



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Marius Vėta

**20 kW SAULĖS ELEKTRINĖS ĮJUNGIMAS Į SKIRSTOMĄJĮ
ELEKTROS TINKLĄ**

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Doc. dr. Povilas Marčiulionis

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**20 kW SAULĖS ELEKTRINĖS ĮJUNGIMAS Į SKIRSTOMĄJĮ
ELEKTROS TINKLĄ**

Baigiamasis bakalauro projektas
Atsinaujinančioji energetika (612E33001)

Vadovas

Doc. dr. Povilas Marčiulionis

Recenzentas

Asist. Dr. Artūras Baronas

Projektą atliko

Marius Vėta

KAUNAS, 2015

BAKALAURO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTISIšduota studentui: Mariui VėtaiGrupė EAE- 1/3**1. Darbo tema:**Lietuvių kalba: 20 kW saulės elektrinės įjungimas į skirstomąjį elektros tinkląAnglų kalba: Connection of 20 kW Solar Power Plant to Electric Power Distribution NetworkPatvirtinta 2015 m. balandžio mėn. 7 d. dekanu potvarkiu Nr. *ST18-F-03-1***2. Darbo tikslas:**Suprojektuoti 20 kW saulės elektrinę ir prijungti ją prie skirstomojo tinklo.**3. Reikalavimai ir sąlygos:**Darbas turi būti parengtas pagal KTU Elektros ir elektronikos fakulteto dekanu patvirtintus „Baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniai reikalavimai“.**4. Projekto struktūra.** Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BBP pobūdį, pateiktą Metodinių reikalavimų 14 ir 15 punktuose.Įvadas; tikslai; uždaviniai; objekto charakteristika; saulės elektrinės projektas (saulės elektrinės parinkimas, inverterio parinkimas, laidininkų parinkimas, avarinių režimų parametrų nustatymas, saulės elektrinės elektros tinklo suprojektavimas ir jo elementų parinkimas, apsaugos nuo trumpųjų jungimų parinkimas, apsaugos nuo viršįtampių parinkimas ir įžeminimo skaičiavimas, žaibosaugos skaičiavimas).**5. Ekonominė dalis.** Jei reikia ekonominio pagrindimo; turinys ir apimtis konkretizuojama darbo eigoje kartu su vadovu.Objekto ekonominis atsiperkamumo laikotarpio įvertinimas.**6. Grafinė dalis.** Jei reikia, pateikiama schemas, algoritmai ir surinkimo brėžiniai; turinys ir apimtis konkretizuojama darbo eigoje kartu su vadovu.Transformatorinės schema, principinė saulės elektrinės tinklo jungimo schema, principinė fotovoltinių modulių jungimo schema, įžeminimo ir žaibosaugos planas.**7. Ši užduotis yra neatskiriama bakalauro baigiamojo projekto dalis****8. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas**iki 2015-05-30(data)Užduotį gavau: Marius Vėta(studento vardas, pavardė, parašas)(data)

Vadovas:

Doc. dr. Povilas Marčiulionis(pareigos, vardas, pavardė, parašas)(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Marius Vėta

(Studento vardas, pavardė)

Atsinaujinančioji energetika (612E33001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „20 kW saulės elektrinės įjungimas į
skirstomąjį elektros tinklą“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 19 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano „**Mariaus Vėtos**, baigiamasis projektas tema „20 kW saulės elektrinės įjungimas į skirstomąjį elektros tinklą“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Vėta, M. 20 kW saulės elektrinės įjungimas į skirstomąjį elektros tinklą. Bakalauro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Povilas Marčiulionis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2015. 40 psl.

SANTRAUKA

Šiame bakalauro darbe, atsižvelgiant į ES skatinimą plėtoti atsinaujinančiosios energijos gamybą, suprojektuota 20kW saulės elektrinė. Ši mažos galios saulės elektrinė naudojama komerciniais tikslais, todėl jungiama į AB „LESTO“ elektros perdavimo liniją, per transformatorių TMG- 160/10. Naudojami „Mitsubishi Electric“ saulės moduliai, bei ABB firmos inverteriai. Apskaičiuoti galimi trumpųjų jungimų parametrai, parinkta apsauga nuo jų. Parinkti laidininkai, atitinkantys reikalavimus. Suprojektuota saulės elektrinės elektros sistema, parinkti jos elementai. Saulės elektrinė yra projektuojama ant laisvai statomų konstrukcijų, todėl gali būti plečiama, taip didinant jos galią. Elektrinė saugoma 5 pasyvių žaibolaidžių, sujungtų su įžeminimo kontūru. Suprojektuota apsauga nuo žaibo saugo saulės elektrinę nuo galimų pažeidimų. Planuojama, kad pagaminant 22,913 MWh elektros energijos per metus, elektrinė generuos 2501 € pelno, tokiu būdu atsipirkdama per 15 metų.

Reikšminiai žodžiai (iki 8 žodžių):

Saulės elektrinė, inverteriai, apsauga nuo žaibo.

Vėta, M. Connection of 20 kW Solar Power Plant to Electric Power Distribution Network. Final project of bachelor degree / supervisor doc. dr. Povilas Marčiulionis; Kaunas University of Technology, Faculty of Electricity and Electronics engineering, Department of Electrical power systems.

Kaunas, 2015. 40 p.

SUMMARY

In this bachelor's work according to EU motivation of widening renewable energy distribution was designed 20 kW solar power plant. This small power plant will be used for commercial purposes so it will be connected to power distribution network which belongs to joint-stock company „LESTO“ through transformer TMG-160/10. In the project „Mitsubishi Electric“ solar modules and ABB company's inverters were used. Short circuit parameters were determined, and according to them short circuit breakers were selected. Wires and cables were selected according to standing rules. Solar power plant is designed to stand on free-mounting constructions so it can be easily expanded and its power can be increased. Power plant is secured with 5 passive lightning protection rods which are connected to grounding. Lightning protection was designed to protect solar plant from destruction. It is foreseen that solar power will generate 22,913 MWh of electric power per year; annual profit will be 2501 € and in 15 years solar power plant will pay dividends.

Keywords (up to 8 words):

Solar power plant, inverters, lightning protection.

TURINYS

ĮVADAS	10
1. SAULĖS ELEKTRINĖ	11
1.1 Objekto charakteristika	11
1.2 Fotomodulių ir inverterio charakteristika	11
1.3 Laikančioji konstrukcija.....	15
1.4 Ekspozicija	16
1.5 Šešėliavimas.....	19
2. LAIDININKŲ PARINKIMAS.....	20
3. AVARINIAI REŽIMAI	23
3.1 Trumpųjų jungimų parametrų nustatymas.....	24
3.2 Automatinių jungiklių parinkimas.....	27
4. APSAUGA NUO VIRŠĖTAMPIŲ	28
5. PASKIRSTYMO SPINTOS ELEMENTŲ PARINKIMAS	29
6. ĮŽEMINIMAS.....	29
7. APSAUGA NUO ŽAIBO	32
8. EKONOMINIS ĮVERTINIMAS	34
IŠVADOS	37
LITERATŪRA	38
PRIEDAI	40
Priedas Nr. 1 Saulės modulio techniniai parametrai	41
Priedas Nr. 2 Inverterio techniniai parametrai.....	42
GRAFINĖ MEDŽIAGA	43

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1. 1 lentelė. Fotovoltinio modulio specifikacijos
2. 2 lentelė. Modulio srovė ir galia esant -25°C
3. 3 lentelė. Inverterio duomenys
4. 4 lentelė. Daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija (kWh/m^2), tenkanti horizontaliam paviršiui kiekvieną mėnesį ir per metus
5. 5 lentelė. Elektros energijos vidutinis pagaminimas per dieną pasirinktoje vietoje, 37° pakreipimu į horizontą
6. 6 lentelė. Laidininkų skerspjūviai ir įtampos nuostoliai L2, L3 ir L4 linijose
7. 7 lentelė. Laidų skerspjūviai ir įtampų nuostoliai
8. 8 lentelė. Linijos trumpieji jungimai
9. 9 lentelė. Apytikrė saulės elektrinės įrengimo kaina

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1. 1 pav: Objekto vieta žemėlapyje.
2. 2 pav: Fotovoltinių modulių montavimo pavyzdys.
3. 3 pav: Elektros energijos pagaminimas per metus, kiekvieną mėnesį.
4. 4 pav: Fotovoltinio modulio posvyrio kampas β ir saulės spindulių kritimo kampas γ .
5. 5 pav: Trumpųjų jungimų tipai.
6. 6 pav: Trumpųjų jungimų schema.
7. 7 pav: Selektivumo kreivės. Mėlyna spalva pažymėtas Acti9iC60 automatinis jungiklis, raudona- Acti9C120.
8. 8 pav: Žaibolaidžio apsaugos zona, kur L - atstumas tarp dviejų žaibolaidžių, h - žaibolaidžio aukštis, h_c - minimali apsaugos zona tarp 2 žaibolaidžių, r_x - žaibolaidžio apsaugos spindulys 1,3 m aukštyje.
9. 9 pav. Projekto atsiperkamumo schema

IVADAS

Didėjant aplinkos užterštumui svarbu stengtis sumažinti taršą. Tą pasiekti galima mažinant elektrą gaminančių elektrinių išmetamųjų kietųjų dalelių kiekį, didinant visuomenės sąmoningumą.

Europos Sąjunga, kartu su Lietuva skatina atsinaujinančių energijos šaltinių diegimą. Tam skirtos ES paramos bei subsidijos, kuriomis naudojantis galima greitai bei plačiai modernizuoti LR energetikos sistemą. Naudojant atsinaujinančius išteklius galima gaminti ne tik elektros energiją, bet ir aprūpinti šiluma didžiąją dalį Lietuvos.

Saulės energijos elektrinės Lietuvoje per 2013 m. pagamino apie 45 GWh arba 1,3% visos šalyje pagamintos elektros energijos. 2013 m. pabaigoje šalyje veikė apie 1852 saulės energijos jėgainės, tiekiančios elektrą bendrovei LESTO. Bendra instaliuota galia apie 61 MW. Mažesnėms kaip 30 kW įrengtosios galios saulės šviesos energijos elektrinėms, saulės šilumos energijos kolektoriams taikomi supaprastinti įrengimo reikalavimai.

Baigiamojo bakalaurnio darbo metu projektuojama mažos galios saulės elektrinė.

Darbo tikslas: suprojektuoti 20kW saulės elektrinę Kauno rajone, Lapių miestelyje, kuri bus jungiama į paskirstytąjį elektros tinklą per transformatorių, priklausantį AB „LESTO“.

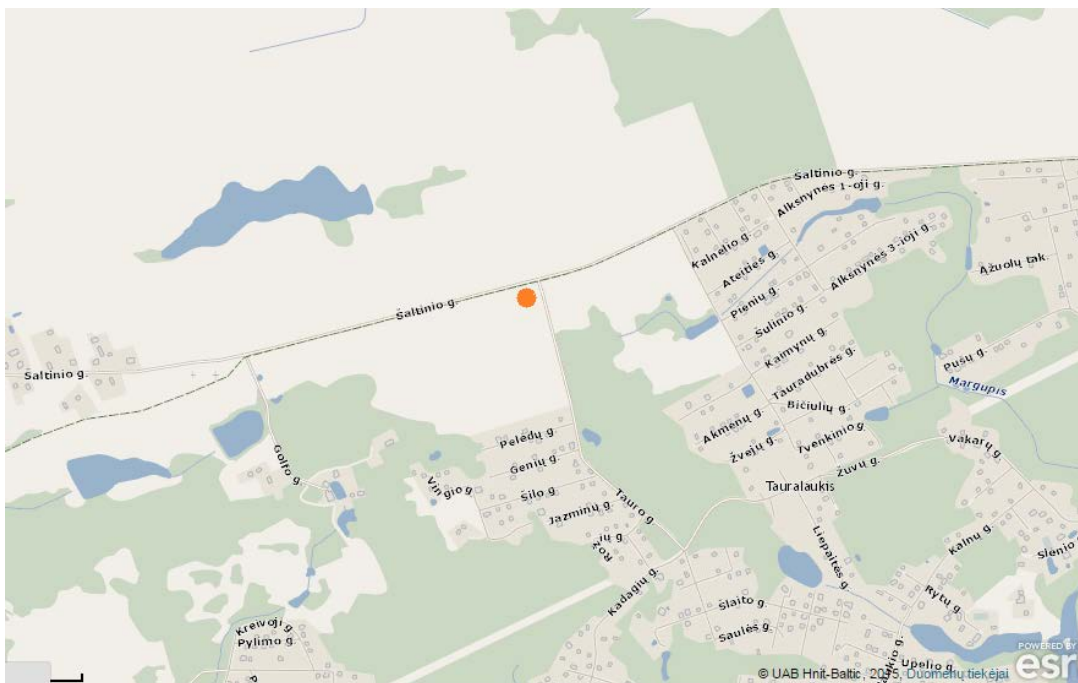
Uždaviniai:

1. Parinkti saulės elektrinės fotovoltinius modulius, įtampos keitiklius, montavimo konstrukciją bei tarpus tarp fotovoltinių modulių eilių, atsižvelgiant į šešėliavimą;
2. Parinkti laidininkus, apskaičiuoti avarinius režimus, parinkti apsaugą nuo trumpųjų jungimų, parinkti kirtiklius paskirstymo spintoje ir komercinėje apskaitos spintoje ir apsaugą nuo viršįtampių;
3. Apskaičiuoti vidutinę saulės ekspoziciją per metus, elektros energijos pagaminimą ir saulės elektrinės atsiperkamumą;
4. Apskaičiuoti objekto įžeminimą ir žaibosaugą.

