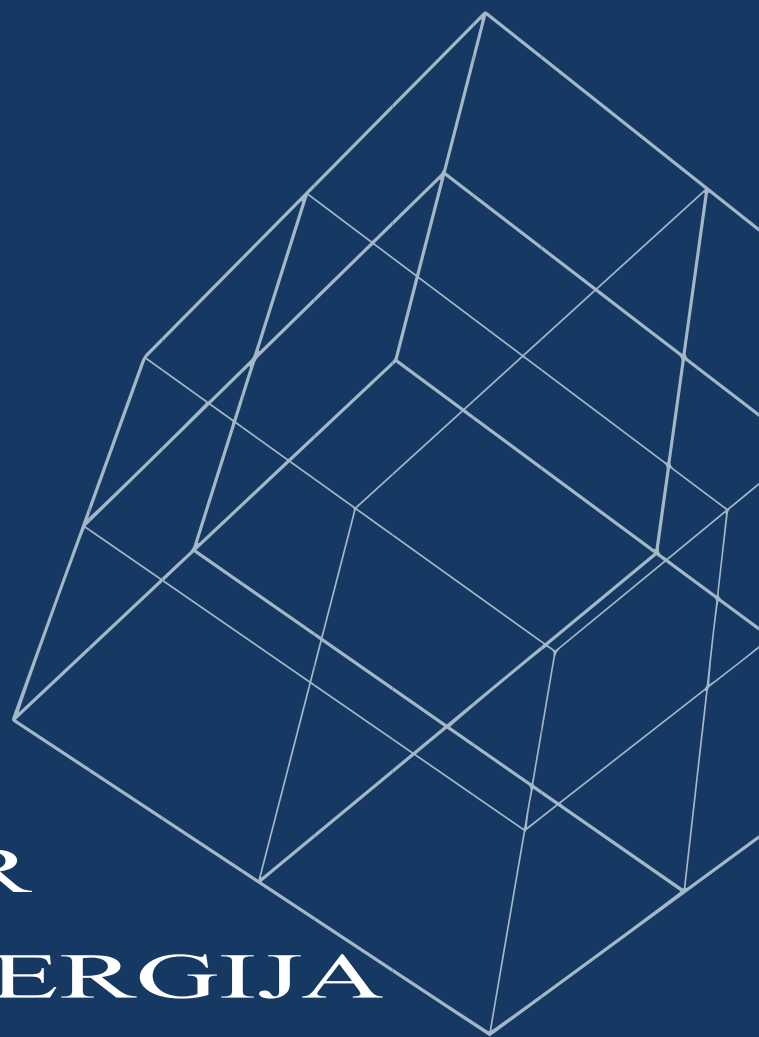




KAUNO
TECHNIKOS
KOLEGIJA



PRAMONĖS IR VERSLO SINERGIJA TVARIAI ATEIČIAI

2022 m.

Mokslinės konferencijos
„PRAMONĖS IR VERSLO
SINERGIJA TVARIAI ATEIČIAI”
recenzuotų straipsnių rinkinys

Leidėjas: Kauno technikos kolegija
ISSN 2783-6223 (leidinio forma: Elektroninis)

2022m. Kaunas

Mokslinės konferencijos „Pramonės ir mokslo sinergija tvariai ateičiai“ komitetai.

Organizacinis komiteas:

Pirmininkas – direktorius Nerijus Varnas.

Pirmininko pavaduotoja – direktoriaus pavaduotoja studijoms ir mokslui doc. dr. Lina Girdauskienė.

Atsakingoji sekretorė – taikomųjų tyrimų ir paslaugų komercializavimo skyriaus vadovė doc. dr. Giedrė Adomavičienė

Nariai:

Skirmantas Adomavičius,

Artūras Aleksynas,

Rita Dočkuvienė,

Rūta Užkurienė,

Judita Štreimikienė,

Regina Motienė,

Sonata Paulauskienė.

Mokslinis komitetas:

Pirmininkas – direktoriaus pavaduotoja studijoms ir mokslui doc. dr. Lina Girdauskienė.

Pirmininko pavaduotoja – taikomųjų tyrimų ir paslaugų komercializavimo skyriaus vadovė doc. dr. Giedrė Adomavičienė.

Atsakingoji sekretorė – doc. dr. Esmeralda Štyps.

Nariai:

Dr. Donata Putnaitė

Dr. Rasa Žygienė

Dr. Gediminas Daukšys

Dr. Vytenis Naginevičius

Dr. Marius Mažeika

Dr. Rūta Jankūnienė

Dr. Rosita Norvaišienė

TURINYS

INOVACIJOS ŠIUOLAIKINĖS STATYBOS, KELIŲ TIESIMO SEKTORIJE	7
SANDĖLIAVIMO PASKIRTIES PASTATO STOGO TERMOIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ DAUGIAKRITERINĖ ANALIZĖ.....	8
Modestas Jadenkus, Jūratė Mockienė Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa	
ALTERNATYVIŲ STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ PANAUDOJIMO STATYBOJE GALIMYBĖS.....	14
Dainius Ramukevičius, Andrius Vilimas Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa	
ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO KARKASO SPRENDINIŲ LYGINAMOJI ANALIZĖ	18
Rimvydas Žukauskas, Violeta Medelienė Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa	
GROŽIO SALONO IŠORINIŲ SIENŲ APDAILO SPRENDIMO NUSTATYMAS.....	26
Tomas Marazas, lektorė Birutė Požėrienė Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa	
REABILITACIJOS KLINIKOS ŠLAITINIO STOGO DANGŲ VARIANTŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS.....	31
Leonardas Miliūnas, Violeta Medelienė Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa	
ELETRONIKOS IR ELEKTROS INŽINERIJOS KRYPTIES NAUJOVĖS BEI PERSPEKTYVOS MOKSLE IR PRAMONĖJE.....	38
SAULĖS FOTOVOLTINIŲ MODULIŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS	39
Vytenis Jonevičius Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa	
RF SIŪSTUVO POZICIJOS DETEKTAVIMO GALIMYBĖS JUDANČIO OBJEKTO VALDYMUI.....	43
Andrius Kazanavičius ¹ , Rūta Jankūnienė ² , Paulius Tervydis ^{2,3} ¹ UAB „Kitron“, ² Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa, ³ Kauno technologijos universitetas	
APSAUGOS JUTIKLIŲ IR LINIJOS GEDIMŲ EKVIVALENTINIŲ SCHEMŲ ANALIZĖ	57
Arminas Gružas, Skirmantas Adomavičius Kauno Technikos Kolegija, Elektronikos technikos studijų programa	
DI GALIMYBIŲ PANAUDOJIMAS ŽMONIŲ SRAUTO ĮVERTINIMUI	63
Deividas Rimkus ¹ , Paulius Tervydis ^{1,2} , Rūta Jankūnienė ¹ ¹ Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa, ² Kauno technologijos universitetas	
TALPINIO JUTIKLIO PANAUDOJIMAS VANDENS LYGIO MATAVIMUI.....	69
Edvinas Norvilas, Darius Kybartas Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa	
AUTOMATINĖ SISTEMA AUGALŲ VEGETACIJOS PALAIKYMUI.....	74
Justas Černevičius Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa	

