	H	I
1–69 kV įvykiai	5	4	3	2	1	4	1	1
69–230 kV įvykiai	4	3	2	1	1	1	1	1

Estijos patirtis

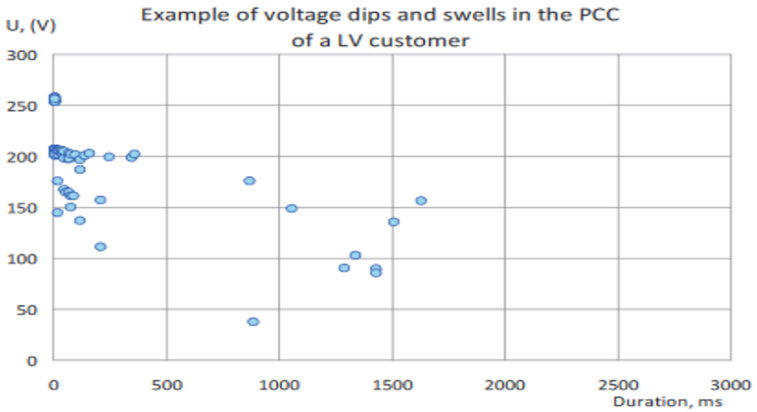
Estija – elektros energijos kokybės analizatoriai įrengiami žemos įtampos tinkle vartotojų prašymu.



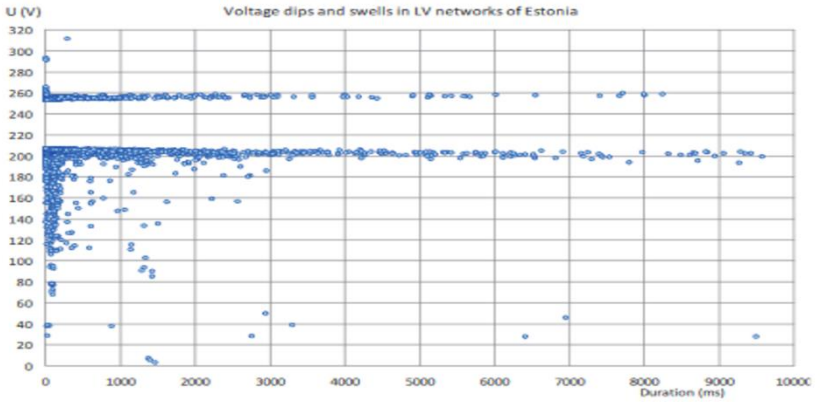
Įtampos kryčių ir viršįtampių matavimo vietos Estijos žemos įtampos tinkle

Bendras matavimo vietų skaičius – **73**, matavimo savaičių skaičius – **160**.

Matavimai buvo atliekami vartotojo privataus elektros tinklo ir operatoriaus viešojo elektros tinklo taške/mazge (angl. *PCC – Point of Common Coupling*).



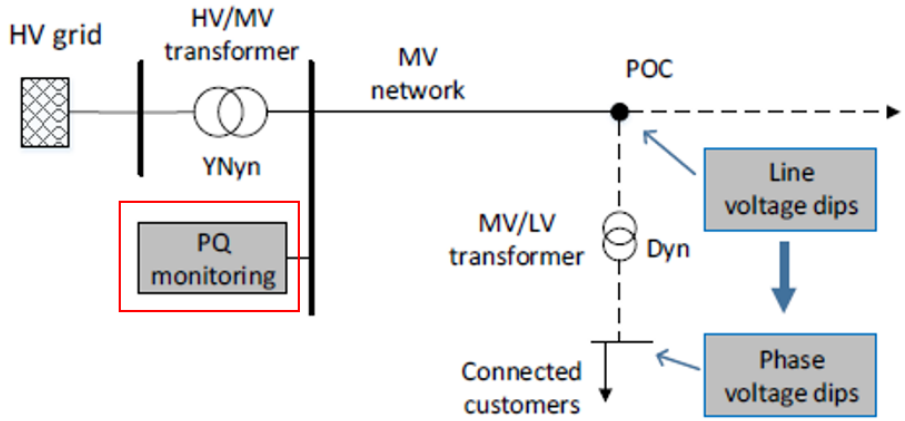
Per dvi savaites įvykę įtampos kryčiai žemos įtampos vartotojo tinkle



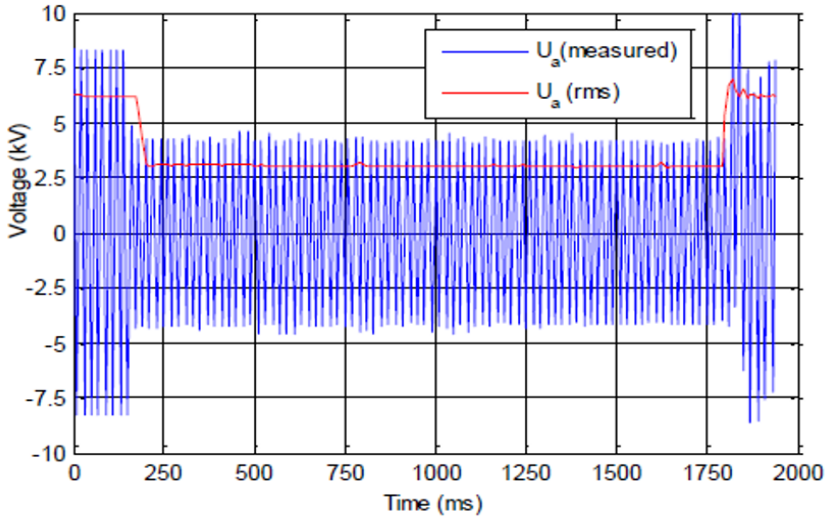
Visi užfiksuoti įtampos kryčiai ir viršįtampiai (bendras įvykių skaičius – 55046)

Nyderlandų patirtis

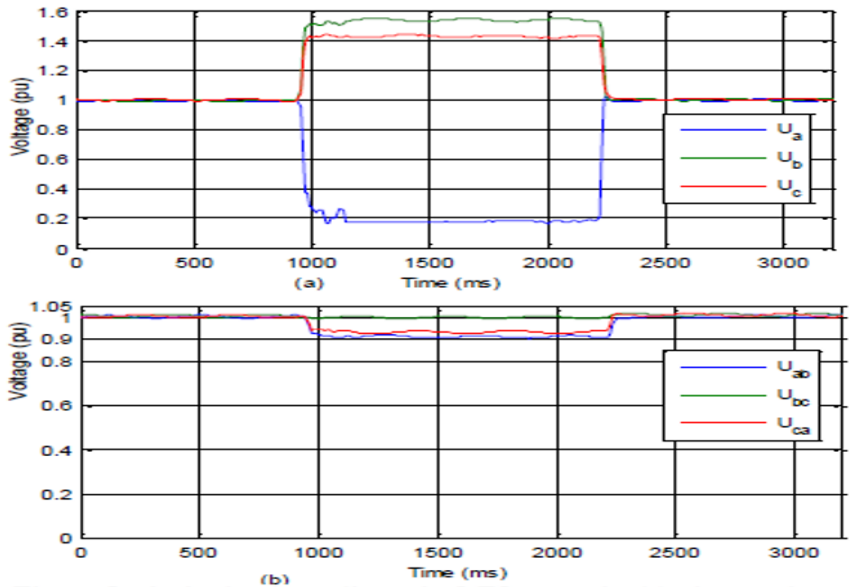
Matavimai vykdyti 2010–2013 m. šešiose vidutinės įtampos pastotėse.