1. SAULĖS ELEKTRINĖ

1.1 Objekto charakteristika

Saulės elektrinė projektuojama Kauno rajone, Lapių miestelyje. Objekto vietos koordinatės- 55° 0' 33.37", 24° 2' 51.23". Projektuojama 20 kW saulės elektrinė yra privačiame žemės sklype. Naudojami 80 saulės modulių, kurie variniais laidais jungiami į du inverterius. Inverteriai variniais laidais jungiami į paskirstymo skydą, kuriame sudėta automatinė apsauga ir paskirstymo elementai. Iš paskirstymo skydo variniais laidais linija vedama į komercinės apskaitos spintą. Iš spintos visa saulės elektrinės sistema jungiama į AB LESTO transformatorių, kur jungiama į 4 narvelį. Saulės elektrinė montuojama ant laisvai statomų konstrukcijų. Suprojektuotas įžeminimo kontūras, bei apsauga nuo žaibo.



1 pav. Objekto vieta žemėlapyje. [1]

1.2 Fotomodulių ir inverterio charakteristika

Saulės elektrinei parinkti „MITSUBISHI ELECTRIC“ firmos, MLU serijos saulės moduliai, kurie yra gaminami 250W ir 255W galios. Šios panelės buvo pasirinktos todėl, kad

pritaikius inovatyvius gaminimo ir projektavimo būdus buvo pasiektas didelis efektyvumas. Kadangi šie fotovoltiniai moduliai gaminami naudojant bešvinius lydmetalius, jie gali būti naudojami net ir zonose, kur yra griežta aplinkosauga. Taip pat šie saulės moduliai yra atsparūs agresyvioms aplinkos sąlygoms, o jų laidų sujungimo dėžė yra atspari vandeniui ir aukštomis temperatūroms. [2]

1 lentelė. Fotovoltinio modulio specifikacijos

Gamintojas	MITSUBISHI ELECTRIC
Modelis	PV-MLU250HC
Maksimali galia, P_{MAX}	250Wp
Atviros grandinės įtampa, U_{AG}	37,6V
Trumpojo jungimo srovė, I_{TJ}	8,79A
Nominali įtampa, U_{NOM}	31V
Norminali srovė, I_{NOM}	8,08A
Matmenys	1625 x 1019 x 46 mm
Sertifikatai	IEC 61215 2nd Edition, UL1703

Pilna fotovoltinių modulių specifikacija pateikiama priede Nr. 1.

Siekiant išgauti didesnę saulės elektrinės galią, moduliai yra jungiami į modulynus. Modulynas gali būti suformuotas modulius jungiant nuosekliai ir lygiagrečiai, kadangi parinkti moduliai yra identiški ir veikia tokiais pačiomis sąlygomis. Tuomet galima sakyti, jog moduliai dirba idealiu atveju. Todėl, dviejų nuosekliai sujungtų modulių, arba modulių bloką įtampa yra sumuojama, o srovė išlieka nepakitusi. [3]

$$U_{FE} = U_{FE1} + U_{FE2} + U_{FE3} + \dots + U_{FEn} \quad (1.2.1)$$

čia U_{FE} - modulyno suminė įtampa, U_{FE1} - atskiro modulyno elemento įtampa.

$$I_{FE} = I_{FE1} = I_{FE2} = I_{FE3} = \dots = I_{FEn} \quad (1.2.2)$$

Modulius jungiant lygiagrečiai įtampa išlieka nepakitusi, o srovė sumuojasi:

$$U_{FE} = U_{FE1} = U_{FE2} = U_{FE3} = \dots = U_{FEn} \quad (1.2.3)$$

$$I_{FE} = I_{FE1} + I_{FE2} + I_{FE2} + \dots + I_{FE n} \quad (1.2.4)$$

Moduliai yra jungiami po 2 modulius į bloką lygiagrečiai ir po 10 blokų į eilę:

$$U_{eilės} = U_{AG} * n \quad (1.2.5)$$

čia n- modulių blokų skaičius.

Iš 1.2.5 formulės:

$$U_{eilės} = 31 * 10 = 310 \text{ V}$$

Iš 1.2.4 formulės:

$$I_{eilės} = I_{NOM} * n \quad (1.2.6)$$

čia n- lygiagrečiai sujungtų modulių skaičius.

Iš 1.2.6 formulės:

$$I_{eilės} = I_{NOM} * 2 = 16,16 \text{ A}$$

Bendra eilės išėjimo įtampa $U_{eilės} = 310 \text{ V}$, srovė $I_{eilės} = 16,16 \text{ A}$.

Mažėjant aplinkos temperatūrai panelės įtampa ir galia didėja, o srovė mažėja, todėl būtina perskaičiuoti nominalius duomenis tam, kad įsitikintume, jog inverteris sugebės dirbti esant kintamoms aplinkos sąlygoms.

$$U_{-25^{\circ}\text{C}} = U_{NOM} + (U_{NOM} * \eta * \Delta t) \quad (1.2.7)$$

čia U_{NOM} - atviros grandinės įtampa, η - pataisos koeficientas, Δt - temperatūrų skirtumas.

$$(1.2.8)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

čia t_2 - aukštesnioji darbinė temperatūra (25°C), t_1 - žemutinė darbinė temperatūra (-25°C).

Iš 1.2.7 formulės:

$$U_{-25^{\circ}\text{C}}=31+(31*0,0035* 50)=36,425 \text{ V}$$

Kadangi 2 modulių eilės yra jungiamos lygiagrečiai, jų įtampa išlieka nepakitusi, o srovė išauga dvigubai:

$$U_{\text{eilės}}= U_{-25^{\circ}\text{C}}*n \quad (1.2.9)$$

čia n- modulių blokų skaičius eilėje.

Iš 1.2.9 formulės:

$$U_{\text{eilės}}= 36,425*10=364,25 \text{ V}$$

Pagal 1.2.7 formulę analogiškai perskaičiuojama srovė ir galia, įvertinant temperatūrinius pokyčius. Rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

$$I_{-25^{\circ}\text{C}}=I_{\text{NOM}}+(I_{\text{NOM}}*\eta*\Delta t) \quad (1.2.10)$$

čia I_{NOM} - nominalioji modulio srovė, η - pataisos koeficientas 0,056%/°C.

$$P_{-25^{\circ}\text{C}}=P_{\text{MAX}}+(P_{\text{MAX}}*\eta*\Delta t) \quad (1.2.11)$$

čia P_{MAX} - maksimali modulio galia, η - pataisos koeficientas -0,45%/°C

2 lentelė. Modulio srovė ir galia esant -25°C.

Nominali srovė, A	Pataisos koeficientas, %	Nominali srovė prie -25°C, A
8,08	0,056%/°C	7,85
Maksimali galia, W	Pataisos koeficientas, %	Nominali galia prie -25°C, W
250	-0,45%/°C	306

Buvo parinktas ABB firmos PVI- 12,5- TL-OUTD Grid Tie inverteris. Inverterio nominalioji galia $P_{\text{NOM}}= 12,8\text{kW}$. Kadangi projektuojamoji sistema yra 20kW galios, naudojami 2 inverteriai, kurių suminė galia yra 25,6kW. Tai tenkina saulės elektrinės galios poreikį iš inverterio tam, kad sistema veiktų. Inverteris turi du DC įėjimus, ko pakanka daliniam sistemos pajungimui. Naudojant 2 inverterius sistemą galima sujungti pilnai, neviršijant leistinų inverterio

įvado reikšmių. [4] Inverterio duomenys pateikiami 3 lentelėje. Išsami specifikacija pateikiama priede Nr. 2.

3lentelė. Inverterio duomenys

Darbinė įvado įtampa	0,7 x 360...850V
Įvadų skaičius	2
Maksimali galia	12800W
Maksimali vieno įvado galia	8000W
Maksimali įvado įėjimo srovė	36A/18A
Inverterio naudingumo koeficientas	97,20%

1.3 Laikančioji konstrukcija

Kadangi saulės elektrinė projektuojama atviroje erdvėje, t.y. ne ant namo stogo, reikia parinkti montavimo konstrukciją. Parenkama laisvai į žemę montuojama karkasinė konstrukcija, pagaminta iš anoduoto plieno. Tokia konstrukcija lengvai montuojama, gali būti lengvai keičiami jos parametrai.



2 pav. Fotovoltinių modulių montavimo pavyzdys [5]

1.4 Ekspozicija

Projektuojant saulės elektrinės sistemą atsižvelgta į vidutinę metinę saulės ekspoziciją. Saulės elektrinės pagaminama elektros energija priklauso nuo meteorologinių sąlygų bei saulės elektrinės ploto.

Saulės elektrinės plotas skaičiuojamas dauginant vieno saulės modulio plotą iš saulės modulių skaičiaus:

$$S_{SE}=A*B*n \quad (1.4.1)$$

čia- A ir B- saulės modulio kraštinės, n- modulių skaičius.

Saulės ekspozicija skaičiuojama į horizontalią plokštumą (x formulė):

$$E_{s.i.}=S_{SE}*E_{h.i.} \quad (1.4.2)$$

čia $E_{s.i.}$ - pilnutinė saulės ekspozicija (Wh/m^2) per i-tąjį laikotarpį, S_{SE} - saulės elektrinės bendrasis plotas, $E_{h.i.}$ - pilnutinė saulės ekspozicija per i-tąjį laikotarpį kvadratiniam metrui.

Kadangi saulės fotomoduliai nėra efektyvūs 100%, pagaminama energija perskaičiuojama įvertinant saulės fotomodulių efektyvumą, kuris parinktiems fotomoduliams yra 15% :

$$E_{pv}=E_{s.i.}*\eta \quad (1.4.3)$$

čia E_{pv} - fotomodulių pagaminama elektros energija įvertinus naudingumo koeficientą, η - naudingumo koeficientas, 15%.

Įvertinant elektros energiją, kuri bus tiekama į tinklą per transformatorių, yra įvertinami nuostoliai inverteryje:

$$E_i=E_{pv}*n_{inv} \quad (1.4.4)$$

čia E_i - į tinklą atiduodama elektros energija; n_{inv} - inverterio naudingumo koeficientas, 97,2%.

Lentelėje pateikiama daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija (kWh/m^2), tenkanti horizontaliam paviršiui kiekvieną mėnesį ir per metus.