IŠMANIOJO NAMO ELEKTROS TINKLO DARBO TYRIMAS	79
Deividas Balynas, Gediminas Daukšys	
Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programa	
3,35 MW FOTOELEMENTŲ ELEKTRINĖS SU SAULĖS SEKIMO SISTEMA DARBO TYRIMAS	83
Povilas Klimantavičius, Gediminas Daukšys	
Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programa	
ELEKTROS ENERGIJOS TAUPYMO IR SUVARTOJIMO MAŽINIMO GALIMYBIŲ KOMPLEKSINIS TYRIMAS GAMYBINĖS PASKIRTIES PATALPOSE	87
Gabrielė Januševičiūtė, Gediminas Daukšys	
Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programa	
AUTOTRANSPORTO ELEKTRONIKOS INOVACIJŲ PROJEKTINIAI SPRENDIMAI.....	93
AUTOMOBILIŲ ELEKTRINĖS AUŠINIMO SKYSČIO PAŠILDYMO SISTEMOS PROJEKTAVIMAS	94
Vilius Kelevišius, Rasa Žygienė	
Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa	
IŠMANIOS AUTOMOBILIO AKUMULIATORIAUS IŠSIKROVIMO ĮSPĖJIMO SISTEMOS TYRIMAS	102
Jonas Strimaitis, Rasa Žygienė	
Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa	
GARSINĖS ĮSPĖJIMO APIE TRANSPORTO PRIEMONĘ SISTEMOS TYRIMAS	108
Justinas Marcinkevičius, Rasa Žygienė	
Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa	
AUTOMOBILIO AUTOMATINIŲ ŠVIESŲ SISTEMOS ANALIZĖ	114
Gytis Jakuntavičius, Džiugas Sopickis, Tatjana Sokolova	
Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa	
AUTOMOBILIO VARIKLIO ALKŪNINIO VELENO SŪKIŲ ATVAIZDAVIMO SISTEMŲ REALIZACIJOS BŪDŲ ANALIZĖ.....	120
Egidijus Gelūnas, Paulius Vitonis	
Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa	
TRANSPORTO IR MECHANIKOS INŽINERIJOS INOVACIJOS MOKSLĖ IR PRAMONĖJE	126
AUTOMOBILIŲ MODIFIKAVIMO DIRBTUVĖSE ATLIEKAMŲ DARBŲ IR JŲ APIMTIES ANALIZĖ	127
Vytautas Šukevičius, Marius Mažeika	
Kauno technikos kolegija, Automobilių techninio eksploatavimo studijų programa	
SPORTUI PRITAIKYTŲ AUTOMOBILIŲ VAŽIUOKLIŲ ANALIZĖ	131
Gražvydas Strazdasas, Marius Mažeika	
Kauno technikos kolegija, Automobilių techninio eksploatavimo studijų programa	
LAŠELINIO IR IMPULSINIO METALO PERNEŠIMO SUVIRINIMO LANKE TECHNOLOGIJŲ EFEKTYVUMO VERTINIMAS	135
Neda Sinicaitė, Andrius Kozlovas	
Kauno technikos kolegija, Medžiagų apdirbimo inžinerijos studijų programa	

TECHNOLOGINĖS IR EKSPERTINĖS INOVACIJOS AERONAUTIKOS INŽINERIJOS SRITYJE	143
MATHEMATICAL ANALYSIS OF AIRBUS A320 NEO MAIN LANDING GEAR.....	144
Juan Flores De Dios ¹ , Esmeralda Štyps ²	
¹ Rey Juan Carlos University,	
² Kaunas University of Applied Sciences, Aircraft Maintenance Engineering Study Programme	
PROFESINIŲ IR BENDRŲJŲ KOMPETENCIJŲ UGDYMAS: GEROSIOS PRAKTIKOS PAVYZDŽIAI.....	152
STUDENTŲ POŽIŪRIO Į KOMANDINĮ DARBĄ TYRIMAS.....	153
Zita Ruzgienė, Erika Bujanauskaitė	
Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa	

INOVACIJOS ŠIUOLAIKINĖS STATYBOS, KELIŲ TIESIMO SEKTORIUJE

SANDĖLIAVIMO PASKIRTIES PASTATO STOGO TERMOIZOLIACINIŲ MEDŽIAGŲ DAUGIAKRITERINĖ ANALIZĖ

Modestas Jadenkus, Jūratė Mockienė

Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa

Anotacija

Šiandieninėje rinkoje yra daug termoizoliacinių medžiagų variantų. Tobulėjant termoizoliacinių medžiagų gaminimo technologijoms prekyboje atsiranda vis platesnis jų pasirinkimas. Tampa vis sunkiau išsirinkti optimaliausią stogo termoizoliacinės medžiagos variantą, kuris tenkintų visus reikalavimus keliamus pastato stogo šiltumui, tvirtumui bei ilgaamžiškumui. Reikia nepamiršti įvertinti termoizoliacinių medžiagų savybes, kurios atsiskleidžia tik veikiant tam tikroms sąlygoms ir aplinkoms. Todėl labai svarbu atidžiai išanalizuoti stogo termoizoliacinių medžiagų variantus, norint išvengti papildomų išlaidų užtikrinant atsparumo ugniai savybes.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Akmens vata, poliuretano plokštė, polistireninio putplasčio plokštė

Įvadas

Sandėliavimo paskirties pastatai yra labai svarbus kitos paskirties pastatų tarpe. Juose turi būti saugiai laikomos įvairios medžiagos ir technika, kurios naudojamos įvairiems projektams vykdyti. Dėl šios priežasties jų statyba yra labai kruopšti ir privalo atitikti daugybę tokios paskirties pastatams keliamų reikalavimų. Statybai analizuojamos ir renkamos tinkamiausios medžiagos, norint pasirinkti geriausią įmanomą produktą. Taip pat svarbu darbuotojams užtikrinti saugią ir tvarią darbo aplinką.