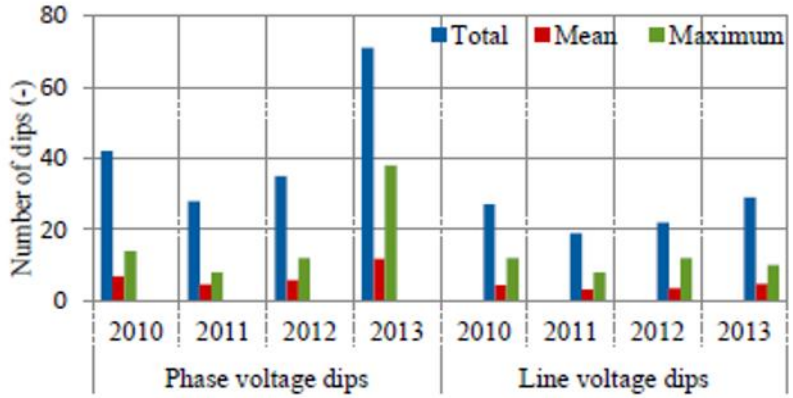
Optimali įtampos kryčių stebėsenos vieta vidutinės įtampos elektros tinkle



Įtampos krytis vienoje fazėje

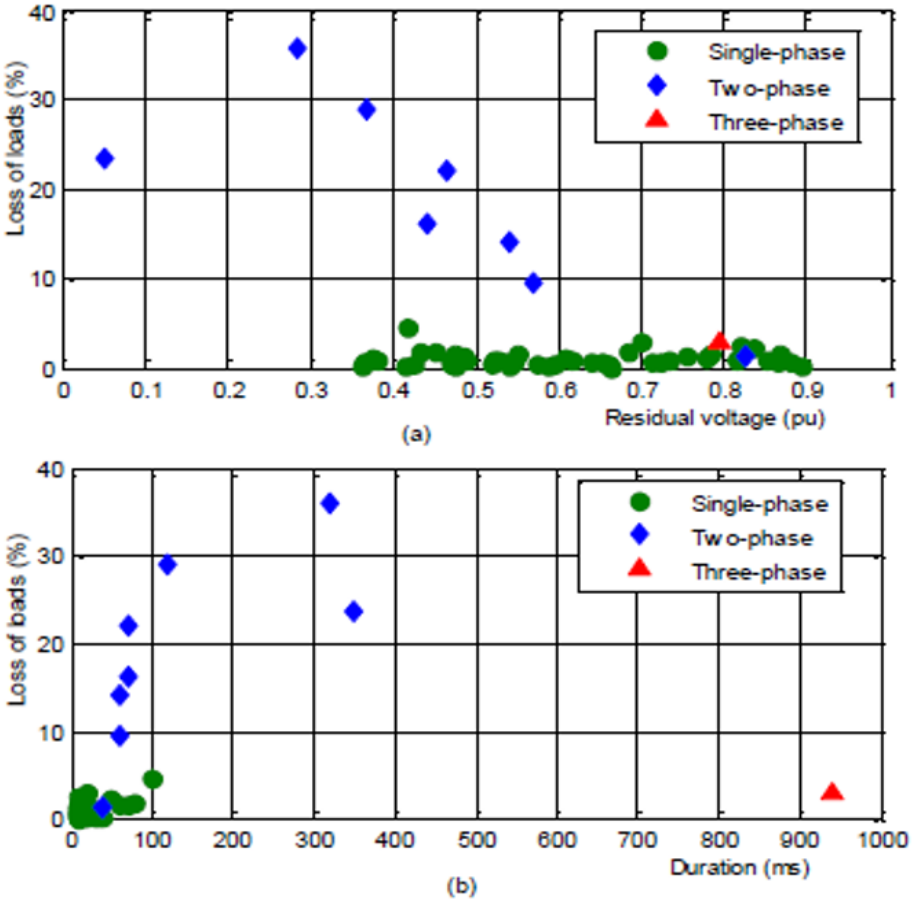


Įtampos krytis vidutinės įtampos tinkle: a – fazinės įtampos efektinė vertė, b – linijinės įtampos efektinė vertė

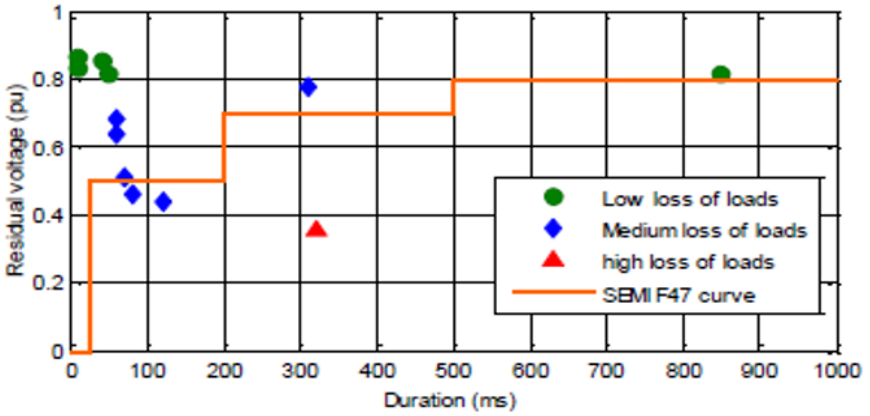


Įtampos kryčių statistika Nyderlandų vidutinės įtampos tinkle 2010–2013 m.

Nyderlandų patirtis



Įtampos kryčių klasifikacija ir apkrovos atsijungimo priklausomybė nuo liekamosios įtampos (a) ir kryčio trukmės (b)



Apkrovos praradimo priklausomybė nuo įtampos kryčių sunkumo viename Nyderlandų skirstomajame tinkle, 2010–2013 m.

SEMI F47 kreivė – tai elektromagnetinio suderinamumo standartais reglamentuojama įrangos atsparumo įtampos kryčiams riba.

Švedijos patirtis

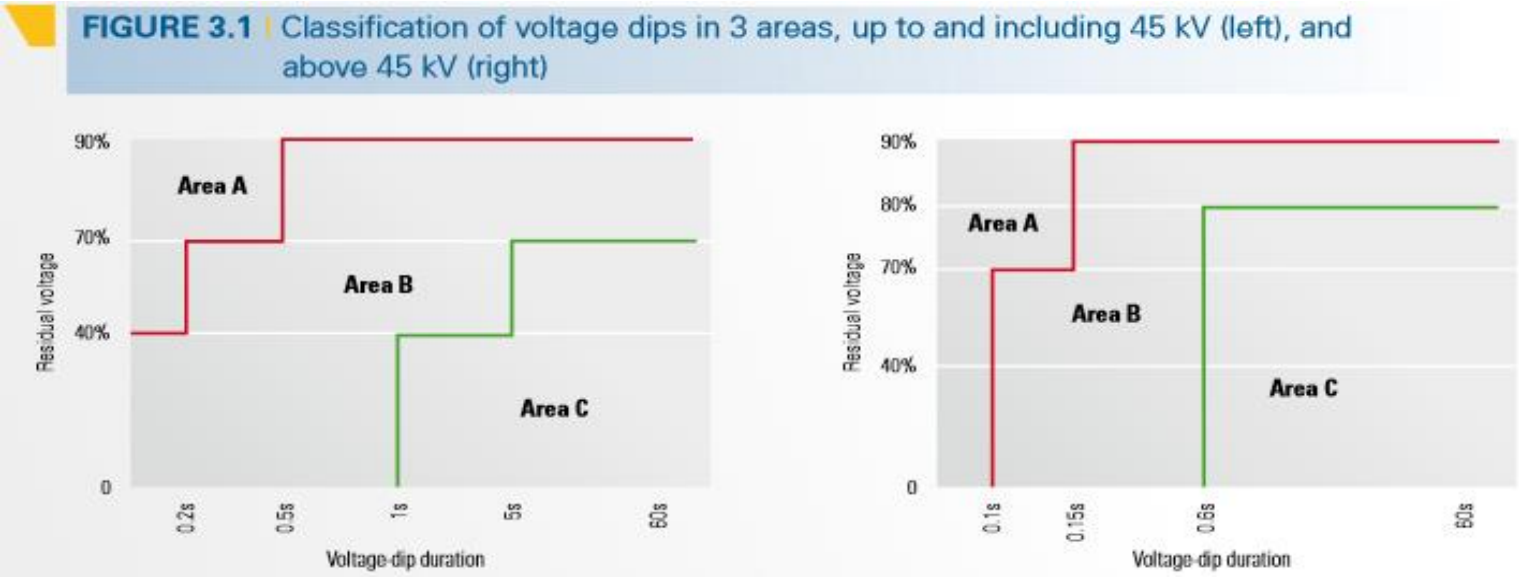
Švedijos energijos rinkos inspekcija (angl. *Swedish Energy Markets Inspectorate*; šved. *Energimarknadsinspektorionen*) prižiūri vartotojui tiekiamą energijos kokybę ir **leidžia statutus** (2011 m. – IEFS 2011:2, 2013 m. – IEFS 2013:1 ir kt.), kuriuose įtvirtinamos įtampos normos ir leistini nuokrypiai.