4 lentelė. Daugiametė vidutinė pilnutinė saulės ekspozicija (kWh/m²), tenkanti horizontaliam paviršiui kiekvieną mėnesį ir per metus. [6]

Vietovė (HSM)	01 mėn.	02 mėn.	03 mėn.	04 mėn.	05 mėn.	06 mėn.	07 mėn.	08 mėn.	09 mėn.	10 mėn.	11 mėn.	12 mėn.	Iš viso
Šilutė	15	33	72	106	154	169	161	143	96	55	16	9	1029
Nida	14	31	72	108	155	171	165	148	97	54	17	10	1042
Kaunas	16	33	70	99	146	155	150	138	90	52	16	19	984
Vilnius	16	34	69	93	142	146	142	136	84	50	17	10	939
Telšiai	14	32	69	104	154	168	156	141	96	55	19	11	1019
Šiauliai	13	31	68	100	154	163	153	142	94	53	17	9	997
Klaipėda	12	31	67	102	155	168	161	147	94	53	16	8	1014
Vėžaičiai	13	32	67	104	153	154	155	140	94	53	14	8	987
Utena	15	33	67	96	145	151	147	133	84	50	16	8	945
Biržai	8	27	65	96	148	156	151	135	83	46	9	2	926
Dotnuva	10	29	70	103	154	164	158	145	92	50	11	3	989
Dūkštas	9	28	65	97	150	157	153	137	84	47	10	1	938
Kybartai	20	37	74	103	148	157	152	140	93	56	21	14	1015
Lazdijai	19	37	74	103	150	159	153	142	94	56	20	13	1020
Varėna	11	31	68	94	147	152	147	142	85	48	11	3	939

Iš 1.4.1 formulės:

$$S_{SE}=1,019*1,625*80=132m^2$$

Iš 1.4.2 formulės ekspozicija į visą saulės elektrinės plotą:

$$E_{s,i}=S_{SE}*E_{h,i}=132*984=129888 \text{ kWh}$$

Iš 1.4.3 formulės saulės fotomodulių pagaminama elektros energija:

$$E_{pv}=129988*0,15=19483,2 \text{ kWh}$$

Iš 1.4.4 formulės į tinklą tiekama elektros energija, įvertinus inverterio naudingumo koeficientą:

$$E_i=19483,2*0,972=18937,7 \text{ kWh}=18,938 \text{ MWh}$$

Projektuojamame objekte saulės moduliai nėra išdėstyti horizontaliai, o pakreipti 37° horizonto atžvilgiu, todėl perskaičiuojamos elektros energijos, atsižvelgiant į pokrypį. Dėl to naudojama europa.eu pateikiama saulės elektrinės skaičiuoklė, pritaikoma konkrečiai parinktai

vietai, kur projektuojamas saulės elektrinių parkas. Konkrečiu atveju, naudojant programą „Photovoltaic Geographical Information System- Interactive Maps“, buvo nurodytos projektuojamos SE koordinatės- 55°0'33" Š, 24°2'50" R bei nurodžius pasirinktą modulių posvyrio kampą- 37°. [7]

5 lentelė. Elektros energijos vidutinis pagaminimas per dieną pasirinktoje vietoje, 37° pakreipimu į horizontą [7]

Mėnuo	Pilnutinė saulės ekspozicija kvadratiniam metrui, kWh	Pilnutinė saulės ekspozicija fotomodulių plotui, E_{si}, kWh	Fotomodulių pagaminama elektros energija, E_{pv}, kWh	Elektros energija tiekiamą apkrovoms, E_i, kWh
Sausis	0,807	106,5	16,1	15,6
Vasaris	1,620	213,8	32,3	31,3
Kovas	3,540	467,3	70,6	68,4
Balandis	4,900	646,8	97,7	94,7
Gegužė	5,470	722,0	109,0	105,8
Birželis	5,440	718,1	108,4	105,2
Liepa	5,200	686,4	103,6	100,5
Rugpjūtis	4,820	636,2	96,1	93,2
Rugsėjis	3,730	492,4	74,3	72,1
Spalis	2,040	269,3	40,7	39,4
Lapkritis	0,815	107,6	16,2	15,8
Gruodis	0,582	76,8	11,6	11,3
Iš viso vid. per dieną	3,247	428,604	64,719	62,778

Elektros energijos metinis pagaminimas įvertinamas ir apskaičiuojamas pagal 2.4.5 formulę:

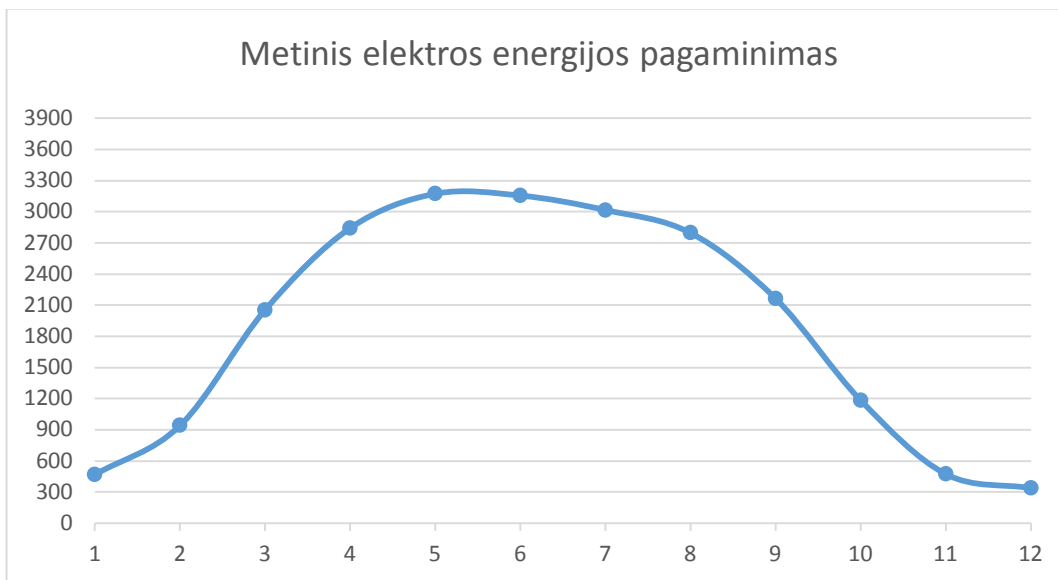
$$E_{\text{sum. vid.}} = E_i * 365 \quad (1.4.5)$$

čia 365- dienų skaičius per metus.

Iš 1.4.5 formulės

$$E_{\text{sum.vid}}=62,778*365=22,913 \text{ MWh}$$

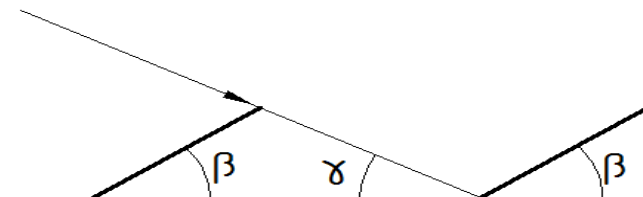
Metinis elektros energijos pagaminimas pavaizduotas 3 paveiksle.



3pav. Elektros energijos pagaminimas per metus, kiekvieną mėnesį.

1.5 Šešėliavimas

Projektuojant SE svarbu atsižvelgti į optimalius tarpus tarp eilių, tam, kad viena fotovoltinių modulių eilė neužstotų kitos, taip sumažindama jos gaminamą saulės energiją. Priimame, kad Šiaurės pusrutulyje, gruodžio 21 dienos popietę neturėtų būti jokio šešėliavimo. Kad tai pasiektume reikalinga, kad Saulės laipsnis γ_s būtų 15° [8][9.3 lentelė].



4 pav. Fotovoltinio modulio posvyrio kampas β ir saulės spindulių kritimo kampas γ_s .

Tokiu atveju minimalus tarpas tarp eilių gali būti apskaičiuojamas pagal formulę:

$$d_{\min} = b * \frac{\sin(\gamma_s + \beta)}{\sin\gamma_s} \quad (1.5.1)$$

čia b - fotovoltinio modulio ilgis [m], γ_s - saulės azimuto kampas, β - fotovoltinio modulio posvyrio kampas.

Iš 1.5.1 formulės:

$$d_{\min} = 1,625 * \frac{\sin(15+37)}{\sin 15} = 4,95 \text{ m} \quad (1.5.2)$$

Iš formulės matome, kad reikalingas minimalus tarpas tarp fotovoltinių modulių eilių- 5 metrai.

2. LAIDININKŲ PARINKIMAS

Laidininkų parinkimo tikslas - užtikrinti sistemos veikimą, parenkant tinkamą laidininko skerspjūvio plotą. Dėl srovės, tekančios laidininku ir juose atsirandančių nuostolių, dalis elektros energijos tampa šilumine energija, dėl ko laiduose gali prasidėti pirmalaikis dėvėjimasis.

Parinkant laidininkų skerspjūvį pagal ilgalaikę leistinąją srovę, reikia palyginti laidininku tekančią srovę su duotąja lentelėse [9]

$$I_{sk.} \leq I_l \quad (2.1)$$

čia $I_{sk.}$ - maksimali laidininku tekanti srovė, I_l - ilgalaikė leistinoji laidininko srovė.

Renkant laidus linijos šakose nuo saulės fotomodulių iki inverterio, vertinamas laido ilgis ir fotomodulių grupės srovė:

Iš 1.1.6 formulės $I_{eilės} = 16,16 \text{ A}$, o linijos ilgis $L_1 = 10,5 \text{ m}$. Pagal leistinąją ilgalaikę srovę parinktas $1,5 \text{ mm}^2$ skerspjūvio laidininkas [10]. Kadangi induktyvioji varža nuo skerspjūvio ploto beveik nepriklauso [9], tai klojant kabelius atvirai ją galima paneigti, kai $S \leq 10 \text{ mm}^2$. Todėl paneigus linijos induktyvumą, vienfazėje nuolatinės srovės linijoje įtampo nuostolius galima apskaičiuoti pagal formulę:

$$\Delta U_{\%} = 2 * \frac{P_{sk} * l}{U_n^2} * r_0 \quad (2.2)$$

čia P_{sk} - linijos galia, l - linijos ilgis $L1$, U_n - nominali linijos įtampa, r_0 - laido aktyvioji varža.

Iš 2.2 formulės:

$$\Delta U_{\%} = 2 * \frac{5000 * 10,5}{364,25^2} * 13,25 * 10^{-2} = 1\%$$

Kadangi įtampos nuostoliai nuo saulės fotomodulių iki paskirstymo spintos ir komercinės apskaitos spintos turi būti $\leq 1\%$, matome, jog parinktas laido skerspjūvis tenkina sąlygą.

Analogiškai apskaičiuojant L2, L3 ir L4 linijas, skaičiavimų rezultatai pateikiami lentelėje:

6 lentelė. Laidininkų skerspjūviai ir įtampos nuostoliai L2, L3 ir L4 linijose

Linija	Laidininko skerspjūvis, mm ²	Įtampos nuostoliai, %
L2	1,5	0,39
L3	1,5	0,56
L4	2,5	0,7

Trifazėje linijoje įtampos nuostoliai skaičiuojami įvertinant laidų reaktyviasias ir aktyviasias varžss, pagal parinktąjį laidą. Kadangi nuo inverterio iki paskirstymo skydo tekanti srovė yra $I_{inv} = 22A$, parenkamas laidas $1,5 \text{ mm}^2$.

$$R_{linijos} = \sqrt{\frac{r_0^2 * l}{1000} + \frac{x_0^2 * l}{1000}} \quad (2.3)$$

čia r_0 - varinio, $1,5 \text{ mm}^2$ laido aktyvioji varža [$m\Omega$], x_0 - varinio, $1,5 \text{ mm}^2$ laido reaktyvioji varža, [$m\Omega$].

Iš 2.3 formulės:

$$R_{linijos} = \sqrt{\frac{13,25^2 * 4}{1000} + \frac{8,11^2 * 4}{1000}} = 0,053 \Omega$$

Pilnutinis įtampos kritimas linijos varžoje:

$$IZ = \sqrt{(I_{sk} * R)^2 + (I_{sk} * X)^2} \quad (2.4)$$

čia IZ- skaitinė įtampos kritimo linijoje vertė [V], R- aktyvioji varža [mΩ], X- induktyvioji varža [mΩ], I_{sk}- linijos srovė.

Iš 2.4 formulės:

$$IZ = \sqrt{\left(\frac{I_{sk} * X_0 * l}{1000}\right)^2 + \left(\frac{I_{sk} * r_0 * l}{1000}\right)^2} \quad (2.5)$$

čia l- linijos ilgis [m].

Iš 2.5 formulės skaičiuojamas įtampos nuostolis linijoje:

$$IZ = \sqrt{\left(\frac{22,55 * 13,35 * 4}{1000}\right)^2 + \left(\frac{22,55 * 0,11 * 4}{1000}\right)^2} = 1,204 \text{ V}$$

Įtampos kritimas procentais:

$$\Delta U\% = \frac{IZ}{U_{fazinė}} * 100\% \quad (2.6)$$

čia ΔU%- įtampos nuostoliai procentais, IZ- įtampos nuostoliai linijoje, U_{fazinė}- fazės įtampa lygi 230V.

Iš 2.6 formulės:

$$\Delta U\% = \frac{1,204}{230} * 100\% = 0,52\%$$

Kadangi ΔU% < 1%, sąlyga yra tenkinama, laidas tinkamas.