Siekiant nustatyti geriausią stogo termoizoliacinės medžiagos parinkimo sprendimą, analizuojami trys galimi variantai. Jų analizei atlikti taikomas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas. Įvertinamas subjektyvus kriterijų svarbumas, taikant ekspertinius rangavimo ir porinio palyginimo metodus.

Tyrimo problema - kaip parinkti sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinę medžiagą.

Tyrimo objektas - sandėliavimo paskirties pastatas.

Tyrimo metodai: Informacijos tyrimo analizės metodas, taikomas parenkant stogo termoizoliacinės medžiagos alternatyvius sprendimus. Stogo termoizoliacinės medžiagos racionaliam sprendimui nustatyti naudojamas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas.

Sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinių medžiagų analizė

Sandėliavimo paskirties pastato termoizoliacinės medžiagos laikančioji konstrukcija – profiliuoti lakštai. Jie yra priimami vienodi visoms medžiagoms.

Todėl analizuojami tik šie variantai: 1) PAROC ROS 50 akmens vata; 2) UTHERM roof BG poliuretano plokštė; 3) Šiloporos EPS 80 polistireninio putplasčio plokštė.

Šios medžiagos klojamos ant vienodo profiliuotos skardos pagrindo, todėl visa stogo konstrukcija nebus analizuojama.

Termoizoliacinė medžiaga PAROC ROS 50 akmens vata (A1). Ši įvairaus storio termoizoliacinė medžiaga (1 lentelė) skirta plokščio stogo šiltinimui. Paroc Ros 50 pasižymi geromis šilumos izoliacijos savybėmis. Šilumos laidumas atitinka EN 13162:2012+A1:2015 reikalavimus: 0,038 W/mK.

PAROC ROS 50 yra nedegi, didelę apkrovą laikanti akmens vata, skirta plokščiems stogams, kurių nuolydis ne didesnis už 7 laipsnius.

Akmens vatos matmenys: plotis ir ilgis - 1200x1800mm (pagal standartą EN822), storis - 40-150mm (pagal standartą EN823). Šio tipo akmens vatą galima dėti ant profiliuotų skardos lapų. Prieš tai, ant skardos lapų tiesiama vėjo, garo izoliacinė plėvelė, kuri tvirtinama specialia lipnia juosta. Ši plėvelė dedama atskirti termoizoliacinę medžiagą nuo metalo, bei neleisti iškilti didelei problemai – kondensato kaupimuisi. Dedant akmens vatos lapus būtina juos dėti prasikeičiant vienas su kitu, kad užtikrintų deklaruojamą šilumos laidumo koeficiento vertę. Taip pat tarpai tarp akmens vatos lapų negali viršyti 1 mm. Didesni tarpai praleis šilumą ir termoizoliacijos metodas bus neveiksmingas.

Einant laikui mineralinės vatos degumo savybės nesikeičia, reakcijos į ugnį ilgaamžiškumas išlieka nepaisant irimui ar senėjimui, bei klimato kaitai. (<https://www.paroc.lt/gaminiai/-statybines-konstrukcijos/ploksciuj-stogu-plokstes/paroc-ros-50>)

Taip pat kaip mineralinės vatos degumo savybės, bėgant laikui mineralinės vatos produktų šilumos laidumo koeficientas irgi nesikeičia. Esant karščiui ir klimato kaitai plaušo struktūra lieka stabili ir porose yra tik atmosferos oras. Varianto techniniai rodikliai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Termoizoliacinės medžiagos PAROC ROS 50 akmens vatos techniniai rodikliai

Rodiklis	Šilumos laidumo koef. (W/mK)	Ilgamžiškumas (deklaruojama garantija) (metais)	Gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai σ_{10} (kPa)	Degumo klasė (taškai)	Kaina (EUR/m ²)	
Skaitinės vertės	0,038	20	50	A1(7)	13,4	

Šaltinis: <https://www.paroc.lt/gaminiai/-statybines-konstrukcijos/ploksciuj-stogu-plokstes/paroc-ros-50>

Termoizoliacinė medžiaga UTherm roof BG poliuretano plokštė (A2). Termoizoliacinės poliuretano plokštės (2 lentelė) kurių viršus patiestas bituminizuotu stiklo plaušo audiniu skirtos plokšties stogams. Hidroizoliacinis sluoksnis šiai termoizoliacinei medžiagai turi būti bituminė danga.

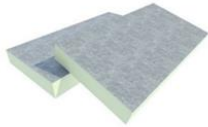
UTherm roof BG poliuretano plokštės matmenys yra 600 x 1200 mm, storis pasirenkamas nuo 30 iki 200mm. Plokščių tankis labai mažas - 32 kg/m³. Tuo pačiu aukštas šilumos laidumo koeficientas λ , kuris pagal EN13165:2012+A2:2016 standartus siekia 0,025 (W/mK). Matmenų stabilumas temperatūros ir drėgnio sąlygomis DLT(2) $\leq 5\%$.