Šiuose statutuose įtampos kryčių ir laikinųjų tinklo dažnio viršįtampių **reguliavimas paremtas „atsakomybės paskirstymo“ kreive** (angl. *responsibility-sharing curve*).

Yra trys pagrindinės taisyklės: **„neturi būti nei vieno kryčio C zonoje“,** „operatoriui priskiriama atsakomybė švelninti (slopinti) kryčius B zonoje“ ir „A zonoje esantys įvykiai nėra reikšmingi ir priskiriami greitiesiems įtampos pokyčiams (angl. *rapid voltage change*)“. Pažymėtina, kad C zona neturi galutinės ribos. Dėl baudų už įtampos kryčius tinklo operatorius su kiekvienu vartotoju sudarydamas sutartį sutaria atskirai. Vis dėlto **dažniausiai būna A arba B zonos kryčiai**.

Įprastai C zonos kryčiai sistemose nėra tikėtini, nes yra eliminuojami dėl tinklo automatikos suveikimo. **Į C zoną papuolęs krytis reikštų rimtą automatikos ar kitų tinklo elementų gedimą.**

Švedijos patirtis



Įtampos kryčių klasifikacija Švedijoje: A, B ir C zonos iki 45 kV (imtinai; kairėje) ir virš 45 kV (dešinėje) įtampos tinkluose

Didžiosios Britanijos patirtis



Elektros kokybės analizatoriaus įrengimas „Meaford C“ pastotėje

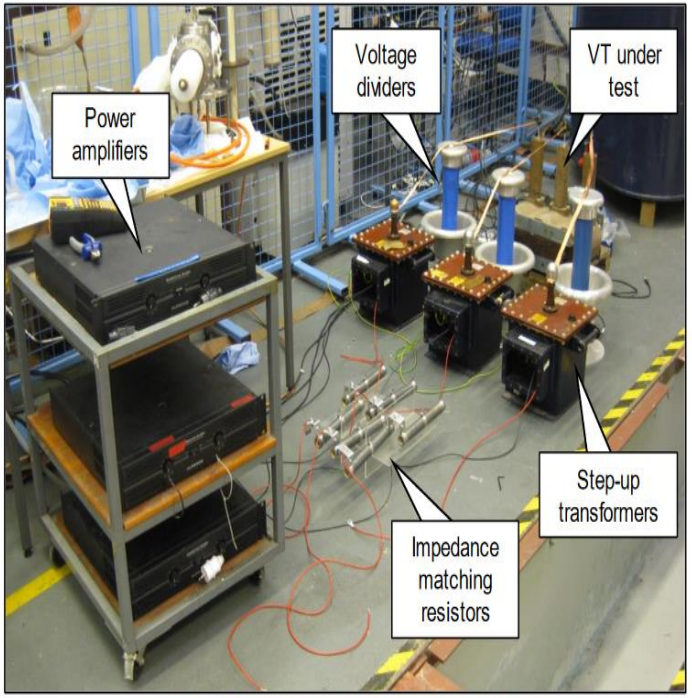


Figure 2-7 – VT testing circuit set up in The University of Manchester.

Testavimo stendas



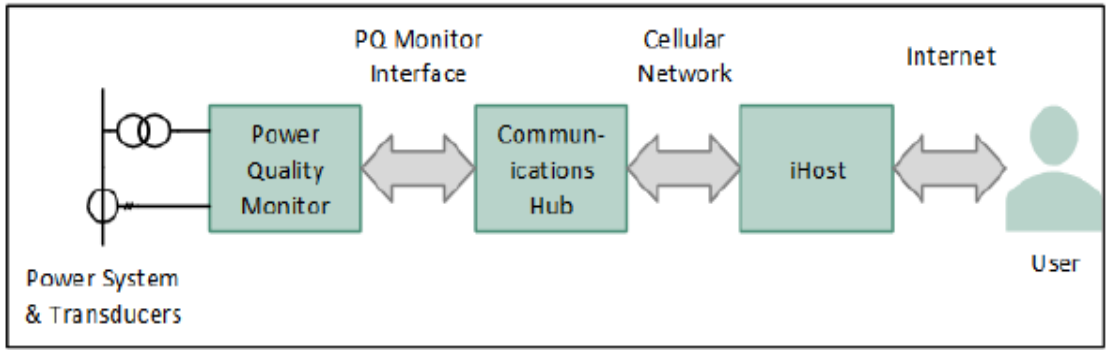
Figure 2-6 – VTs from within WPD used for testing. From left to right: 3-phase 11 kV VT from a metering unit; 3-phase 11 kV VT from a withdrawable switchgear panel; 3-phase 33 kV pole-mount outdoor VT.

Testuojami 11 kV ir 33 kV įtampos transformatorių modeliai

Didžiosios Britanijos patirtis

Vietų prioretizavimo kriterijai:

- Atsinaujinančios energijos šaltinių ir kitų mažo anglies dioksido kiekio (angl. *Low Carbon Technologies*) technologijų gausa mazge;
- Elektromobilių greitųjų įrengimo stotelių kiekis ir LCT įrengimo potencialas;
- Pagal bendrą linijų ilgį (prioritetas teikiamas regionams, kuriuose šis ilgis didesnis);
- Pagal pastočių techninę būklę ir galimybę prisijungti analizatorius.



D. Britanijos pilotinės elektros energijos kokybės stebėsenos sistemos architektūra: **viso 35 monitoriai/įrenginiai su platforma susieti 4G LTE ryšiu**