Analogiškai skaičiuojami nuostoliai kitose linijose, kur leidžiami nuostoliai yra 1%, išskyrus liniją nuo komercinės apskaitos spintos iki transformatoriaus, kur linijos nuostoliai leidžiami 5%. [9]. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 7 lentelėje:

7 lentelė. Laidų skerspjūviai ir įtampų nuostoliai

Linija	Linijos ilgis, m	Fotomodulių maksimalaus darbo taško galia P, kW	Fotomodulių grupės maksimalaus darbo taško įtampa U, V	Laidininko skerspjūvis, mm ²	Laido varža, Ω	Įtampos nuostoliai ΔU, V	Įtampos nuostoliai ΔU, %
INV- PS	4	5	364,25	1,5	0,053	1,204	0,52
PS- KAS	5	20	364,25	6	0,017	0,829	0,36
KAS- T	260	20	364,25	25	0,209	10,39	4,52

3. AVARINIAI REŽIMAI

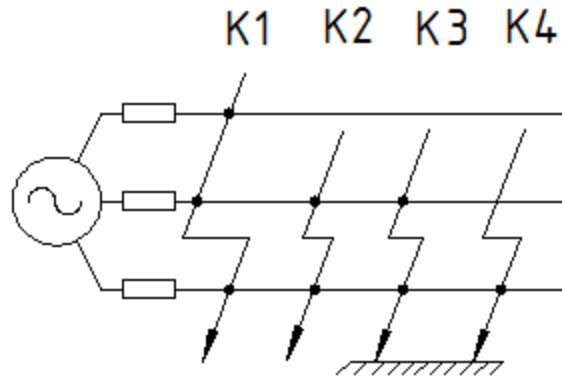
Trumpasis jungimas - įtampą turinčios elektros grandinių fazių susijungimas tarpusavyje, tarpusavyje ir su žeme, arba tik su žeme, arba su įžemintomis įrenginių dalimis.

Trumpųjų jungimų priežastimis gali būti:

- mechaninis elektros įrenginių izoliacijos pažeidimas;
- atmosferiniai ir komutaciniai viršįtampiai;
- eksploatuojančio personalo kaltė;
- išorinis poveikis (gyvuliai, paukščiai, žvėrys);
- izoliacijos senėjimas.

Trumpieji jungimai gali būti:

- Trifaziai, K1, - kai trys tinklo elemento fazės susijungia tarpusavyje. Jie sudaro 3-5% visų trumpųjų jungimų.
- Dvifaziai, K2, - kai tarpusavyje susijungia kurios nors dvi elektros tinklo fazės. Jie sudaro 10- 15% visų trumpųjų jungimų
- Vienfaziai, K3, - kai viena elektros tinklo fazė susijungia su žeme arba nuliniu laidu. Jie sudaro 65- 70% visų trumpųjų jungimų.
- Dvifazis su žeme, K4, - kai susijungia dvi tinklo fazės ir žemė arba nulinis laidas. Jie sudaro 20-25% visų trumpųjų jungimų [11].

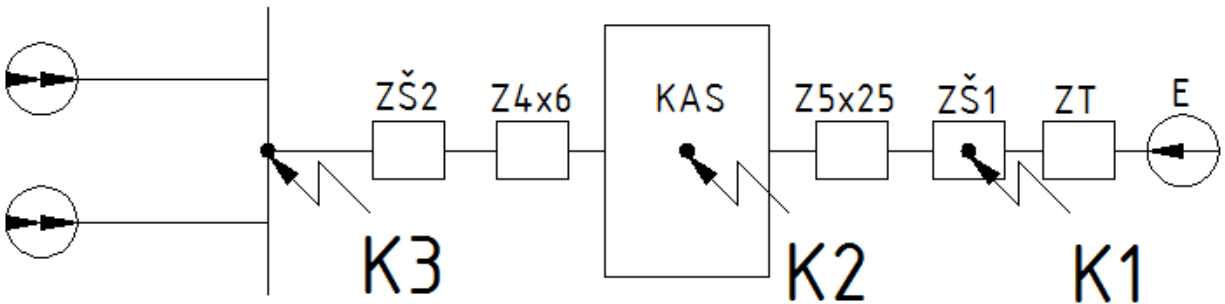


5 pav. Trumpųjų jungimų tipai.

3.1 Trumpųjų jungimų parametrų nustatymas

Skaičiuojant trumpuosius jungimus, būtina įvertinti linijos aktyviąją varžą r_0 bei induktyviąją varžą x_0 . Norint skaičiuoti trumpuosius jungimus, reikia įvertinti, kuriuose tinklo taškuose trumpasis jungimas gali įvykti. Taip pat būtina įvertinti linijos varžas, kurios kinta atitinkamai pagal vietą, kurioje vyksta trumpasis jungimas.

Sudaroma principinė trumpųjų jungimų schema:



6 pav. Trumpųjų jungimų schema

Trumpieji jungimai skaičiuojami taškuose K1 - šynos transformatoriuje, K2 - komercinėje apskaitos spintoje, K3 - paskirstymo spintos šynose.

Pagal [9] ir [11] literatūrą:

K1 trumpojo jungimo skaičiavimas atliekamas įvertinant transformatoriaus varžą ir įtampą:

$$I_{TJ} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}} \quad (3.1.1)$$

čia U_n - įtampa tos tinkle dalies, kurioje nagrinėjamas trumpasis jungimas, r_{Σ} - suminė reaktyvioji trumpai jungtos grandinės varža, x_{Σ} - suminė aktyvioji trumpai jungtos grandinės varža.

Skaičiuojant trumpuosius jungimus įvertinama ir srovė, trumpojo jungimo metu tekanti iš inverterio, kuri gali būti apskaičiuojama:

$$I_{inv.tj} = \frac{I_{tj.max}}{I_{inv}} * I_{inv} \quad (3.1.2)$$

čia $I_{inv.tj}$ - srovė tekanti iš inverterio trumpojo jungimo metu, $I_{tj.max}$ - maksimali inverterio trumpojo jungimo srovė, I_{inv} - maksimali inverterio išėjimo srovė.

Pagal 3.1.1 ir 3.1.2 formules:

$$I_{TJ} = \frac{I_{tj.max}}{I_{inv}} * I_{inv} + \frac{U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{r_{\Sigma}^2 + x_{\Sigma}^2}} \quad (3.1.3)$$

Transformatoriaus aktyvioji varža, perskaičiuota trumpojo jungimo taško įtampai:

$$r_t = \frac{\Delta P_{tr} * U_n^2}{S_{TN}^2} * 10^3 \quad (3.1.4)$$

čia r_t - transformatoriaus aktyvioji varža [Ω], ΔP_{tr} - transformatoriaus trumpojo jungimo nuostoliai [kW], U_n - tinklo įtampa [kV], S_{TN} - transformatoriaus pilnutinė galia [kVA].

$$z_t = \frac{U_{TJ}\% * U_n^2}{100 * S_{TN}} \quad (3.1.5)$$

čia z_t - transformatoriaus pilnutinė varža [Ω], $U_{TJ}\%$ - transformatoriaus trumpojo jungimo įtampos nuostoliai [%], U_n - tinklo įtampa [V].

$$x_t = \sqrt{z_t^2 - r_t^2} = \sqrt{\left(\frac{U_{TJ}\% * U_n^2}{100 * S_{TN}}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{tr} * U_n^2}{S_{TN}^2} * 10^3\right)^2} \quad (3.1.6)$$

čia x_t - transformatoriaus induktyvioji varža [Ω].

Iš 3.1.4 formulės:

$$r_t = \frac{2,35 * 0,4^2}{160^2} * 10^3 = 0,01468 \Omega$$

Iš 3.1.6 formulės:

$$x_t = \sqrt{z_t^2 - r_t^2} = \sqrt{\left(\frac{7 * 400^2}{100 * 160000}\right)^2 - (0,01468)^2} = 0,06844 \Omega$$

Transformatoriaus varža:

$$z_t = 0,01468 + j0,06844 \quad (3.1.7)$$

čia z_t - transformatoriaus pilnutinė varža.

Pagal 3.1.2, 3.1.1 ir 3.1.7 formules:

$$I_{TJ} = \frac{22}{20} * 40 + \frac{400}{\sqrt{3} * \sqrt{0,01468^2 + 0,06844^2}} = 3343 \text{ A} = 3,34 \text{ kA}$$

Trumpieji jungimai K2 ir K3 skaičiuojami analogiškai, tačiau vertinama ne tik pilnutinė transformatoriaus varža, tačiau ir linijos bei šynų varža. Skaičiavimų rezultatai pateikiami lentelėje.

8 lentelė. Linijos trumpieji jungimai

Trumpasis jungimas	Linijos varža iki trumpojo jungimo $r_t + jx_t$	Linijos įtampa U, kV	Trumpojo jungimo srovė I, kA
K1	0,01468 + j0,06844	0,4	3,34
K2	0,282 + j0,265	0,4	1,59
K3	0,283 + j0,266	0,4	0,256

3.2 Automatinių jungiklių parinkimas

Automatinis jungiklis - įtaisas atjungiantis elektros grandinę įvykus gedimui, taip apsaugodamas įrenginius ir tinklą. Kadangi automatiniai jungikliai skirtingai nuo lydžiųjų saugiklių yra daugkartinio naudojimo, jie yra populiariesni ir dažniau naudojami, nei saugikliai. [12]

Parenkant automatinius jungiklius reikia atsižvelgti į 3 esminius principus:

- Nominali darbo srovė;
- Suveikimo charakteristika;
- Maksimali atjungimo geba.

Nominali srovė – srovė, kuri tekėdama grandine nepriverčia automatinio jungiklio suveikti.

Suveikimo charakteristika – automatinio jungiklio suveikimo sąsaja tarp srovės padidėjimo (impulso) ir laiko. Pagal BS EN 60898 standartą yra numatomos kelios charakteristikos, kurių svarbiausios yra B, C ir D.

B charakteristikos automatiniai jungikliai suveikia esant nedidelei perkrovai. Jie nustatyti suveikti, kai srovė, tekanti per jungiklį, bus nuo 3 iki 5 kartų didesnė už jungiklio nominalią srovę.

C charakteristikos automatiniai jungikliai mažiau jautrūs ir yra rekomenduojami naudoti tinkluose su induktyvinėmis apkrovomis. C charakteristikos jungikliai nustatyti suveikti, kai srovė, tekanti per jungiklį, bus nuo 5 iki 10 kartų didesnė už jungiklio nominalią srovę.

D charakteristikos automatiniai jungikliai yra dar mažiau jautrūs, ir yra nustatyti suveikti, kai srovė, tekanti per jungiklį, bus nuo 10 iki 20 kartų didesnė už jungiklio nominalią srovę.

Maksimali atjungimo geba - maksimali srovė, kuri gali tekėti automatinio jungiklio jo mechaniškai nesuardydama.

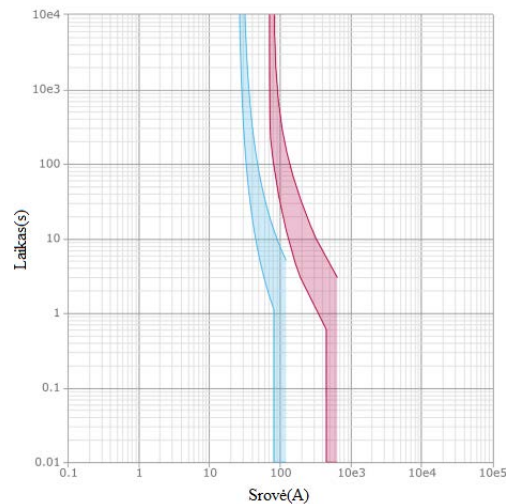
Atskiras automatinių jungiklių tipas yra skirtuminės srovės jungikliai, dar vadinami nuotėkio relėmis. Jie suveikia ne esant srovės perkrovai, o atsiradus srovės nuotėkiui į žemę. Tai įvyksta žmogui palietus neizoliuotą laidininką, kuriuo teka elektros srovė, arba esant blogai saugomos įrangos izoliacijai. Skirtuminės srovės jungiklių pagrindinis tikslas yra saugoti žmogų nuo pavojingo elektros smūgio. Šie jungikliai suveikia akimirksniu ir yra skirstomi pagal atkirtos srovę ir jautrumą. Jautrumas – tai nuotėkio srovės dydis, reikalingas, kad jungiklis suveiktų. [12]

Projektuojamoje sistemoje, atsižvelgiant į linija tekančias sroves bei trumpuosius jungimus parinkti Schneider Electric firmos, Acti9C120 ir Acti9iC60 serijos gaminiai.