Plokštės dedamos ant profiliuotos skardos lakštų, bet galima dėti ir ant perdangos plokščių. Tačiau dažniausia plokštės naudojamos ant skardos. Prieš dedant šią termoizoliacinę sluoksnį, būtina pakloti hidroizoliacijos sluoksnį. Išklojus plokštės nereikalingas papildomas sluoksnis, kuris leistų klijuoti ar prilydyti bituminę dangą. Plokštės jau yra padengtos bituminizuotu stiklo plaušo audiniu, todėl galima iškart dėti bituminę dangą. (<https://izoliacija.com/produktas/utherm-roof-bg-bituminei-dangai/>)

Ilgą laiką eksploatuojant šita plokštė išlaiko savo formą ir stangrumą. Tačiau poliuretanas pasižymi blogomis degumo savybėmis - greitai užsiliepsnoja ir deginama skleidžia pavojingus dūmus, dėl to jos degumo klasė yra F. Varianto techniniai rodikliai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Termoizoliacinės medžiagos UTherm roof BG poliuretano plokštės techniniai rodikliai

Rodiklis	Šilumos laidumo koef. (W/mK)	Ilgamžiškumas (deklaruojama garantija) (metais)	Gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai σ_{10} (kPa)	Degumo klasė (taškai)	Kaina (EUR/m ²)	
Skaitinės vertės	0,025	26	150	F(1)	17	

Šaltinis: <https://izoliacija.com/produktas/utherm-roof-bg-bituminei-dangai/>

Šiloporos EPS 80 polistireninio putplasčio plokštės (A3). Ilgalaikė termoizoliacinė medžiaga (3 lentelė) nekeičianti savo izoliacinių ir fizikinių savybių per visą tarnavimo laiką. Polistireninio putplasčio plokštė efektyvi, tvirta, atlaikanti apkrovas, ilgamžė, neįgerianti drėgmės medžiaga.

Putplasčio plokštės šilumos laidumą atitinka LSN EN 12667 standartus. Plokščių išmatavimų įvairovė labai didelė: 0,5m x 1m; 1m x 1m; 1m x 2m; 1m x 4m. Storis pasirenkamas nuo 20mm iki 200mm. Stipris lenkiant BS125 ≥ 125 kPa LST EN 12089 standartas. Matmenų stabilumas temperatūros ir drėgnio sąlygomis DS(70,90) $\leq 1\%$ LST EN 1604 standartus.

Plokštės dedamos ant betono arba profiliuotų skardų. Dėl blogos fizikinės savybės – nesugieriamumo - prieš dedant ant pagrindinės laikančiosios konstrukcijos, reikia dėti papildomą tvirtą garams atsparią medžiagą ir tik tada polistireninio putplasčio plokštės. (<https://www.kaunosilas.lt/siloporas-eps-80>)

Polistireninio putplasčio plokštės gaminamos su degimą slopinančiais priedais. Ugnį slopinantys priedai yra netirpūs vandenyje, todėl plokštės galima laikyti lauke. Tačiau šios termoizoliacijos medžiagos degimo klasifikacija yra E (LST EN 11925-2). Varianto techniniai rodikliai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė

Termoizoliacinės medžiagos Šiloporas EPS 80 polistireninio putplasčio plokštės techniniai rodikliai

Rodiklis	Šilumos laidumo koef. (W/mK)	Ilgamžiškumas (deklaruojama garantija) (metais)	Gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai σ_{10} (kPa)	Degumo klasė (taškai)	Kaina (EUR/m ²)	
Skaitinės vertės	0,037	20	80	E(2)	6,7-8,2	

Šaltinis: <https://www.kaunosilas.lt/siloporas-eps-80>**Sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinių medžiagų sprendimų vertinimas**

Konstrukciniai sprendimai dažniausiai vertinami naudojant vienkriterinius sąmatinių ekonominių skaičiavimų metodus, t.y. sprendimus palyginant pagal atskirus kriterijus. Tačiau realiai kiekvienas statybos projekto konstrukcinis sprendimas turi kelis ar net keliolika vertinimo aspektų. Tam geriausiai tinka daugiakriteriniai metodai, kurie leidžia įvertinti inžinerinius sprendimus pagal pasirinktą vertinimo kriterijų sistemą ir šių kriterijų reikšmingumą. Sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinių medžiagų sprendimams vertinti pasirinktas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas, o kriterijų reikšmingumui nustatyti naudojami ekspertiniai metodai (Zavadskas, 2001:380).

Vertinimo kriterijų sistemos parinkimas ir jų reikšmių skaičiavimas. Sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinių medžiagų sprendimai turi užtikrinti tokios paskirties pastatams keliamus reikalavimus. Gali būti įvairiausių stogo termoizoliacinių medžiagų variantų pilnai išpildančių visas sąlygas, tačiau reikia didelį dėmesį atkreipti į degumą ir šilumos laidumą, kurie yra vieni svarbiausių aspektų. Atsižvelgiant į tai sprendimų vertinimui sudaryta tokia vertinimo kriterijų sistema:

Šilumos laidumas, W/(m K) (K1) – tai kriterijus, parodantis gebėjimą izoliuoti šilumą. Kriterijaus reikšmės paimtos iš gamintojų pateiktų techninių charakteristikų.

Ilgamžiškumas (deklaruojama garantija), metai (K2) – tai kriterijus, parodantis kiek stogo termoizoliaciniam sluoksniui yra duodama deklaruojama garantija. Kriterijaus skaitinės reikšmės paimtos, remiantis gamintojų informacija.

Gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai, kPa (K3) – tai kriterijus, kuris nusako medžiagos atsparumą apkrovoms. Kriterijus paimtas iš gamintojo techninių charakteristikų.

Degumo klasė (K4) – tai kriterijus, parodantis medžiagos atsparumą ugniai. Balai skaičiuojami nuo 1-7 (F,E,D,C,B,A2,A1) pagal EU reikalavimus. Kriterijus paimtas iš gamintojų techninių charakteristikų.

Kaina, EUR/m² (K5) – tai kriterijus, parodantis medžiagos kainą. Kriterijaus skaitinės reikšmės paimtos, remiantis gamintojų informacija.

Kriterijų skaitinės reikšmės pateiktos 4 lentelėje (STR 2.01.02:2016).