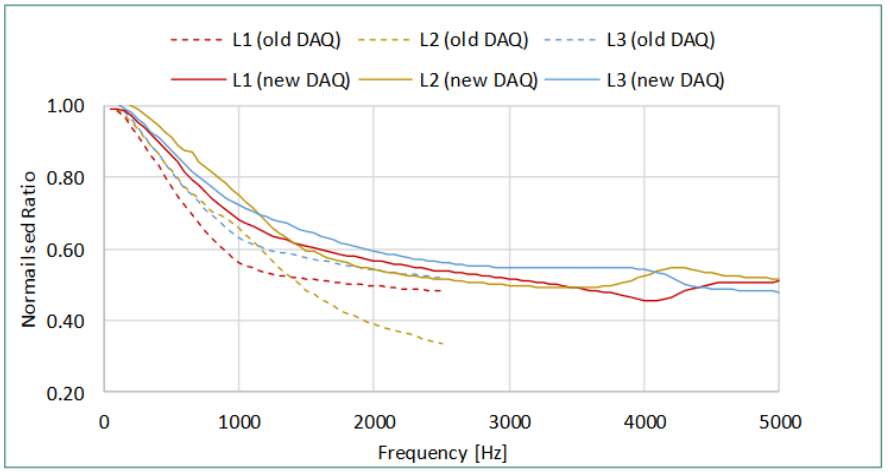


Figure 2-1: Magnitude frequency response of 11 kV 3-ph VT

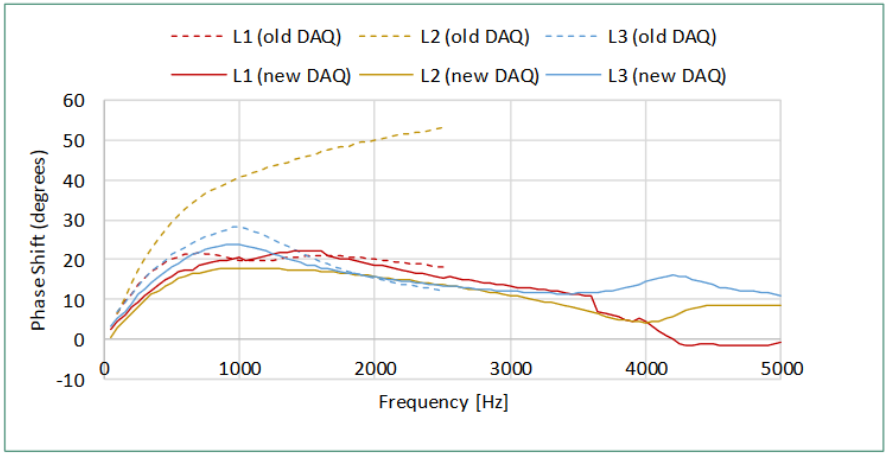
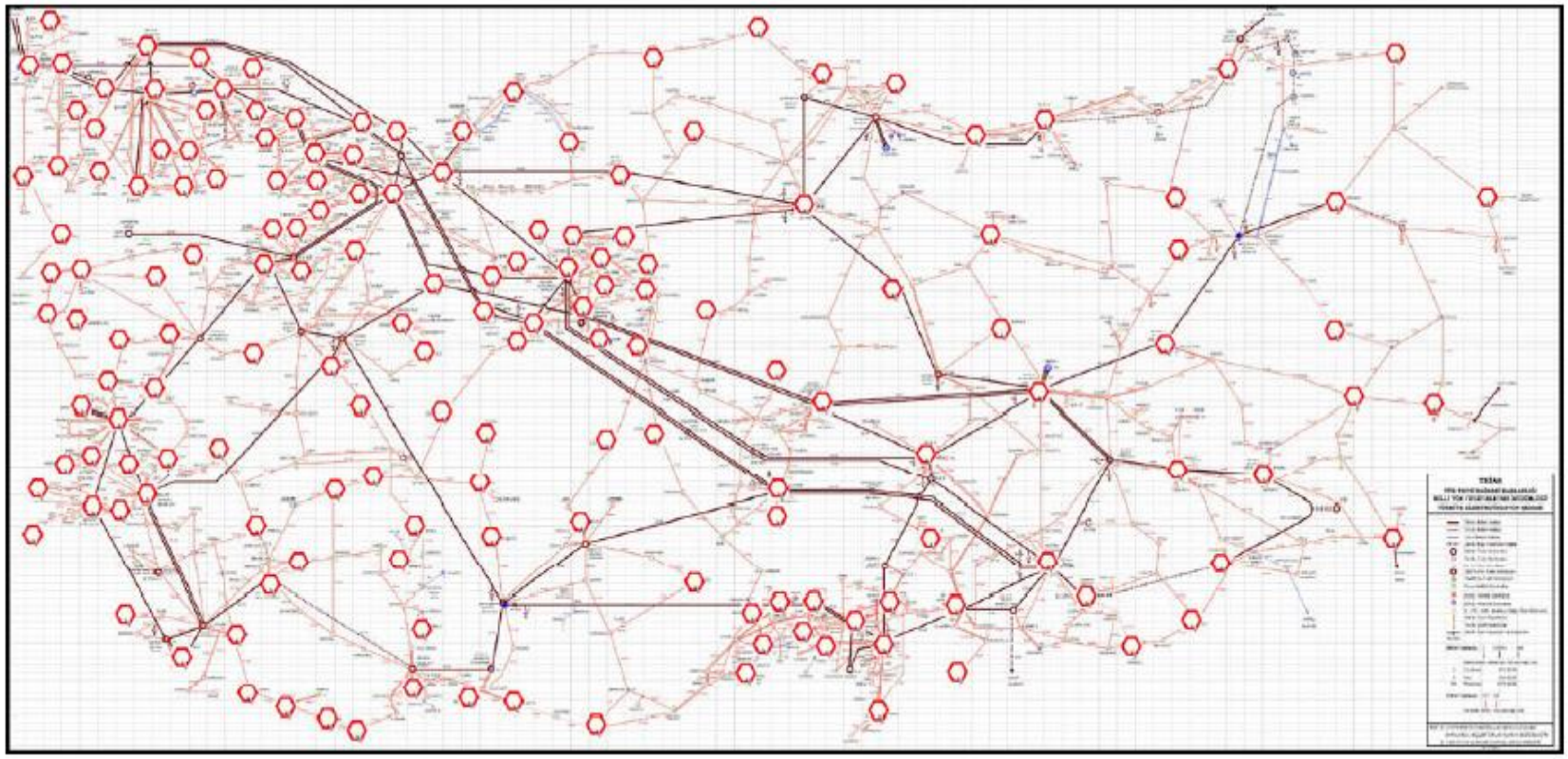


Figure 2-2: Phase frequency response of 11 kV 3-ph VT

Matavimo transformatorių amplitudės ir fazės dažninės charakteristikos tyrimas (Mančesterio universitetas, 2020 m.)

Turkijos patirtis

Elektros energijos kokybės analizatoriai įrengiami svarbiausiuose elektros perdavimo tinklo mazguose/taškuose. Su 20 nešiojamų analizatorių (matuojant po savaitę) per metus išmatuota daugiau kaip 200 mazgų (viso Turkijos perdavimo tinke yra virš 500 pastočių). Jei per savaitę užfiksuojamas tam tikras kiekis įvykių, įrengiamas stacionarus elektros energijos kokybės analizatorius.



Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas Turkijos elektros perdavimo tinkle

Kitų užsienio šalių patirtis

Slovėnija:

– 130 stacionarių analizatorių visose (100 proc.) AĮ ir VĮ šynose visoses AĮ/VĮ pastotėse;

– analizatoriai įrašynėja duomenis ilgą laiką;

– ŽĮ planuojama matuoti išmaniaisiais skaitikliais visas (100 proc.) šynas.

Izraelis:

- operatorius nenaudoja ne savo analizatorių duomenų
- turi įsirengę 700 stacionarių analizatorių. Planuoja dar 200
- dar turi 30 kilnojamų analizatorių
- išmaniaisiais skaitikliais nepasitiki, nes jie dažnai neatitinka IEC 61000-4-30 reikalavimų.

Austrija:

- turi 10 nešiojamų analizatorių;
- stacionarūs analizatoriai įrengti visose Austrijos operatoriaus aukštos ir vidutinės bei vidutinės ir žemos įtampos pjūvių pastotėse – 66 % Austrijos pastočių;
- likusios pastotės (34 %) priklauso elektrinėms, įmonėms.

Gamintojas „Schneider Electric“:

- operatoriui siūlomo įsigyti savo stacionarius analizatorius su galimybe fiksuoti ne tik kokybės įvykius (harmonikos, kryčiai), bet ir šių įvykių „kryptį” (pvz. arba iš ESO tinklo, arba į ESO tinklą).

Gamintojas „DigSilent“:

- kiekvienu atveju kilnojamų ir stacionarių analizatorių proporcija yra skirtinga. Tai priklauso nuo vietovės, tinklo struktūros, dydžio, darbų tvarkaraščio bei tikslų;
- skirtumo tarp kilnojamų ir stacionarių analizatorių nėra. Visi jie pasižymi tuo pačiu funkcionalumu.

Pagrindiniai reikalavimai analizatoriams

Reikalavimas	Pastaba
1. Laiko langas, per kurį analizuojami matavimai ir skaičiuojama efektinė vertė	– LST EN 61000-4-30 pateikia kiekvienam reiškiniui atskirai. Visi pateikti laiko langai dažniausiai yra adekvatūs – Studijoje pateiktos rekomendacijos kai kurių stambesnių langų peržiūrai
2. Diskretizavimo dažnis	– LST EN 61000-4-30 nepateikia reikalavimų – Daugelio dabartinių analizatorių diskretizavimo dažnis lygus iki 20 kHz yra pakankamas. Su tokiu dažniu bus fiksuoma ir dauguma pereinamųjų procesų
3. Matavimų neapibrėžtis (santykinė arba absoliutinė paklaida)	– LST EN 61000-4-30 pateikia reikalavimus kiekvienam reiškiniui atskirai. Daugelis matavimo neapibrėžčių yra adekvačios, tačiau tyrimo metu buvo pateikta šiek tiek rekomendacijų smulkiems pataisymams
4. Toleruotinas matavimų diapazonas	– LST EN 61000-4-30 pateikia reikalavimus kiekvienam reiškiniui atskirai. Beveik visi pateikti reikalavimai yra adekvatūs

Išvada: Dažniausiai LST EN 61000-4-30 pateikti reikalavimai matavimu ir vertinimui yra adekvatūs. Problema ta, kad standarte nepakanka reikalavimų ir informacijos

Reikalavimai IT platformai

1. Elektros kokybę vertinti LST EN 61000-4-30 ir LST EN 50160 standartais. Reikalauti kitų metodikų, kurios neįtvirtintos teisiškai, nėra tikslinga.
2. Integracija su išmaniąja apskaita (vėliau). Galima bus vertinti kokią apkrovą paveikė tam tikras reiškinys (pvz., krytis). Be to, išmanieji skaitikliukai galėtų būti puikia pigesne alternatyva elektros įtampų ir srovių matavimui (mažu diskretizavimo dažniu).
3. Integracija su RAA (vėliau). Tai padės dar geriau nustatyti priežastis, vertinti tinklo reakciją į įvykius.