Acti9C120 - keturpolis, 120A nominalios srovės, C kreivės, 10kA atjungimo gebos automatinis jungiklis.

Acti9iC60 - keturpolis, 60A nominalios srovės, B kreivės, 10kA atjungimo gebos automatinis jungiklis. [13]

Parenkant AJ svarbu atsižvelgti į suveikimo charakteristikas. Svarbu, kad jos nekirstų viena kitos, t.y., kad įvykus gedimui kažkurioje linijos dalyje, automatinis jungiklis atjungtų ne visą grandinę, bet tik tą dalį, kurioje yra įvykęs gedimas. Taip parinkti automatiniai jungikliai veikia selektyviai, t.y. pakopomis.



7 pav. Selektyvumo kreivės. Mėlyna spalva pažymėtas Acti9iC60 automatinis jungiklis, raudona - Acti9C120. [14]

4. APSAUGA NUO VIRŠĖTAMPIŲ

Renkant viršėtampių ribotuvus, komercinės apskaitos spintoje ir paskirstymo spintoje naudojamas B kategorijos ribotuvus. B kategorija (1 tipas) - iškrovikliai, kurie įrengiami įvadiniame arba skirstomajame skydelyje. Šios pakopos iškrovikliai nukrauna pirminį žaibo sukeltą viršėtampį, todėl jie testuojami artima žaibo sukelta srove I_{imp} , kurios impulso bangos forma 10/350 μ s. [15]

Parinktas ETITEC firmos viršįtampio ribotuvas ETITEC B, ETI 02441460. Kadangi tai yra 1P, norint tinkamai apsaugoti liniją, bus naudojami 4 vnt. šio viršįtampio ribotuvo. [16]

5. PASKIRSTYMO SPINTOS ELEMENTŲ PARINKIMAS

Paskirstymo spintoje bei komercinėje apskaitos spintoje naudojami kirtikliai. Jų funkcija, atjungti liniją. Parenkami pagal nominalią darbinę srovę. Projektuojamam objektui parinktas Schneider Compact INS63-4poles-63 kirtiklis. Tai 4 polių, 63A darbinės srovės kirtiklis, atitinkantis sistemos veikimo reikalavimus. [17]

6. ĮŽEMINIMAS

Įžeminimas - elektros įrenginių pasyviųjų dalių, t. y. normaliomis darbo sąlygomis neturinčių įtampos, kuri gali atsirasti dėl izoliacijos pažeidimo, sujungimas su žeme, per įžeminimo įrenginį. Įžeminimo įrenginiai turi užtikrinti žmonių apsaugą nuo elektros iškvos, apsaugoti elektros įrenginius ir užtikrinti tinkamą jų darbą.

Dirbtiniai įžemikliai turi būti variniai, plieniniai arba gelžbetoniniai (nedažyti). Dirbtinių įžeminimų elementus reikia išdėstyti taip, kad įtampa žemės atžvilgiu būtų kuo vienodžiau pasiskirsčiusi visoje elektros įrenginių užimamoje plokštumoje. [9]

Projektuojamo objekto vietoje vyrauja molis, tad pagal [9] 12.3 lentelę priimame, jog grunto savitoji varža yra $\rho=85 \Omega\text{m}$. Pagal [10] 1.7.31 punktą, įžeminimo varža tinkluose iki 1000V- $R \leq 10\Omega$.

Grunto savitosios varžos perskaičiavimas pagal sezoniškumą:

$$\rho = \rho_s * 1,6 \quad (6.1)$$

čia ρ - perskaičiuotoji grunto varža, ρ_s - savitoji grunto varža, 1,6- sezoninis pataisos koeficientas.

Iš 6.1 formulės:

$$\rho = 85 * 1,6 = 136\Omega\text{m}$$

Įžeminimui naudojame kampuočius. Vieno 2,5m ilgio, 0,05x0,05 kampuočio varža:

$$r = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\left(\frac{4l}{0,84b} \left(\frac{l+2t}{l+4t}\right)\right) \quad (6.2)$$

čia l - kampuočio ilgis [m], t - vidurio įgilinimo taškas [m], randamas pagal 7.3 formulę, b - kampuočio diametras [m].

$$t = h + 0,5 * l \quad (6.3)$$

čia h - įgilinimas [m].

Iš 6.3 formulės:

$$t = 0,8 + 0,5 * 2,5 = 2,05 \text{ m}$$

Iš 6.2 formulės:

$$r = \frac{136}{2\pi * 2,5} \ln\left(\frac{4 * 2,5}{0,84 * 0,05} \left(\frac{2,5 + 2 * 2,05}{2,5 + 4 * 2,05}\right)\right) = 43,19 \Omega$$

Skaičiuojamo objekto perimetras $P = 89,2 \text{ m}$, o atstumo, ir įžemiklio ilgio santykis $a/l = 2$, iš [9] 12.5 lentelės priimama, kad įžemiklių skaičius - 20, o ekranavimo koeficientas remiantis 12.5 lentele - $\eta_i = 0,63$. Tuomet patikslintas įžemiklių skaičius gali būti apskaičiuotas pagal formulę:

$$n = \frac{r}{\eta_i * R} \quad (6.4)$$

čia R - rekomenduotina varža [Ω], r - kampuočio varža [Ω], η_i - ekranavimo koeficientas.

Iš 6.4 formulės:

$$n = \frac{43,19}{0,63 * 10} = 6,85 \approx 7$$

Juosta jungianti įžemiklius paklota 0,8m gylyje nuo žemės paviršiaus. Grunto varža įkasimo gylyje įvertinus sezoniškumą, pagal 7.1 formulę, priimant, kad pataisos koeficientas yra 2,5:

$$\rho = 86 * 2,5 = 215 \Omega \text{ m}$$

Kai $P = 83,46 \text{ m}$, o juostos skerspjūvis yra 40x4mm, įžeminimo varža pagal [9] 12.4 lentelę:

$$r = \frac{\rho}{2\pi l} \ln\left(\frac{2 \cdot l^2}{bt}\right) \quad (6.5)$$

čia b - juostos skerspjūvis [m], t - įgilinimas [m], l - juostos ilgis [m].

Iš 6.5 formulės:

$$r = \frac{215}{2 \cdot \pi \cdot 89,2} \ln\left(\frac{2 \cdot 89,2^2}{0,04 \cdot 0,8}\right) = 5,37 \Omega$$

Iš [9] 12,6 lentelės randamas juostos ekranavimo koeficientas $\eta_j = 0,4$.

Tada juostos įžemėjimo varža:

$$r_j = \frac{r}{\eta_j} \quad (6.6)$$

Iš 6.6 formulės:

$$r_j = \frac{5,37}{0,4} = 13,42 \Omega$$

Apskaičiuojama būtina kampuočių kontūro įžemėjimo varža:

$$r_k = \frac{r_j \cdot R}{r_j - R} \quad (6.7)$$

Iš 6.7 formulės:

$$r_k = \frac{13,42 \cdot 10}{13,42 - 10} = 39,24 \Omega$$

Būtinai kampuočių skaičius:

$$n = \frac{r}{\eta_i \cdot r_k} \quad (6.8)$$

Iš 6.8 formulės:

$$n = \frac{39,24}{0,63 \cdot 40,58} = 1,53$$

Priimame, kad reikalingas kampuočių skaičius $n = 2$.

Visų įžemiklių atstojamoji varža:

$$r_z = \frac{r}{\eta_i * n} \quad (6.9)$$

Iš 6.9 formulės:

$$r_z = \frac{43,19}{0,63 * 2} = 34,27 \Omega$$

Apskaičiuojama viso įžeminimo kontūro varža, remiantis [9] 12-8 formule:

$$R_k = \frac{r_z * r_j}{r_z + r_j} \quad (6.10)$$

Pagal 6.10 formulę viso kontūro varža:

$$R_k = \frac{34,27 * 13,42}{34,27 + 13,42} = 9,62 \Omega$$

Kontūro varža neviršija [10] pateikiamų nuostatų, nes $R_k \leq R$.

7. APSAUGA NUO ŽAIBO

Projektuojant, statant ir eksploatuojant objektus labai svarbi apsauga nuo žaibo, nes išlydis gali sukelti neigiamų padarinių: sugriauti objektus, sukelti gaisrą, gali sugadinti elektronikos įrenginius, sužaloti žmones.

Kad būtų pasiektas apsaugos lygis ir apsisaugota nuo žaibo naudojami žaibo ėmikliai, arba kitaip - žaibolaidžiai. Jie būna dviejų tipų: pasyvūs ir aktyvūs žaibolaidžiai

Aktyvus žaibolaidis - įrenginys su įmontuota elektronine įranga, sukuriančia vainikinį išlydį. Žaibolaidžio viršūnėje susidarius vainikiniam išlydžiui susiformuoja jonizuotas kanalas, kuris nukreipia žaibą į žaibolaidį. Dirbtinai jonizuotas kanalas sąlyginai padidina žaibolaidžio aukštį ir išplečia jo apsaugos zoną [18]

Pasyvus žaibolaidis - plieninis strypas, tiesiogiai sujungtas su įžeminimo kontūru.

Projektuojamame objekte naudojamas pasyvus žaibolaidis, kuris užtikrina 99% patikimumą, bet yra gerokai pigesnis nei aktyvus žaibolaidis. Parenkamas plieninis $h=6m$ žaibolaidis. Kūgio spindulys, kurį saugos parinktas žaibolaidis, yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$r_0=0,8*h \quad (7.1)$$

Kadangi saugomas objektas yra ne žemės lygyje, o $h_x=1,3\text{m}$ ($h_{\text{modulio}}=0,97\text{m}$, $h_{\text{konstrukcijos}}=0,3\text{m}$, priimame, kad $h_x=h_{\text{modulio}}+h_{\text{konstrukcijos}}=1,3\text{m}$), tai saugomas spindulys aukštyje h_x :

$$r_x=r_0*\frac{h_0-h_x}{h_0} \quad (7.2)$$

čia h_0 - kūgio aukštis [m].

Atstumas, kuriuo nutolę vienas nuo kito žaibolaidžiai, dar gali būti laikomi viena sistema:

$$L_{\text{max}}=4,75*h \quad (7.3)$$

$$L_c=2,25*h \quad (7.4)$$

čia L_c - vidurio taškas [m].

Žaibolaidžiai išdėstomi taip, kad tarpai tarp jų būtų $L=15\text{m}$. Tuomet, priimant, kad 2 žaibolaidžiai yra bendra sistema, minimalus apsaugos zonos aukštis tarp stiebų apskaičiuojamas pagal formulę:

$$h_c=\frac{(L_{\text{max}}-L)*h_0}{L_{\text{max}}-L_c} \quad (7.5)$$

Taigi pagal 7.1 formulę:

$$r_0=0,8*6=4,8 \text{ m}$$

Pagal 7.2 formulę:

$$r_x=4,8*\frac{4,8-1,3}{4,8}=3,5 \text{ m}$$

Pagal 7.3 formulę:

$$L_{\text{max}}=4,75*6=28,5 \text{ m}$$

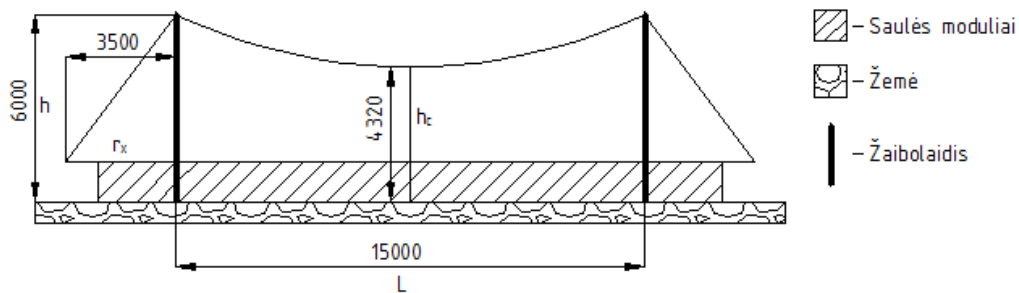
Pagal 7.4 formulę:

$$L_c=2,25*6=13,5 \text{ m}$$

Pagal 7.5 formulę:

$$h_c = \frac{(28,5-15) \cdot 4,8}{28,5-15} = 4,32 \text{ m}$$

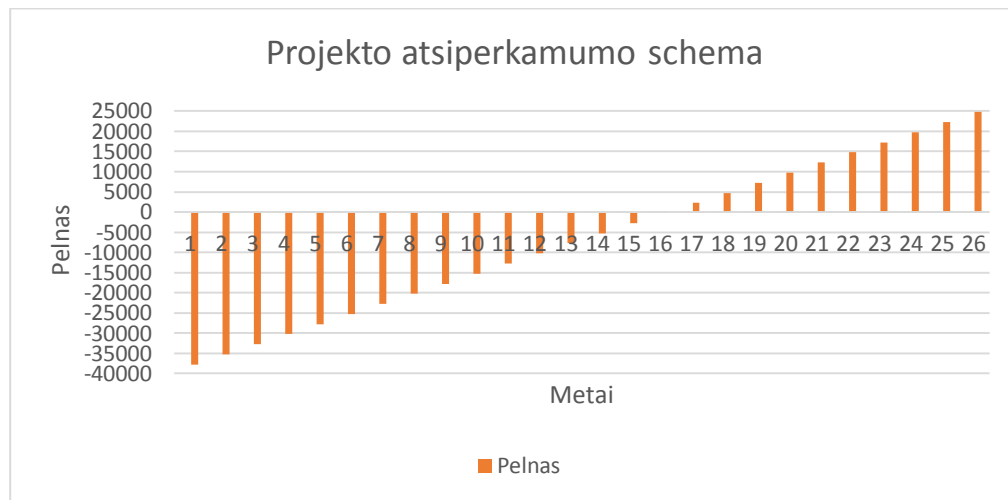
8 paveikslėlyje pavaizduota apsaugos zona tarp stiebų. Visas žaibolaidžių saugomas plotas pavaizduotas 4 brėžinyje.