4 lentelė

Vertinimo kriterijų skaitinės reikšmės

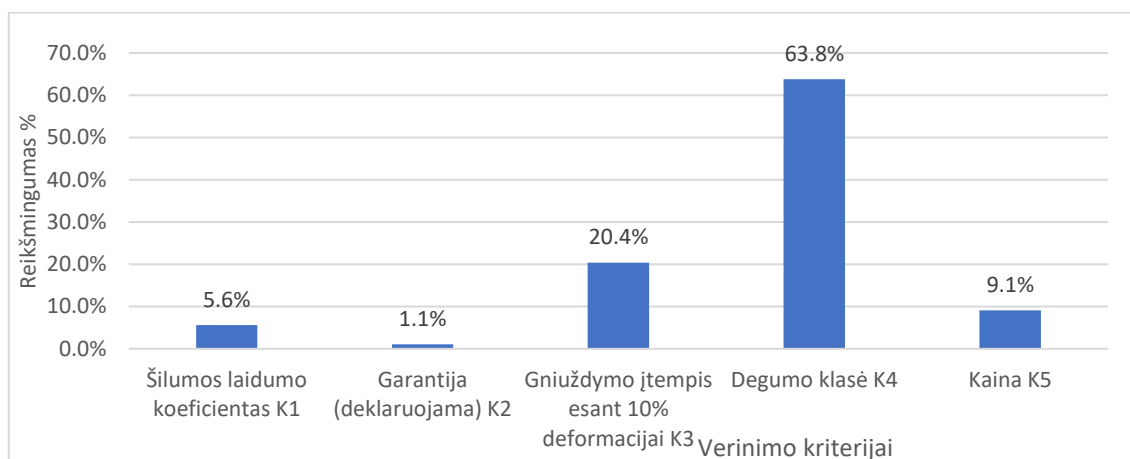
Kriterijai Variantai	Šilumos laidumo koeficientas (W/(m K)) K1	Garantija (deklaruojama) (metai) K2	Gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai σ_{10} (kPa) K3	Degumo klasė (taškai) K4	Kaina (EUR/m ²) K5
PAROC ROS 50 (A1)	0,038	20	50	7	13,4
UTHERM roof LE Poliuretano plokštė (A2)	0,022	25	150	1	17
Šiloporas EPS 80 Polistireninio putplasčio plokštės (A3)	0,037	20	80	2	8,2

Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant teorinį entropijos metodą. Šis metodas leidžia nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumą teoriškai, remiantis matematiniais skaičiavimais ir naudojant kriterijų reikšmingumo skaitines reikšmes (Zavadskas, 2001:380).

Kriterijų prioritetų eilutė: **K4>K3>K5>K1>K2**.

Grafiniai kriterijų reikšmingumo duomenys pateikti 1 pav.



1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas nustatytas taikant teorinį entropijos metodą

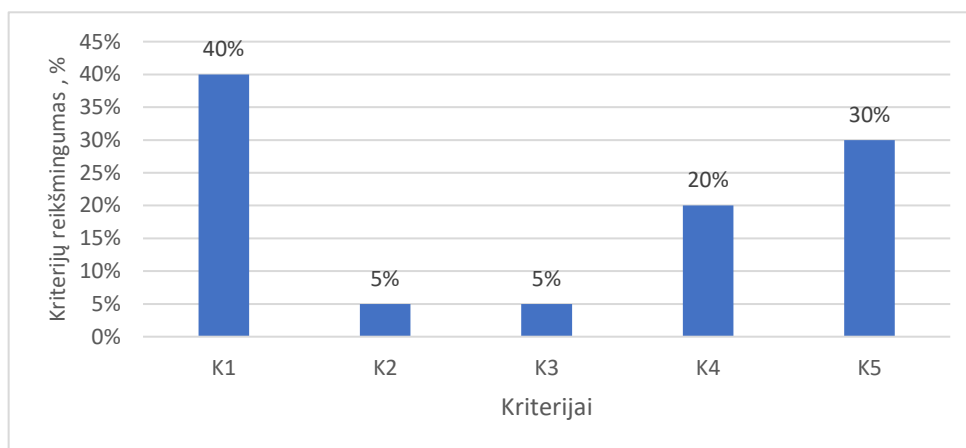
Šaltinis: sudaryta autorių

Skaiciavimo rezultatai naudojant entropijos metodą parodė, kad didžiausią teorinį reikšmingumą turi degumo klasė (K4), kurio teorinis reikšmingumas yra lygus 63,8%, antras pagal svarbą kriterijus gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai (K3), kurio reikšmingumas 20,4%. Trečias gana svarbus kriterijus kaina (K5), kurio reikšmingumas – 9,1%. Šiuo atveju mažai reikšmingi yra šilumos laidumo koeficientas (K1) ir garantija (K2).

Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą .

Ekspertinis porinio palyginimo metodas leidžia nustatyti kriterijų reikšmingumą atsižvelgiant į subjektyvią suinteresuotų grupių nuomonę (Zavadskas, 2001:380). Subjektyvios nuomonės kriterijų prioritetų eilutei sudaryti naudotas organoleptinis metodas (eilutė sudaryta, remiantis užsakovo nuomone). Sudaryta tokia kriterijų prioritetų eilutė: **K1>K5>K4>K3=K2**. Pagal sudarytą eilutę kriterijai lyginami poromis, svarbesniam kriterijui skiriant 2 balus, atitinkamai mažiau svarbiam - 0 balų.

Grafiškai pavaizduoti rezultatai pateikti 2 paveiksle.



2 pav. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas nustatytas taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą.

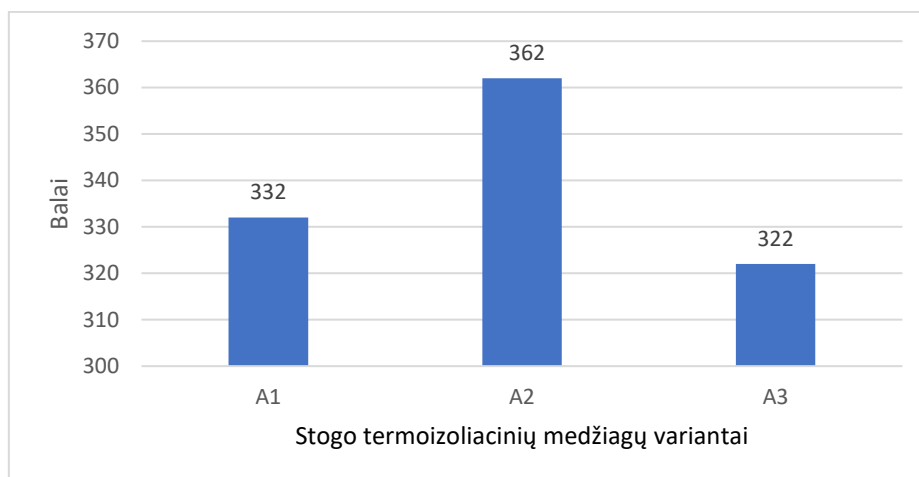
Šaltinis: sudaryta autorių

Skaiciavimo rezultatai parodė, kad didžiausią reikšmingumą turi du kriterijai, šilumos laidumo koeficientas (K1) - 40% bei kaina (K5) - 30%. Gana svarbus ir kitas kriterijus yra degumo klasė (K4), turintis 20% reikšmingumą. Mažą dalį gavo garantija (K2)- 5% ir gniuždymo įtempis esant 10% deformacijai (K3) - 5%.