Kibernetinis saugumas EEKCS sistemose

Nagrinėjant elektros energijos kokybės centralizuotos stebėsenos sistemos saugos reikalavimus, rekomenduojama vadovautis **ISO/IEC 27001** ir **ISO/IEC 27017** bei **ISO/IEC 27018** informacijos saugumo valdymo standartais, nes iš esmės galimi tokie pat pažeidimai ar atakos kaip ir įprastinese IT sistemose. Tolesniuose žingsniuose reikėtų vadovautis atitinkamais standartais pagal teminę sritį:
IEC 62351, t.y. **60870-5, IEC 60870-6, IEC 61850, IEC 61970 ir IEC 61968**.

Nr.	Kibernetinio saugumo (Cyber Security) punktai
1	Identifikavimo valdymas (angl. Identity management)
2	Prieigos kontrolė (angl. Access Control)
3	Saugaus ryšio užtikrinimas (angl. Secure Communication)
4	Apsauga nuo kenkėjiškų programų (angl. Malware Protection)
5	Duomenų apsauga (angl. Data Protection)
6	Nustatymų apsauga (angl. Setting Protection)

IT sistemų/platformų tarpusavio integracija

Dirbtinio intelekto sprendimų/algoritmų naudojimas duomenų /rezultatų apdorojimui/vertinimui.

Elektro energijos apskaitos duomenų sistema

II etapas

Elektros energijos kokybės duomenų sistema

III etapas

SCADA/DMS

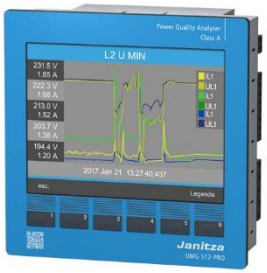
I etapas (GPRS)

I etapas (Optika)

II etapas



Elektros energijos apskaitos skaitikliai – analizatoriai Komercinė + kontrolinė apskaita



Elektros energijos kokybės analizatoriai



Relinės apsaugos terminalai, gedimų registratoriai ir kt.

Alternatyva Nr. 1

Pradedama nuo orientacijos į vartotoją

Stebimi visi (daugelis) įvykių, tačiau dėl mažo matavimo prietaisų kiekio stebima nedidelė tinklo dalis

- Pagal vartotojų (pirmiausiai pramoninių vartotojų) skundus, matuojant prisijungimo prie viešojo tinklo (PCC) taške (dažniausiai žemos įtampos tinkle)
- Pagal vartotojų (pirmiausiai pramoninių vartotojų) skundus, matuojant arba PCC taške, arba (jei reikia) vartotojų vidaus tinkle (dažniausiai žemos įtampos tinkle)
- Matuojant regionuose (tinklo mazguose), kur labiausiai susitelkusi pramonė (žemos ir vidutinės įtampos tinklas)
- Atsitiktinai pasirenkant žemosios įtampos tinklo taškus (pasitelkus modeliavimą, tikimybių teorijos ir statistikos metodais), matuojant nešiojamais analizatoriais tam tikrą laiko tarpą (pavyzdžiui, iki 2 mėn.), o vėliau juos keliant į kitą vietą. Jei per matavimų laikotarpį tinkle neužfiksuojami įvykiai, daroma prielaida, kad tinklo vieta nėra probleminė ir jokių įtampos kryčių slopinimo priemonių diegti kol kas nereikia
- Matuojant tose vietose, kurios pagal operatoriaus ilgametę patirtį yra žinomos kaip probleminės
- Vietą parenkant ne pagal vartotojo tipą (pramoninis, buitinis, komercinis), bet pagal imtuvų tipų santykinę dalį. Tam operatorius turi žinoti ne tik instaliuotas galias kiekviename mazge, bet ir imtuvų tipus bei jų jautrumą įtampos kryčiams (kritiškumą)
- Pagal vartotojo instaliuotą galią arba suvartojamą energiją (pavyzdžiui, metinę)
- Pagal tinklo ir pastočių techninę būklę (amžių)

Alternatyva Nr. 2

Pradedama nuo orientacijos į el. tinklą

Stebimi tik kritiniai įvykiai (daugelis įvykių įvykstančių žemesnės įtampos tinkle nedaro įtakos aukštesnės įtampos tinklui), tačiau didelėje tinklo dalyje

- Mazginėse perdavimo arba perdavimo–skirtomojo tinklo pastotėse ir skirstyklose
- Pagal atsinaujinančių šaltinių elektrinių, prijungtų prie perdavimo tinklo mazgo, galią
- Pagal elektrinių ir kitų reaktyviosios galios kompensavimo įrenginių galią perdavimo tinkle (prioritetas gali būti teikiamas tiek tiems mazgams, kur generatorių ir kitų kompensavimo įrenginių gausu (siekiant įvertinti jų slopinimą), tiek tiems mazgams, kur šių įrenginių visai nėra)
- Pagal atsinaujinančių šaltinių ir kitų šaltinių paskirstytos generacijos galią skirstomajame tinkle
- Pagal linijų ilgį (prioritetas labiau nutolusiems vartotojams)
- Atsitiktinai pasirenkant aukštos perdavimo tinklo arba perdavimo–skirtomojo tinklo pastotes
- Matuojant tose vietose, kurios pagal operatoriaus ilgametę patirtį yra žinomos kaip probleminės
- Pagal schemos lankstumą, perjungimų galimybes (siekiant stebėti apsaugų elgseną ir įtaką grafikui bei išskirti buožus)
- Prie HVDC jungčių (siekiant išsiaiškinti procesus tokiuose mazguose)
- Pagal tinklo ir pastočių techninę būklę (amžių)

Alternatyva Nr. 3

Kriterijų lygiagretinimas (hibridas)

Naudojant kelis kriterijus, bandoma sumažinti jų subjektyvumą ir trūkumų kiekį

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

II variantas

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

Stacionarūs elektros energijos kokybės analizatoriai *neįrengiami* TP/mazguose:

I sąlyga

110/10 kV TP

$|U_{K^3}| > |-10\%U_N|$ jei vertinama generacija?

$|U_{K^3}| > |-20\%U_N|$ jei nevertinama generacija

arba/ir **$THD_{suskaičiuota} \leq THD_{standartas}$**

II sąlyga

110/10 kV TP

$\Sigma P_G + \Sigma P_a$?

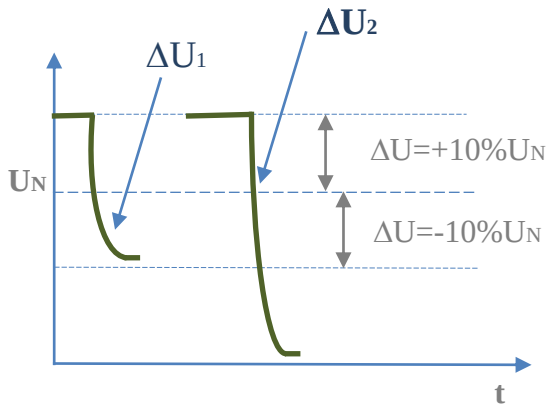
$\Sigma P_G + 0.5*\Sigma P_a$

ΣP_G **ΣP_a**

„Elektriškai“ ilgiausia linija

?