8 pav. Žaibolaidžio apsaugos zona, kur L - atstumas tarp dviejų žaibolaidžių, h - žaibolaidžio aukštis, h_c - minimali apsaugos zona tarp 2 žaibolaidžių, r_x - žaibolaidžio apsaugos spindulys 1,3 m aukštyje.

8. EKONOMINIS ĮVERTINIMAS

Projektuojant saulės elektrinę svarbu atsižvelgti į projekto ekonominį vertinimą, nes pelningas projektas turi atsipirkti greitai t. y. greitai padengti įrengimo išlaidas ir pradėti generuoti pelną. Projekto atsiperkamumas – laikas, per kurį gaunamos grynos pajamos padengia investicijai skirtas išlaidas. Kuo atsipirkimas trumpesnis, tuo projektas yra pelningesnis. [19]



9 pav. Projekto atsiperkamumo schema

9 paveikslėlyje pavaizduota atsiperkamumo schema, t. y. tam tikrame taške (15 metų viduryje) investicija visiškai atsiperka ir pradeda generuoti pelną.

Norint nustatyti, per kiek laiko atsipirks projektuojamas objektas, sudaromas apytikris įrengimo kainos žiniaraštis, pavaizduotas 9 lentelėje.

9 lentelė. Apytikrė saulės elektrinės įrengimo kaina

Nr.	Pavadinimas	Mato vienetas	Vieneto kaina, €	Kiekis	Kaina, €
1.	Inverteris	vnt.	2500,00	2,00	5000,00
2.	Saulės modulis	vnt.	200,00	80,00	16000,00
3.	Montavimo stovas	vnt.	540,00	16,00	8640,00
4.	Laidai	-	-	-	4600,00
5.	Automatika	-	-	-	200,00
6.	Žaibosauga	-	-	-	1500,00
7.	Darbas	-	-	-	2000,00
	Iš viso:				37760,00

Atsiperkamumo laikotarpis gali būti skaičiuojamas pagal formulę:

$$T = \frac{I}{Pe} \quad (8.1)$$

čia T - atsipirkimo laikas metais, I - investicija, Pe - pelnas.

Pelno skaičiavimui taikome formulę:

$$Pe = Pa - ((Pa - E) * M) \quad (8.2)$$

čia Pa - pajamos, M - pajamų mokestis, E - eksploatacijos kaštai.

Pajamų skaičiavimas:

$$Pa = (W * SK) - E \quad (8.3)$$

čia W - metinė pagaminama elektros energija, SK - elektros energijos supirkimo kaina, E - eksploataciniai kaštai.

Eksploataciniai kaštai skaičiuojami pagal 8.4 formulę, priėmus, kad jie sudaro 1% investicijų:

$$E = (I * 0,01) \quad (8.4)$$

Priėmus, kad metiniai eksploatacijos kaštai sudaro 1%, iš 8.4 formulės:

$$E = 37760 * 0,01 = 377,6€$$

Skaičiuojant pajamas imame, kad $SK = 0,142€[20]$:

$$Pa = (22913 * 0,142) - 377,6 = 2876€$$

Priėmus, kad pajamų mokestis $M = 15\%$, iš 8.2 formulės:

$$Pe = 2876 - ((2876 - 377,6) * 0,15) = 2501€$$

Iš 8.1 formulės:

$$T = \frac{37760}{2501} = 15 \text{ metų}$$

Kadangi elektrinė atsipirks apytikriai per 15 metų, o planuojamas eksploatacijos laikotarpis yra 25 metai, tai 10 po metų elektrinė neš pelną, kuris gali būti apskaičiuojamas pagal:

$$Pe = Pa - ((Pa - E) * M) * n \tag{8.5}$$

čia n - metų skaičius.

Iš 8.5 formulės:

$$Pe = 2876 - ((2876 - 377,6) * 0,15) * 10 = 25010€$$

Saulės elektrinė veikdama 25 metus ir gamindama 22,913 MWh elektros energijos per metus, atsipirks po 15 metų, o po atsipirkimo laikotarpio per 10 metų atneš 25010 € pelną.

IŠVADOS

1. Projekte parinkti “Mitsubishi Electric” MLU Series 250 W galios saulės moduliai, ABB 12,5 kW galios inverteriai bei parinkta montavimo konstrukcija, tarpai parinkti tarp modulių eilių - 5 m, taip gaunant minimalų šešėliavimą.
2. Laidininkai parinkti taip, kad $\Delta U \leq 1\%$, o linijoje nuo komercinės apskaitos spintos iki paskirstymo skydo - $\Delta U \leq 5\%$. Apskaičiuoti avarinių režimų parametrai. Atsiželgus į juos parinkta apsauga nuo trumpųjų jungimų. Parinkti saulės elektrinės elektros linijos kirtikliai ir apsauga nuo viršįtampių.
3. Saulės elektrinė generuos vidutiniškai 22,913MWh elektros energijos per metus. Gamindama tiek energijos, saulės elektrinė atsipirks per 15 metų, o manant, kad elektrinė veiks 25 metus, gautas pelnas per 10 metų bus apytikriai lygus 25010€
4. Saulės elektrinę saugo 5 pasyvių žaibolaidžių, kurių kiekvieno aukštis $h=6\text{m}$, sistema, prijungta prie suprojektuoto įžeminimo kontūro, kurio $R_k \leq 10\Omega$.

LITERATŪRA

1. Objekto vieta žemėlapyje. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 2 d.] Prieiga per internetą: www.maps.lt
2. Informacija apie saulės fotomodulį. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 2 d.] Prieiga per internetą: <http://www.mitsubishielectricsolar.com/products/commercial/solar-modules/>
3. Petrauskas G., Adomavičius V. *Saulės energijos naudojimas elektrai gaminti*. Technologija, 2012, Kaunas. ISBN 978-609-02-0752-9
4. Informacija apie inverterį. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 3 d.] Prieiga per internetą:
[http://www09.abb.com/global/scot/scot232.nsf/veritydisplay/a81560039fd01c1d85257e1b00742ab9/\\$file/PVI-10.0-12.5_BCD.00378_EN_RevA.pdf](http://www09.abb.com/global/scot/scot232.nsf/veritydisplay/a81560039fd01c1d85257e1b00742ab9/$file/PVI-10.0-12.5_BCD.00378_EN_RevA.pdf)
5. Informacija apie montavimo sistemą. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 3 d.] Prieiga per internetą: <http://www.windandsun.co.uk/products/PV-Mounting-Structures/Ground-Mounts/T-N-Type#.VVSsEY7tmkp>
6. Informacija apie saulės energijos potencialą Lietuvoje. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 2 d.] Prieiga per internetą: <https://zaliaideja.wordpress.com/2012/04/03/saules-energijos-potencialas-europoje-ir-lietuvoje/>
7. Informaciją apie elektros energijos pagaminimą pasirinkto objekto vietoje. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 2 d.] Prieiga per internetą:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
8. Mertens K. *PHOTOVOLTAICS. Fundamental, Technology and Practice*. Wiley, 2014. ISBN 978-1-118-63416-5
9. Šatas J. *Įmonių elektros įrenginiai ir tinklai*. Klaipėdos universiteto leidykla, 2006, Klaipėda. ISBN 9955-18-104-4
10. *Elektros įrenginių įrengimo taisyklės: Norminis teisės aktas*. Vilnius, 2001. ISBN 9986-857-06-6
11. Svinkūnas G., Navickas A. *Elektros energetikos pagrindai*. Technologija, 2013, Kaunas. ISBN 978-609-02-1001-7

12. Informacija apie automatinius jungiklius. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 10 d.] Prieiga per internetą: <http://www.mysimpleautomation.com/kas-yra-automatinis-jungiklis/>
13. Automatinių jungiklių katalogas. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 10 d.] Prieiga per internetą: http://www.schneider-electric.lt/sites/lithuania/lt/products-services/electrical-distribution/products-offer/range-presentation.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Datasheet/data/lt/local/electrical_distribution/acti_9_ic60.xml&p_function_id=17&p_family_id=9002&p_range_id=7556&f=NNM1%3AAutomatiniai+jungikliai+ir+kirtikliai~!NNM2:Automatiniai+jungikliai+ir+kirtikliai~!NNM3:Acti+9+iC60
14. Selektyvumo kreivės. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 10 d.] Prieiga per internetą: <https://hto.power.schneider-electric.com/CBT/Apps/Displaycurve.aspx?lang=en-GB®ulation=EuropeCenelec#Protection>
15. Kirtiklių katalogas. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 10 d.] Prieiga per internetą: http://www.schneider-electric.lt/sites/lithuania/lt/products-services/electrical-distribution/products-offer/range-presentation.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Datasheet/data/lt/local/electrical_distribution/interpact_ins_inv_switches.xml&p_function_id=17&p_family_id=183&p_range_id=1011&f=NNM1%3AAutomatiniai+jungikliai+ir+kirtikliai~!NNM2:%C5%BDemos+%C4%AFtampos+kirtikliai~!NNM3:Interpact+INS%2FINV+jungikliai
16. Teorija apie viršįtampius. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 9 d.] Prieiga per internetą: http://www.lanza.lt/docs/Virsit_montav_INSTRUKCIJA.pdf
17. Viršįtampių katalogas. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 10 d.] Prieiga per internetą: <http://www.elgrandas.lt/lt/virsitampiu-ribotuvai/ribotuvai-virsitampiu-modulinis-bc-klases-5-50ka-4mod-4p-etitec-went-eti-02441800>
18. Baublys J., Gudžius S., Jankauskas P., Markevičius L., Morkvėnas A. *Žaibas Apsauga nuo žaibo. Monografija*. Vilnius, 2006. ISBN 9986-858-28-3
19. Deksnys R. P., Staniulis R., Miškinis V. *Elektrinių ir pastočių elektrinė dalis. Kursinis projektavimas*. Technologija, 2007, Kaunas. ISBN 978-9955-25-265-8
20. Elektros energijos supirkimo tarifai. [interaktyvus]; [žiūrėta 2015 gegužės 17 d.] <http://www.regula.lt/atsinaujinantys-istekliai/Puslapiai/tarifai.aspx>

PRIEDAI

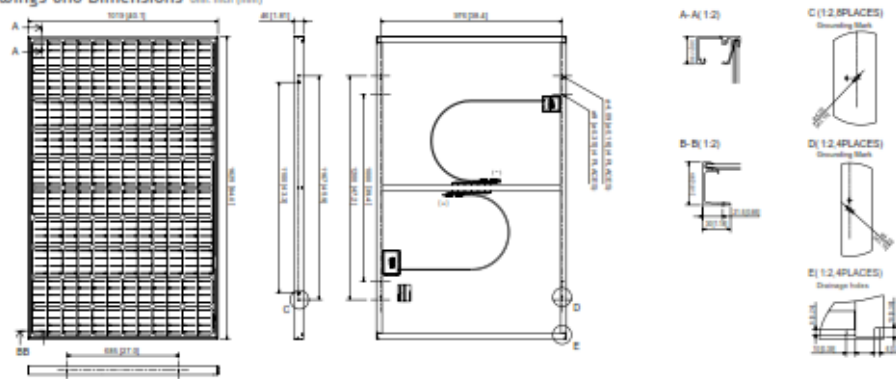
Priedas Nr. 1 Saulės modulio techniniai parametrai