Racionalaus sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinės medžiagos sprendimo nustatymas, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą. Taikant šį metodą racionalus inžinerinis sprendimas nustatomas, tokia seka:

Remiantis skaičiavimo rezultatais, sudaroma sporto salės dangų sprendimų prioritetų eilutė ir rezultatai pateikiami grafiškai (žr.3 pav.) :

A2>A1>A3



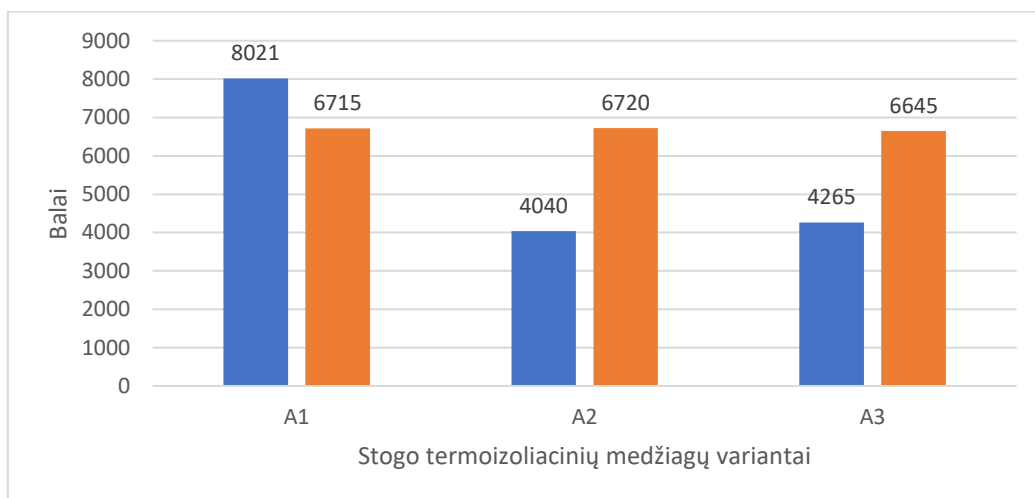
3 pav. Sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinių medžiagų sprendimų naudingumas, kai neįvertintas kriterijų reikšmingumas

Šaltinis: sudaryta autorių

Kai įvertintas teorinis kriterijų reikšmingumas, kur svarbiausias kriterijus - „degumo klasė“ gauname tokia stogo termoizoliacinių medžiagų prioritetų eilutę: **A1>A3>A2**

Kai įvertintas subjektyvus kriterijų reikšmingumas, kur svarbiausias kriterijus - „šilumos laidumo koeficientas“ gauname tokia prioritetų eilutę. **A2>A1>A3**.

Rezultatai pavaizduoti grafiškai (4 pav.).



4 pav. Sandėliavimo paskirties pastato stogo termoizoliacinių medžiagų sprendimų naudingumas, kai įvertintas teorinis ir subjektyvus kriterijų reikšmingumas

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvada

Atlikus sandėliavimo paskirties pastato termoizoliacinių medžiagų analizę ir neįvertinus kriterijų reikšmingumo, gautas racionalus sprendimas- UTherm roof BG poliuretano plokštė (A2). Kai įvertintas teorinis kriterijų reikšmingumas, kur svarbiausias kriterijus - degumo klasė, geriausias termoizoliacinės medžiagos variantas akmens vata PAROC ROS 50 (A1). Pagal užsakovo pageidavimus, kur svarbiausias kriterijus šilumos laidumo koeficientas, tinkamiausias variantas būtų UTherm roof BG poliuretano plokštės. Tačiau pažvelgus į vertinimo rezultatus matome, kad akmens vata labai nedaug atsilieka nuo geriausio varianto. Pažvelgus į kitus svarbius kriterijus, galutinis parinktas variantas: akmens vata PAROC ROS 50 (A1).

Literatūra

1. Akmens vata//UAB Paroc [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.paroc.lt/gaminiai/-statybines-konstrukcijos/ploksciuju-stogu-plokstes/paroc-ros-50>.

2. Poliuretano plokštė.// Moderni izoliacija [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://izoliacija.com/produktas/utherm-roof-bg-bituminei-dangai/>
3. Polistireninio putplasčio plokštės // UAB Kauno Šilas [interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.kaunosilas.lt/siloporas-eps-80>
4. Zavadskas E. K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. V.: Technika, 2001. 380p.
5. STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF THERMAL INSULATION MATERIALS OF A STORAGE BUILDING ROOF

Summary

There are many options of thermal insulation materials available in the market today. With the development of technologies for the production of heat-insulating materials, a wider selection of them can be found on the market. It is becoming more and more difficult to choose the most optimal option of thermal insulation material for the roof, which would meet all the requirements for the warmth, strength and durability of the building roof. One must not forget to evaluate the properties of thermal insulation materials, which are revealed only under certain conditions and environments. Therefore, it is very important to carefully analyze the options of thermal insulation materials for the roof in order to avoid additional costs in ensuring fire resistance properties.