K^3

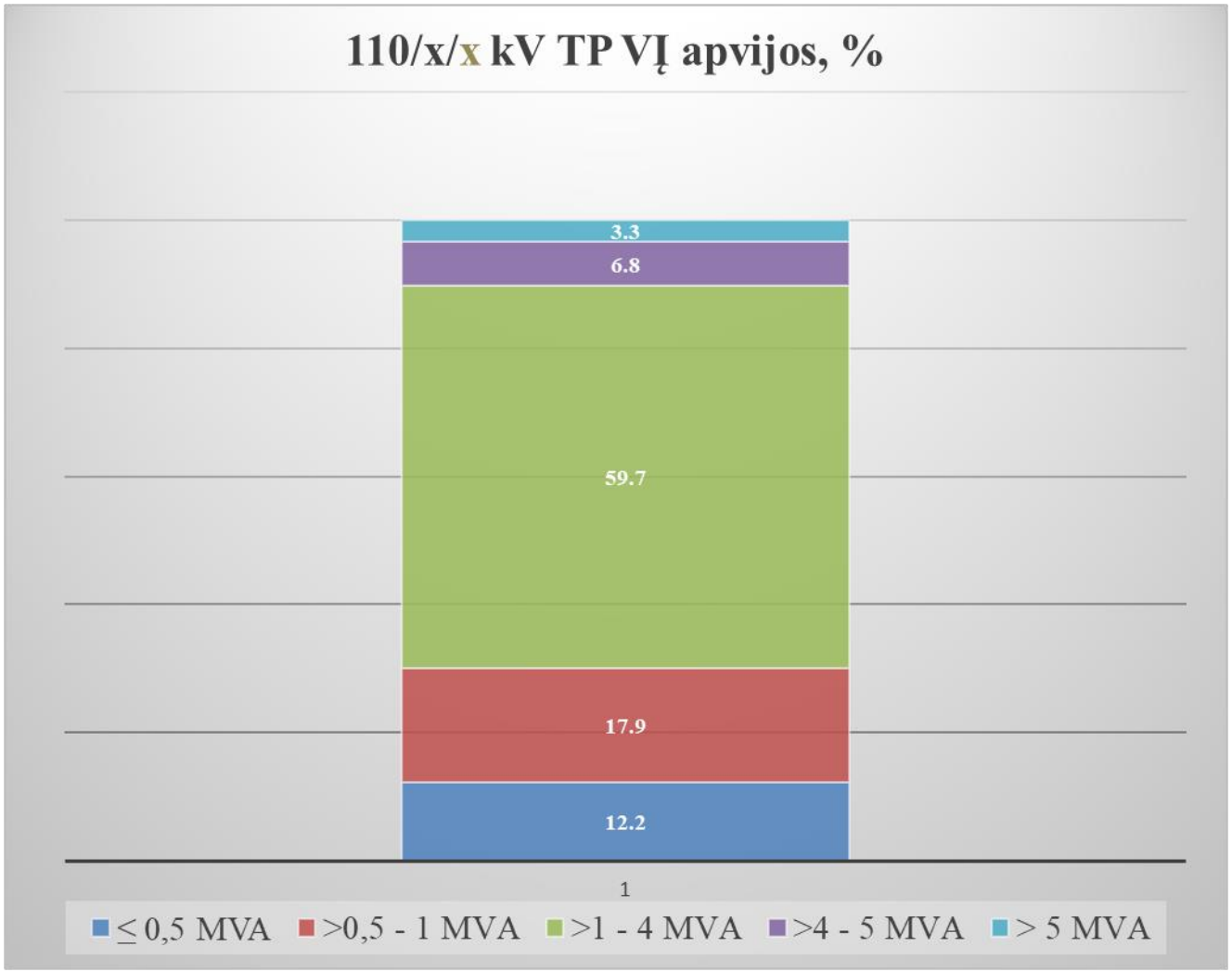


„Elektriškai“ ilgiausia linija

III sąlyga

arba/ir **jei bent vienos TPT vijos apkrova ≤ 0,5 MW** (apie 10% nuo bendro mažiausių TPT vijų apkrovų skaičiaus)

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas



Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

Stacionarūs elektros energijos kokybės analizatoriai *neįrengiami* TP/mazguose:

I sąlyga

$|U_{K^3}| > |-20\% U_N|$ **jei nevertinama generacija**

arba/ir

II sąlyga

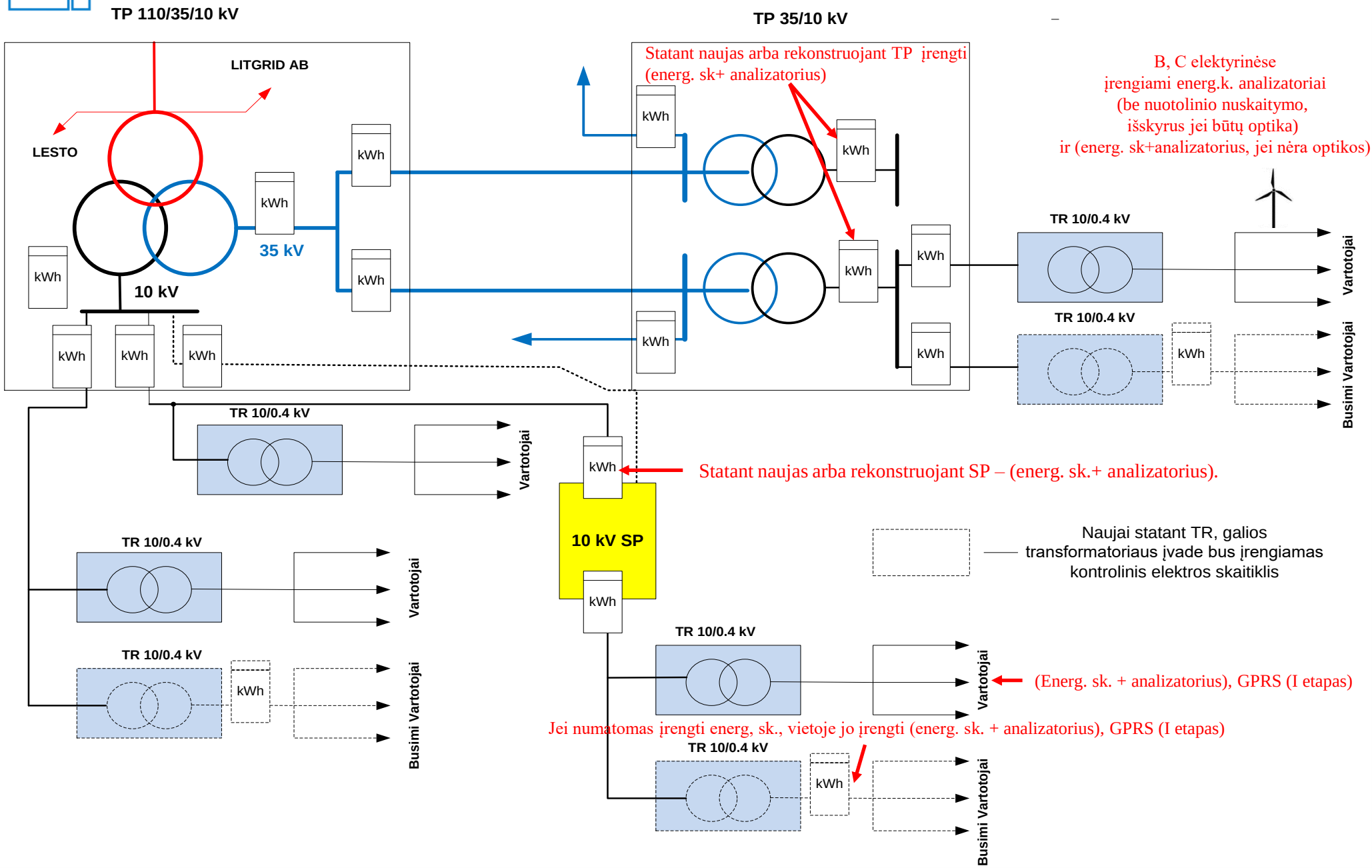
$THD_{suskaičiuota} \leq THD_{standartas}$