Mitsubishi Electric Photovoltaic Module

Specification Sheet

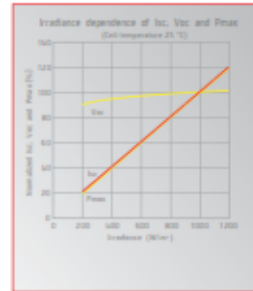
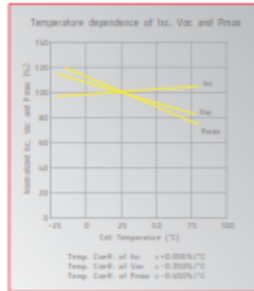
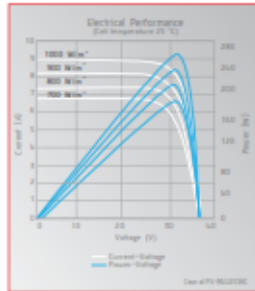
		MITSUBISHI ELECTRIC	
Manufacturer		MITSUBISHI ELECTRIC	
Model name		PV-MLU255HC	PV-MLU250HC
Cell type		Monocrystalline Silicon, 78mm x 156 mm	
Number of cells		120 cells	
Maximum power rating (Pmax)		255Wp	250Wp
Warranted minimum Pmax		247.4Wp	242.5Wp
PV USA test condition rating (PTC)		230.5Wp	225.8Wp
Open circuit voltage (Voc)		37.8V	37.6V
Short circuit current (Isc)		8.89A	8.79A
Maximum power voltage (Vmp)		31.2V	31.0V
Maximum power current (Imp)		8.18A	8.08A
Module efficiency		15.4%	15.1%
Aperture efficiency		16.7%	16.4%
Tolerance of maximum power rating		+3/-3%	
Static load test passed		5,400 Pa	
Number of bus bars per cell		4 Bus bars	
Normal operating cell temperature (NOCT)		45.7°C	
Maximum system voltage		DC 600V	
Fuse rating		15A	
Dimensions		64.0 x 40.1 x 1.81 inch [1625 x 1019 x 46 mm]	
Weight		44 lbs (20kg)	
Number of modules per pallet		20	
Number of modules per container (40 ft. container)		560	
Output terminal		(+/-) 800mm (-) 1250mm with MC connector (PV-KTB4/0 II-UR, PV-KST4/0 II-UR)	
Certifications		IEC 61215 2nd Edition, UL1703	
Fire rating		Class C	

Drawings and Dimensions (Unit: inch (mm))



Electrical Characteristics

Unit:mm (inch)



Mitsubishi Electric & Electronics USA, Inc.
 5665 Plaza Drive, Cypress, CA 90630-0007
 Telephone: 714-220-2500 Email: pv@meus.mea.com
www.mitsubishielectricsolar.com

PV08U50012A

Specifications subject to change without notice.
 Printed on recycled paper using soy-based ink.

Priedas Nr. 2 Inverterio techniniai parametrai

Additional highlights

- "Electrolyte-free" power converter to further increase the life expectancy and long term reliability
- Integrated DC disconnect switch in compliance with international standards (-S and -FS versions)
- Natural convection cooling for maximum reliability
- Outdoor enclosure for unrestricted use under any environmental conditions
- RS-485 communication interface (for connection to laptop or data logger)

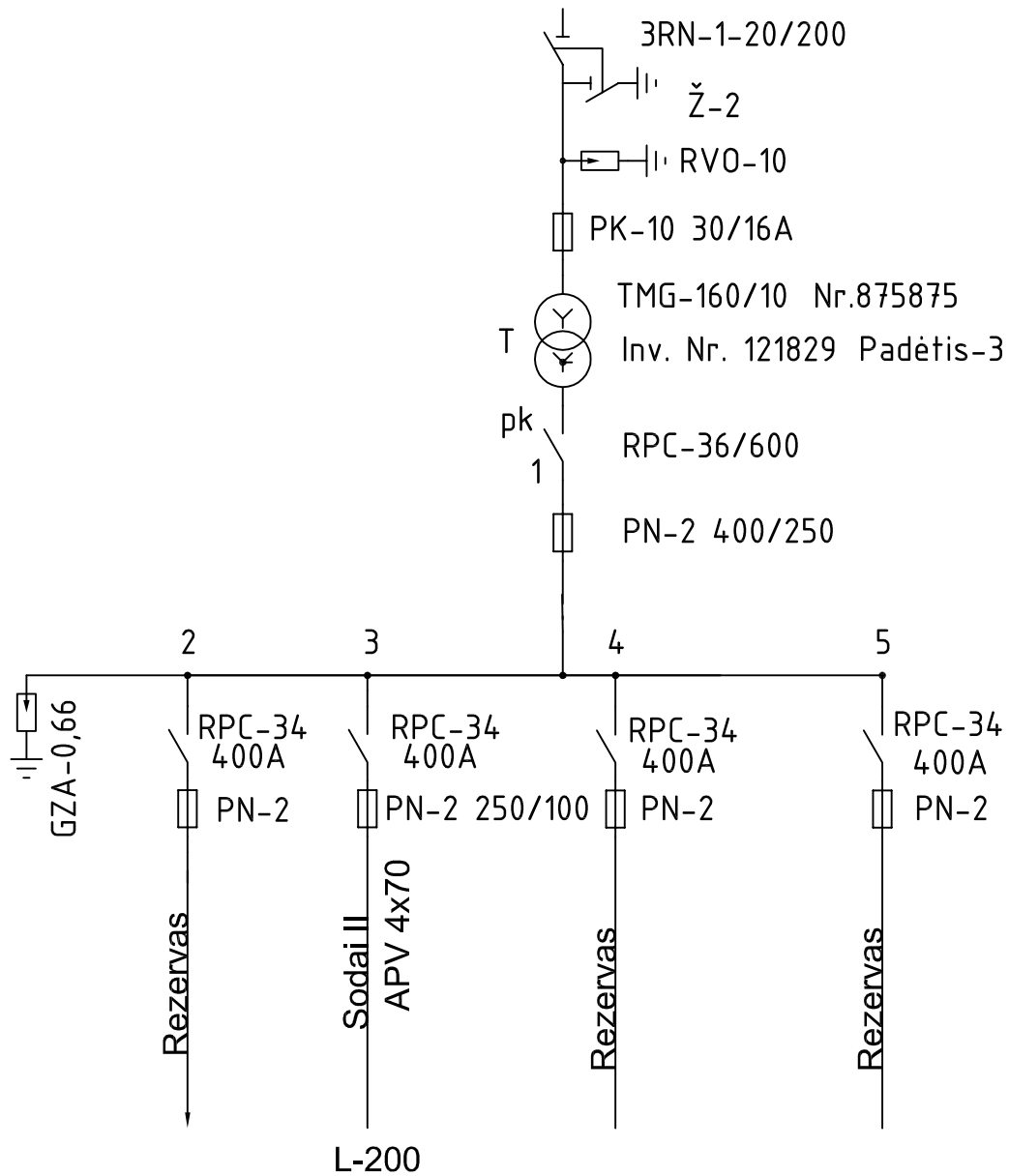


Technical data and types

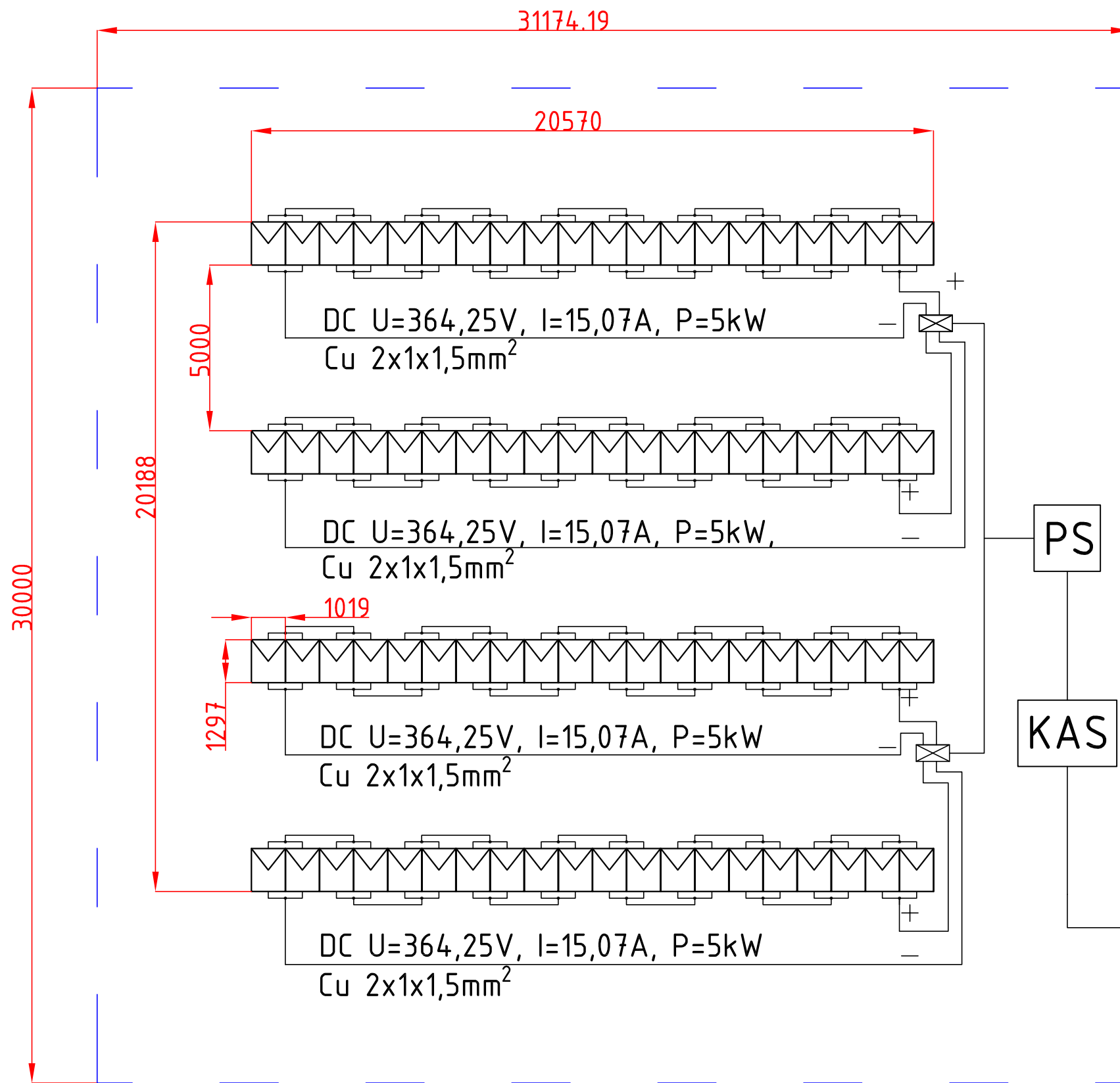
Type code	PVI-10.0-TL-OUTD	PVI-12.5-TL-OUTD
Input side		
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,dc}$)	900 V	
Start-up DC input voltage (V_{min})	360 V (adj. 250...500 V)	
Operating DC input voltage range ($V_{min}...V_{max}$)	0.7 x V_{max} ...850 V (min 200 V)	
Rated DC input voltage (V_{dc})	580 V	
Rated DC input power (P_{dc})	10300 W	12800 W
Number of independent MPPT	2	
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{dc,mppt}$)	6500 W	8000 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{dc}	300...750 V	360...750 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	Linear derating from max to null (750 V at $V_{dc}=850$ V)	
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{dc} , max unbalance example	6500 W (380 V at $V_{dc}=750$ V) the other channel: $P_{dc}=6500$ W (225 V at $V_{dc}=750$ V)	8000 W (445 V at $V_{dc}=750$ V) the other channel: $P_{dc}=8000$ W (270 V at $V_{dc}=750$ V)
Maximum DC input current ($I_{dc,mppt}$) / for each MPPT	34.0 A / 17.0 A	36.0 A / 18.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	22.0 A	
Number of DC inputs pairs for each MPPT	2 (-S version) 3 (Standard or -FS version)	
DC connection type	Tool Free PV connector WM / MC4	
Input protection		
Reverse polarity protection	Inverter protection only, from limited current source, for standard and -S versions, and for -FS version when max 2 strings are connected	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes	
Photovoltaic array Isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	25 A / 1000 V	
Fuse rating (versions with fuses)	12 A / 1000 V	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase 3W+PE or 4W+PE	
Rated AC power (P_{ac} @ $\cos\phi=1$)	10000 W	12500 W
Maximum AC output power ($P_{ac,max}$ @ $\cos\phi=1$)	11000 W ¹⁾	13800 W ¹⁾
Maximum apparent power (S_{ac})	11500 VA	13800 VA
Rated AC grid voltage (V_{ac})	400 V	
AC voltage range	320...480 V ²⁾	
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	16.6 A	20.0 A
Contributory fault current	19.0 A	22.0 A
Rated output frequency (f)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ²⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{ac}=10.0$ kW, ± 0.8 with max 11.5 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{ac}=12.5$ kW, ± 0.8 with max 13.8 kVA
Total current harmonic distortion	< 2%	
AC connection type	Screw terminal block, cable gland M40	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	25.0 A	
Output overvoltage protection - varistor	3 plus gas arrester	
Operating performance		
Maximum efficiency (η_{max})	97.8%	
Weighted efficiency (EURO/CEC)	97.1% / -	97.2% / -
Feed in power threshold	30.0 W	
Night consumption	< 1.0 W	