Key words: Stone wool, polyurethane board, polystyrene foam board

ALTERNATYVIŲ STATYBINIŲ MEDŽIAGŲ PANAUDOJIMO STATYBOJE GALIMYBĖS

Dainius Ramukevičius, Andrius Vilimas

Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa

Anotacija

Pastatai turi užtikrinti jiems keliamus esminius reikalavimus, turi tenkinti statybą reglamentuojančius teisės aktus, kai kuriems pastatams atliekamas poveikio aplinkai vertinimas. Visgi, kai kalbama apie pastatus, jiems naudojamas statybinės medžiagos, ne visada svarstoma, koks poveikis daromas gamtai ir aplinkai. Labiau atsižvelgiama į tai, kad pasirinktos medžiagos nebūtų kenksmingos žmogui.

Pastaruoju metu vis daugiau kalbama apie aplinką tausojančią statybą, todėl nereikėtų pamiršti ir tvarių statybinių medžiagų pasirinkimo, kurių gamybai būtų sunaudojama mažai energijos. Tvarios medžiagos turi tenkinti ne tik reikalavimą energijos taupymui gamybos metu, bet kartu tausoti ir aplinką. Žemės ūkio produkcijos gamyboje gaunamas šalutinis produktas šiaudai, galėtų būti panaudoti tvarioje statyboje kaip žaliava statybinių medžiagų gamybai.

Straipsnyje apžvelgiama žemės ūkio veiklos produkto šiaudų pakartotinio panaudojimo galimybės statybinių medžiagų gamyboje, atliktas presuotų šiaudų vertinimas esminiams statinio reikalavimams.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Statybinės medžiagos, tvarios medžiagos, šiaudai.

Ivadas

Energijos poreikis statybų sektoriuje pakankamai aukštas. Pastatų šildymui ir vėdinimui sunaudojama apie 40 proc. visos ES suvartojamos energijos, o 75 proc. pastatų yra energetiškai neefektyvūs. Efektyvus energijos vartojimas pastatams leistų sumažinti CO₂ išmetimą į aplinką. Per paskutiniuosius metus Europos Sąjungoje keliama ambicingi tikslai išmetamųjų teršalų kiekio mažinimo srityje. Siekiama, kad iki 2050 m. būtų sukurtas emisijos neišskiriančių pastatų fondas. Strategijoje numatytas reikalavimas, kad visi nauji pastatai ES nuo 2030 m. neišskirtų emisijų, o visi nauji visuomeniniai pastatai jų neišskirtų nuo 2027 m. Bus statomi pastatai, kurie tausotų aplinką viso gyvavimo ciklo metu ir atitiktų beveik nulinės energijos suvartojimo reikalavimus, naudojant atsinaujinančios energijos šaltinius.

Pastatai ir jų statyba neišvengiamai turės tapti tvaresni. Sumažinti CO₂ išmetimą į aplinką galima apšiltinant pastatus, naudoti tvarias medžiagas, pereinant nuo daug energijos sunaudojančių, prie alternatyvių, aplinkai draugiškų statybinių medžiagų. Kadangi pastatų eksploatavimo trukmė yra ilga, itin svarbu skatinti tobulesnį projektavimą, kuris padėtų sumažinti poveikį aplinkai ir padidinti jų sudedamųjų dalių atsparumą ir perdirbamumą.

Mažinant energijos suvartojimą statybų sektoriuje, gaminant statybinės medžiagas labai svarbiu antrinių žaliavų naudojimas, žiedinės ekonomikos modelio kūrimas statybos sektoriuje. 2022 m. kovo mėn. Europos Komisija paskelbė pirmąjį priemonių paketą, skirtą paspartinti perėjimą prie žiedinės ekonomikos. Pasiūlymai apima ir statybos sektorių. Apimties požiūriu statybos ir griovimas – vieni didžiausių atliekų šaltinių Europoje. Žiedinės ekonomikos veiksmų plane numatyta tvarių statybos gaminių kūrimas ir antrinių žaliavų naudojimas, siekiama, kad gaminiai būtų pritaikyti neutralaus poveikio klimatui. Kol kas antrinės žaliavos tesudaro mažą visų Europos Sąjungos naudojamų medžiagų procentinę dalį.

Biologinės medžiagos, t.y. iš biologinių išteklių (medienos, kultūrinių augalų arba pluošto) pagamintos medžiagos, nuo seno naudojamos statyboje. Tokios medžiagos, kaip mediena, gali būti naudojama įvairiai ir ją pakartotinai panaudoti ir perdirbti galima kelis kartus.

Žemės ūkyje perdirbant įvairias biologines kultūras, gaunama šalutinė produkcija. Javų auginimo šalutiniai produktai – šiaudai. Nuėmus derlių, priklausomai nuo kultūros, šiaudų lieka nuo 6 iki 10 t/ha. Jų kiekį lemia pasėlių plotai, derlingumas, javų auginimo technologijos. Lietuvoje apsėjama javais 900-1100 tūkst. ha per metus. Pakankamai dideli kiekiai lieka šiaudų nepanaudotų. Dalis šiaudų sunaudojama kraikui, biokuro gamybai, kitoms reikmėms, bet didžiąją dalį ūkininkai šiaudus smulkina ir aparia. Kadangi šiaudų yra pakankamai, dalis šiaudų gali papildyti vietinių statybinių medžiagų išteklius (Milutienė, 2010). Šiaudai patvari statybinė medžiaga, nes šiaudo struktūra yra tokia pati kaip ir medienos.

Statybose šiaudų panaudojimas yra aplinkai palanki technologija. Aplinkai draugiška natūrali žaliava gali būti užauginta netoli pastato statybos vietos, o nugriovus pastatą po jo eksploatacijos, lieka biodegrazuojančios atliekos. Pasaulyje šiaudai pastatuose naudojami įvairiai. Dažniausiai naudojami išorinių sienų konstrukcijose bekarkasinėje, karkasinėje ir skydinių pastatų statyboje, bet gali būti naudojami ir perdangų ar stogo šiltinimui (Vėjelienė ir kt., 2010).

Dabartiniu metu Lietuvoje nedideli šiaudų kiekiai naudojami skydinių pastatų statybose kaip šilumą izoliuojanti medžiaga. Lietuvoje yra tik kelios įmonės, statančios skydinius namus. Karkasinio pastato statyba, kai presuoti šiaudų ryšuliai naudojami kaip šilumą izoliuojanti medžiaga, vis dar nėra standartizuota.