arba/ir

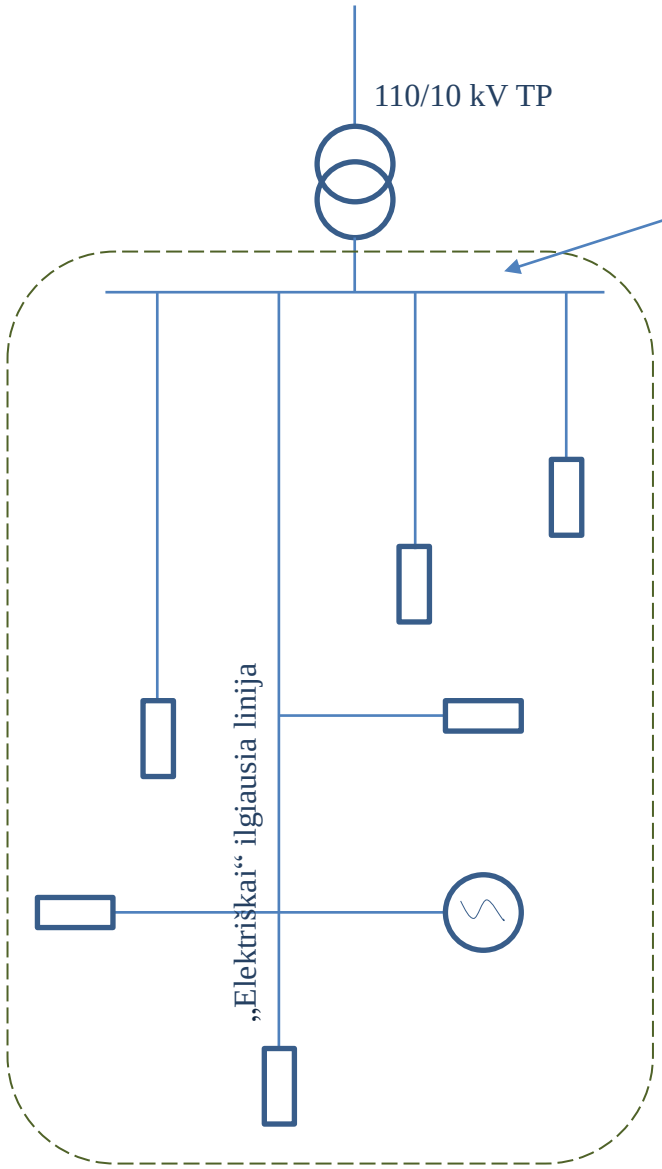
III sąlyga

jei bent vienos TPT vijos apkrova ≤ 0,5 MW (apie 10% nuo bendro mažiausių TPT vijų apkrovų skaičiaus)

Elektros energijos kokybės analizatorių išdėstymas



Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas



$SAIDI_{TP\ Š.S.} > SAIDI_{ESO^{10MIP}}$

ir/arba

$SAIFI_{TP\ Š.S} > SAIFI_{ESO^{10MIP}}$

ir/arba

$$P_{atj.vid.} = \frac{\sum(N_i * P_i)}{\sum N_i} \geq P_{a.vid.}$$

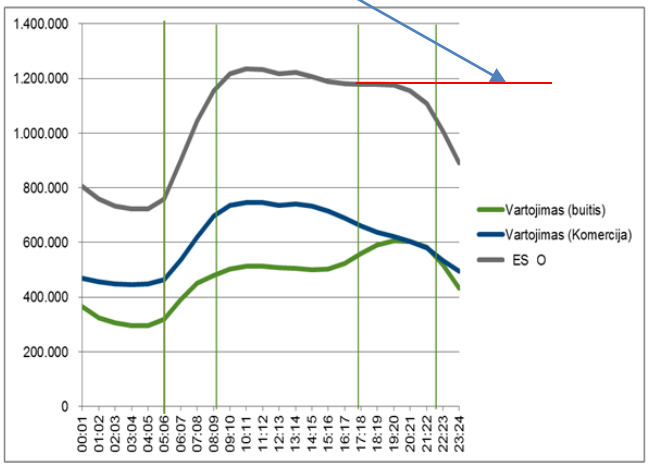
arba/arba

$\Sigma P_G \geq P_{min\ TPT}$

ΣPG – suminė elektrinių **instaluota** galia, MW;
Pmin TP – TP galios transformatoriaus **minimali** apkrova, MW.

Pa.vid, MW – suvidurkinta „mažiausia“ pramoninė apkrova (leistinoji arba **maksimalioji/pikinė apkrova**), gauta naudojant imtį nuo 10 iki **50** mažiausių „pramoninių“ apkrovų esančių ESO elektros tinkle.

Jeigu nėra „aiškaus“ vakarinio piko/maksimumo, apkrova laikoma „pramonine“ (žiemos 3 mėn.)



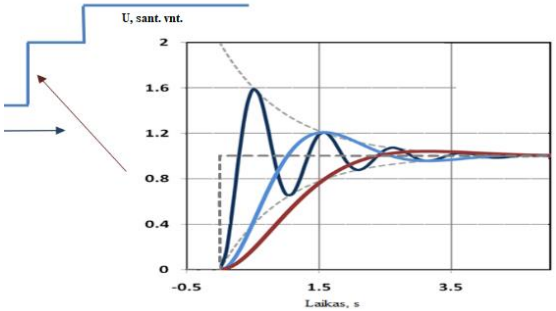
Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

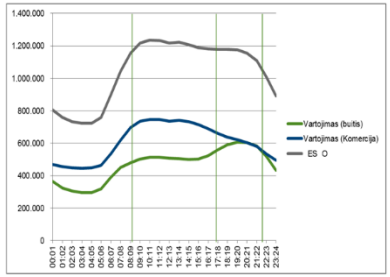
II b variantas

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas 110/xx/xx kV TP (ESO)

Stacionarūs analizatoriai

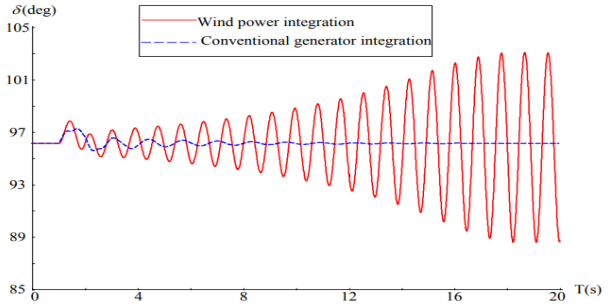
$$P_{atj.vid.} = \frac{\sum(N_i * P_i)}{\sum N_i} \geq P_{a.vid.}$$





ir/arba

$$\Sigma P_G \geq 0{,}5 * P_{inst.TPT}$$



ir/arba

$$\Sigma P_{a\ max} \geq 0{,}8 * P_{inst.\ TPT};$$

Kilnojami analizatoriai

iki 10% nuo stacionarių analizatorių etapo

$$SAIDI_{TP\ Š.S.} > SAIDI_{ESO\ 10MIP}$$

ir/arba

$$SAIFI_{TP\ Š.S} > SAIFI_{ESO\ 10MIP}$$

ir/arba

Išdėstomi pagal skundus ir problemines vietas

50% nuo kilnojamų sudarytų „kilnajami – stacionarūs“ analizatoriai ?

50% nuo kilnojamų sudarytų „tik kilnajami “ analizatoriai ?

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

II a variantas

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas 110/xx/xx kV TP (LEI)

I etapas
Stacionariūs analizatoriai

I sąlyga

$SAIDI_{TP\ Š.S.} > SAIDI_{ESO10MIP}$

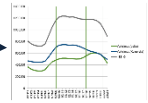
ir/arba

$SAIFI_{TP\ Š.S} > SAIFI_{ESO10MIP}$

Pastaba: **Jei 3 metų laikotarpyje nenumatytos investicijos leisiančios užtikrinti $SAIFI_{ESO10MIP}$ ir $SAIDI_{ESO10MIP}$**

ir

II sąlyga

$$Patj.vid. = \frac{\sum(Ni*Pai)}{\sum Ki*\sum Ni} \geq P_{avid.}$$ 

ir/arba

$\Sigma P_G \geq P_{min\ TPT}$;

ir/arba

$\Sigma P_G \geq 0{,}5 * P_{inst.TPT}$

ir/arba

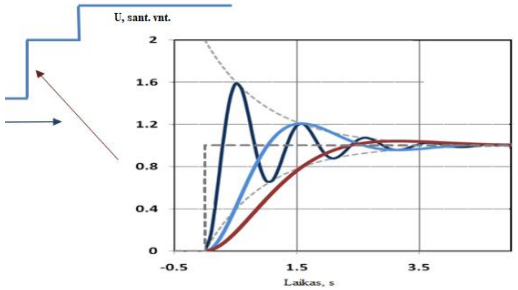
$\Sigma P_{a\ max} \geq 0{,}8 * P_{inst.\ TPT}$;

ir/arba

jei bent vienos TPT vijos apkrova ≥ 4 MW (apie 10% nuo bendro didžiausių TPT vijų apkrovų skaičiaus)