2 ABB solar inverters | Product flyer for PVI-10.0/12.5-TL-OUTD







GRAFINÉ MEDŽIAGA



Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas				20 kW saulės elektrinės įjungimas į skirstomąjį elektros tinklą		
E AE - 1/3	Studentas	M. Vėta			TMG-160/10 transformatoriaus principinė schema	Laida	0
	Vadovas	P Marčiulionis				Lapas	Lapų
Stadija	Elektros energetikos sistemų katedra				2015-BBD-Elektros energetikos sistemų katedra	1	4
BBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas						

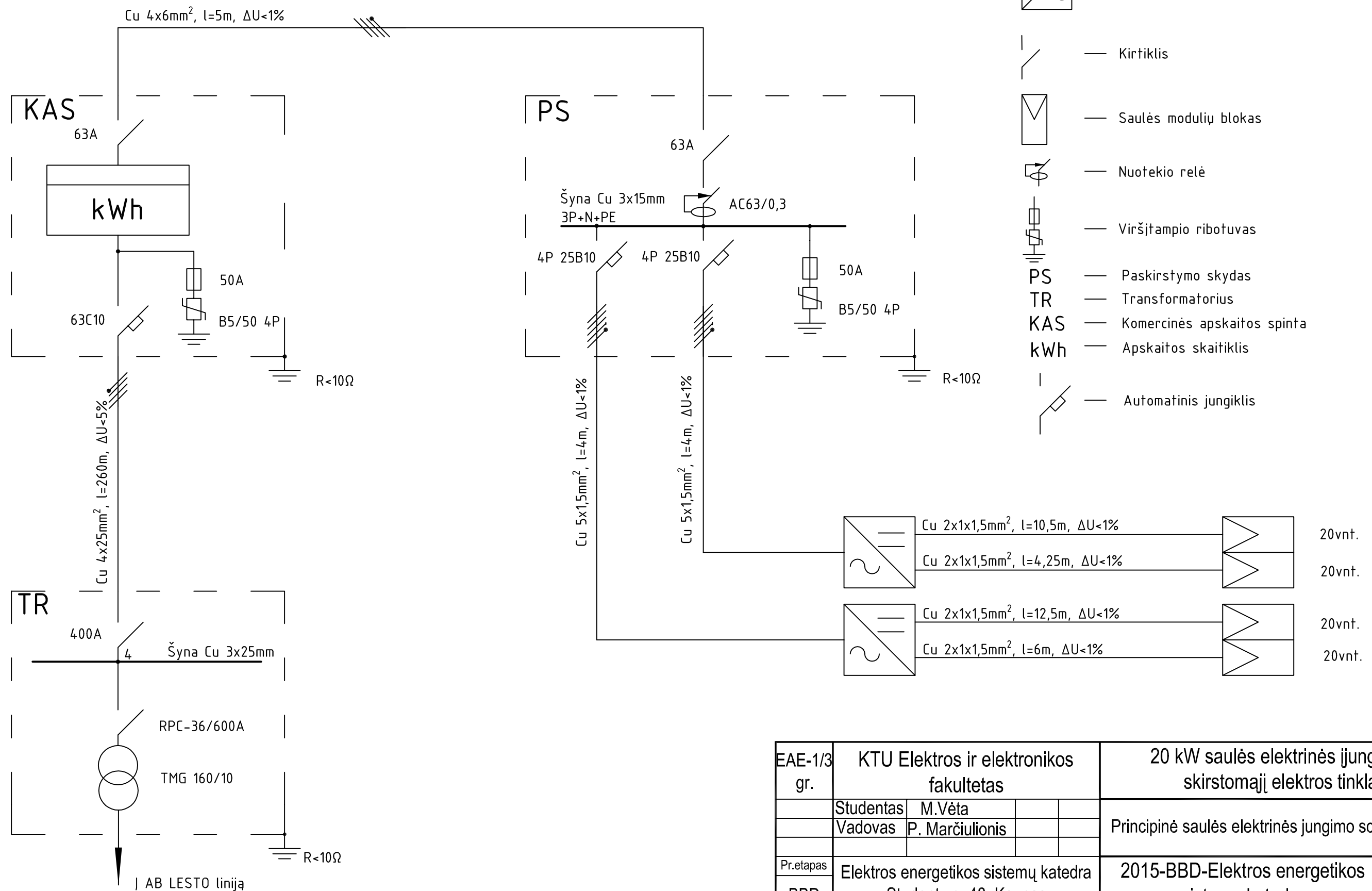
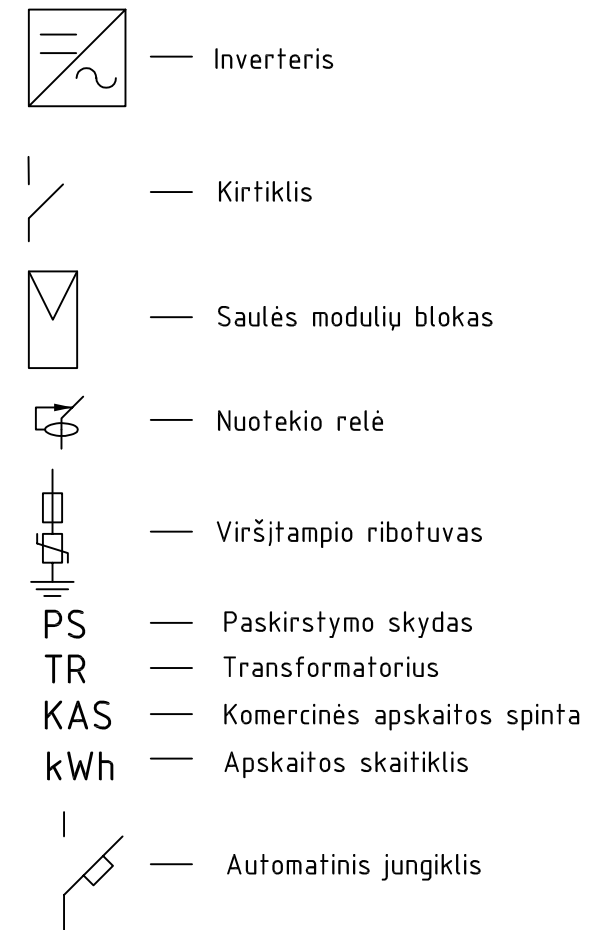


Paaiškinimai:

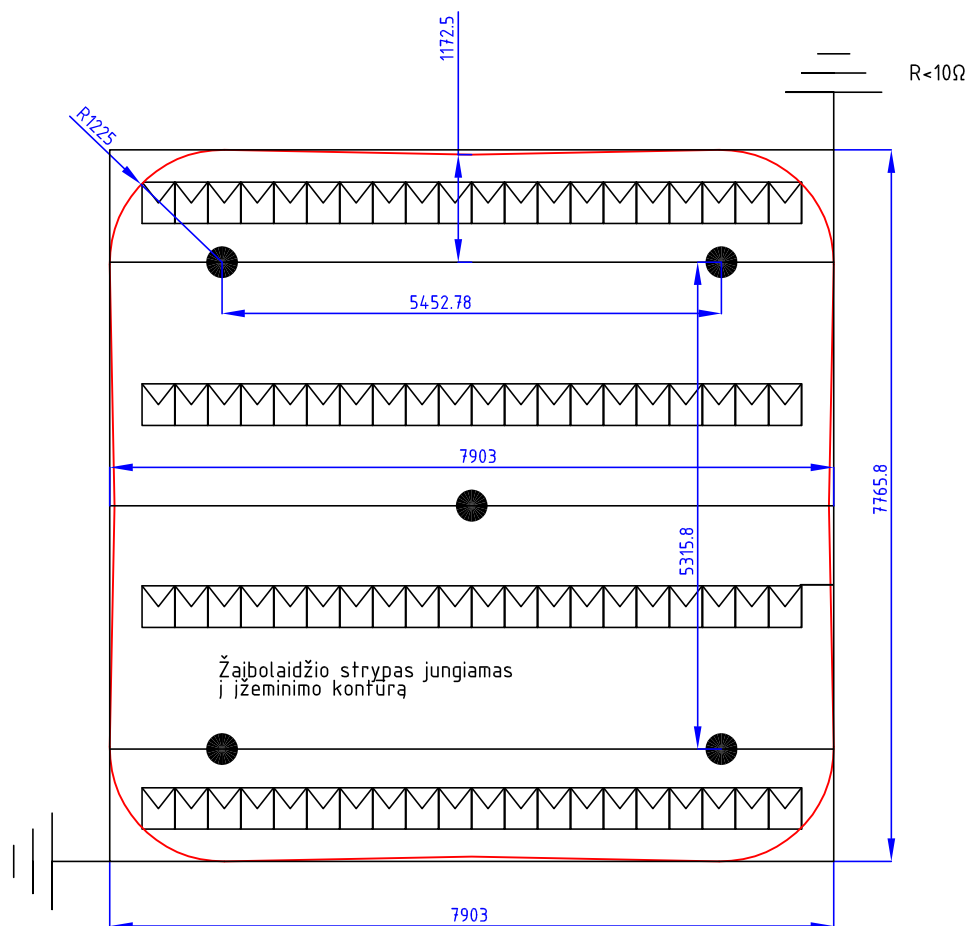
-  — Inverteris
-  — Paskirstymo skydas
-  — Komerčinės apskaitos spinta
-  — Transformatorius
-  — Saulės modulis
-  — Saulės elektrinės riba

EAE-1/3 gr.	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas	20 kW saulės elektrinės įjungimas skirstomąjį elektros tinklą		
	Studentas M.Vėta	Principinė saulės elektrinės modulių jungimo schema M 1:100		Laida
	Vadovas P. Marčiulionis			O
Pr.etapas	Elektros energetikos sistemų katedra	2015-BBD-Elektros energetikos sistemų katedra	Lapas	Lapų
BBD	Studentų g. 48, Kaunas		2	4

Paaiškinimai:



EAE-1/3 gr.	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			20 kW saulės elektrinės įjungimas skirstomąjį elektros tinklą			
	Studentas	M.Vėta		Principinė saulės elektrinės jungimo schema			
Vadovas	P. Marčiulionis		Laida				O
Pr.etapas	Elektros energetikos sistemų katedra			2015-BBD-Elektros energetikos sistemų katedra			
BBD	Studentų g. 48, Kaunas			Lapas	3	Lapų	4



Paaiškinimai:

- — Žaibolaidžio strypas, h=6m
- Žaibolaidžio apsaugos zona
- Įžeminimo juosta, 40x4mm
- Vertikalus įžemiklis, l=2,5m

Grupė	KTU Elektros ir elektronikos fakultetas			20 kW saulės elektrinės įjungimas į skirstomąjį tinklą		
E AE - 1/3	Studentas	M. Vėta		Įžeminimo ir žaibosaugos principinė schema	Laida	0
	Vadovas	P. Marčiulionis			Lapas	Lapų
Pr. etapas	Elektros energetikos sistemų katedra			2015-BBD-Elektros energetikos sistemų katedra	4	4
BBD	LT - 51367 Studentų 48, Kaunas					