II etapas
Stacionarūs analizatoriai

$$P_{atj.vid.} = \frac{\sum(N_i * P_i)}{\sum N_i} \geq P_{a.vid.}$$

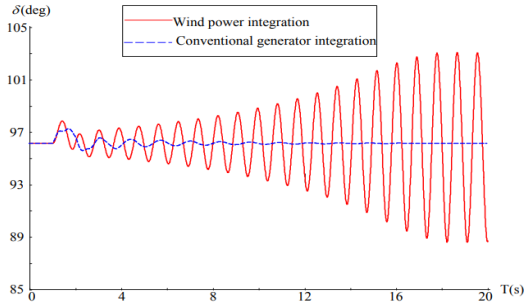


ir/arba

$\Sigma P_G \geq P_{min\ TPT}$;

ir/arba

$\Sigma P_G \geq 0{,}5 * P_{inst.TPT}$



ir/arba

$\Sigma P_{a\ max} \geq 0{,}8 * P_{inst.\ TPT}$;

ir/arba

jei bent vienos TPT vijos apkrova ≥ 4 MW

I etapas
kilnojami analizatoriai

iki 30% nuo I etapo (Stacionarūs analizatoriai)

$SAIDI_{TP\ Š.S.} > SAIDI_{ESO10MIP}$

ir/arba

$SAIFI_{TP\ Š.S} > SAIFI_{ESO10MIP}$

Išdėstomi pagal skundus ir problemines vietas

II etapas
kilnojami analizatoriai

tik esant poreikiui iki 10 - 30 % nuo II etapo (Stacionarūs analizatoriai)

Išdėstomi pagal skundus ir problemines vietas

Elektros energijos kokybės analizatorių įrengimas

I variantas

Galimas transformatorių pastočių reitingavimas

- Instaliuota galios transformatoriaus galia, MVA;
- reali galios transformatoriaus apkrova, MVA;
- galios transformatoriaus instaliuotos/apkrovos galios santykis, %;
- elektros tinklo segmento SAIFI, SAIDI, MAIFI;
- pastotės pastatymo arba rekonstrukcijos metai;
- galios transformatoriaus įrengimo/keitimo/renovacijos metai;
- apkrovoje pramonės dalis, %;
- ryšio sąsaja;
- vartotojų/klientų skundai.



!



Supaprastinta pastočių reitingavimo metodika

$$P_{ap.\,s.v.} = \frac{P_{ap.\,i}}{P_{ap.\,max}}$$ – i-tojo galios transformatoriaus apkrovos procentas nuo didžiausios ESO galios transformatoriaus apkrovos

$$P_{\%\ s.v.} = \frac{P_{\%\,i}}{P_{\%\,max}}$$ – i-tojo galios transformatoriaus santykinės apkrovos procentas nuo didžiausios santykinės ESO galios transformatoriaus apkrovos

$$P_{TP\,s.v.} = \frac{P_{TP\,i}}{P_{TP\,max}}$$ – i-tojo galios transformatoriaus instaliuota galia nuo galingiausio ESO galios transformatoriaus galios

$$P_{TP\ reit.s.v.} = 0{,}33 \cdot P_{ap.\,s.v.} + 0{,}33 \cdot P_{\%\ s.v.} + 0{,}33 \cdot P_{TP\,s.v.}$$

Nr.	Pastotė	Įtampa, kV	Miestas	Vidutinė metinė apkrova		Transformatorių galia, MVA		
				%	MVA	T1	T2	T3
1	Smiltynė	35/10	Klaipėda	56,58	0,57	1	-	-
2	Šiaurinė	110/10/10	Vilnius	20,86	26,28	63	63	-
3	Stiklas	110/10/10	Panevėžys	27,72	26,34	31,5	31,5	32

Kilnojami elektros energijos kokybės analizatoriai

Vilniaus sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

Kauno sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

Klaipėdos sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

Šiaulių sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

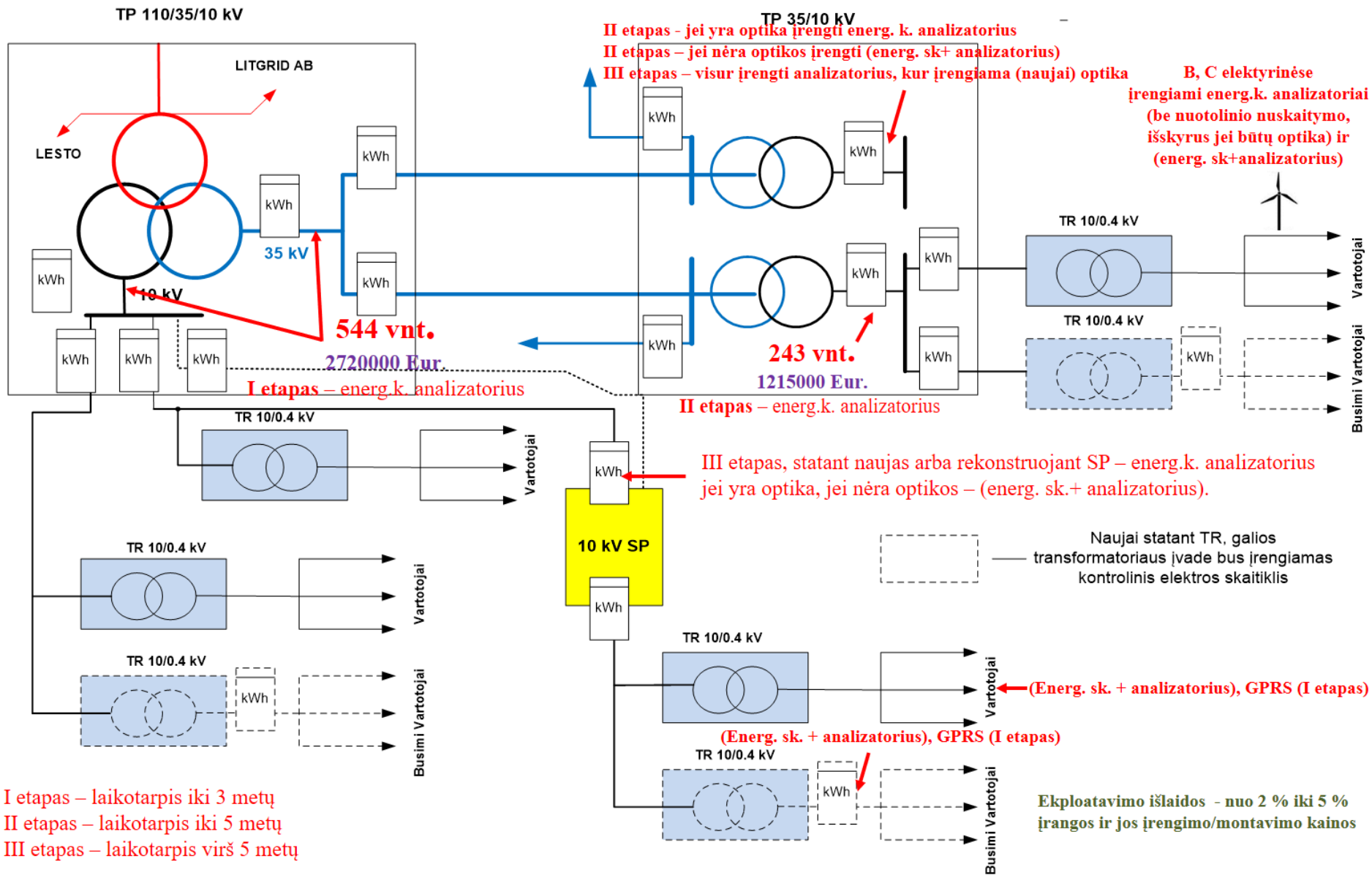
Panevėžys sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

Alytaus sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

Utenos sk. – 2-**4** analizatoriai, **1** analizatorius registruoja/matuoja viršįtampius

Viso: 14-**28** analizatoriai, **7** analizatoriai registruoja/matuoja viršįtampius

Stacionarių elektros energijos kokybės analizatorių išdėstymas



LITHUANIAN ENERGY INSTITUTE
http://www.lei.lt

NATIONAL OPEN ACCESS SCIENTIFIC CENTRE FOR FUTURE ENERGY TECHNOLOGIES
OPEN R & D LITHUANIA

ELEKTROS ENERGIJOS KOKYBĖS STEBĖSENA

Pranešėjas:

Dr. Virginijus Radziukynas

Išmaniųjų tinklų ir atsinaujinančios energetikos laboratorija

Lietuvos energetikos institutas

Virginijus.Radziukynas@lei.lt

Tel.: +370 610 46809

http://www.lei.lt

Klausimai?