Europos Sąjungos teritorijoje parduodami produktai, prieš juos pateikiant į rinką, privalo būti patikrinti, turėti CE ženklą. Ženklavimas reiškia, kad produktą įvertino gamintojas ir kad jis laikomas atitinkančiu saugos, sveikatos ir aplinkos apsaugos reikalavimus, t.y. kokybė atitinka Reglamente Nr. 305/2011 nustatytus esminius statinių reikalavimus. Esminiai statinių reikalavimai yra pagrindas rengiant produktų technines specifikacijas.

Straipsnio tikslas – apžvelgti presuotų šiaudų panaudojimo galimybes karkasinio pastato statyboje, vertinant atitiktį esminiams statinio reikalavimams.

Šiaudai, kaip statybinė medžiaga

Statybos produktas – tai produktas, kuris gaminamas, tiekiamas į rinką tam, kad būtų nuolat įmontuotas į statinį ir kurio eksploatacinės savybės daro poveikį statinio eksploatacinėms savybėms, susijusioms su esminiais statinių reikalavimais. Prieš patenkant produktui į rinką, gamintojas privalo parengti techninius dokumentus ir jų pagrindu parengti eksploatacinių savybių deklaraciją bei paženklinti produktą CE ženklu. Europos Reglamente Nr. 305/2011, kuriuo nustatomos suderintos statybos produktų rinkodaros sąlygos, yra išdėstyti esminiai reikalavimai keliami statybos produktams. Reglamente teigiama, kad statiniams naudojami produktai turi tenkinti mechaninio atsparumo ir pastovumo; gaisrinės saugos; higienos, sveikatos ir aplinkos apsaugos; saugos ir galimybės patekti į statinį naudojimo metu; apsaugos nuo triukšmo; energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo; tvaraus išteklių naudojimo reikalavimus.

Statyboje naudojamiems šiaudams, kaip ir kitoms statybinėms medžiagoms privaloma taikyti Reglamente Nr. 305/2011 numatyti reikalavimai. Jų panaudojimo galimybės karkasinių pastatų statyboje apžvelgtos pagal nustatytus esminius statinių reikalavimus.

Vertinant šiaudų kaip statybinės medžiagos panaudojimą pastatų konstrukcijoms „Mechaninis atsparumas ir pastovumas“ esminio reikalavimo požiūriu svarbu įvertinti medžiagos stiprumą. Stiprumo rodiklis svarbus medžiagos gniuždymo atveju. Naudojant šiaudus karkasinėje pastatų statyboje, kaip šilumą izoliuojančią medžiagą, susidariusias apkrovas atlaiko pastato karkasas, todėl šiaudų medžiagos stiprumas nėra toks aktualus (Cascone ir kt. 2019; Chaussinand, 2014). Šiaudų, kaip laikančiosios ir šilumą izoliuojančios konstrukcijos stiprumas yra aktualesnis bekarkasinėje pastatų statyboje. Pasaulyje tokiems pastatams šiaudai taip pat naudojami (Tlaji ir kt., 2022), Tačiau bekarkasiniai pastatai gali būti tik vieno aukšto, o lauko laikančiosioms sienoms įrengti naudojami pakankamai didelio tankio šiaudų ryšuliai (1 pav.). Stipriai supresuoti šiaudų ryšulius, kurių tankis apie 400 kg/m³, kaip didelius blokelių, būtų galima naudoti bekarkasinėms sienoms įrengti. Tokių pastatų sienos ilgis ne didesnis kaip 7 metrai.



1 pav. Stipriai supresuoti šiaudai, kurių tankis apie 400 kg/m³

Šaltinis: sudaryta autorių

Gaisrinės saugos reikalavimai pastatams yra susiję su jų išdėstymu teritorijoje, projektiniais sprendimais, statybos produktais. Vertinant presuotų šiaudų ryšulius kaip statybinės, šilumą izoliuojančios medžiagos panaudojimą karkasinių pastatų konstrukcijoms „Gaisrinė sauga“ požiūriu, pagal literatūros šaltiniuose publikuotus duomenis (Chaussinand, 2015), 50 cm storio siena aptinkuota iš abiejų pusių molio skiediniu atlaiko dviejų valandų trukmės degumo bandymą (standartinis atsparumas ugniai R 120), jeigu netinkuota – apie 30 min (R 30). Presuotus šiaudų ryšulius paveikus atvira liepsna, t.y. juos uždegus, po 16-17 s degimas užgęsta, dėl gerai suspaustuose šiauduose esančio nepakankamo deguonies kiekio, būtino degimui palaikyti. Presuoti šiaudai priskiriami degioms vidutiniškai užsiliepsnojančioms medžiagoms (degumo klasė E). Tokiai pat degumo klasei priskiriamas ir pastatų aitvarų apšiltinimui plačiai naudojamas polistireninis putplastis su degumą slopinančiais priedais. Norint užtikrinti didžiausią sienos atsparumą ugniai, reikėtų vengti vidaus ir išorės apdailos sprendimų, kuriuose nenaudojamas tinkas.

Pastato esminio reikalavimo „Higiena, sveikata ir aplinkos apsauga“ įvykdymas užtikrinamas taip, kad aplinkai, pastate esančių žmonių sveikatai nekiltų grėsmė bei būtų sudarytos galiojančius reikalavimus

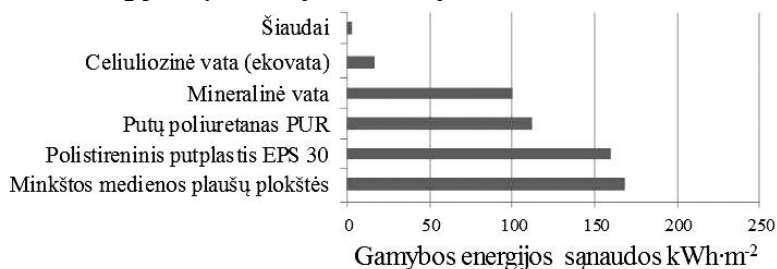
atitinkančios higienos sąlygos. Vertinant presuotų šiaudų ryšulius kaip šilumą izoliuojančią medžiagą karkasinių pastatų konstrukcijoms esminio reikalavimo požiūriu, didžiausias dėmesys skiriamas puvimui, kurio metu gali kilti pavojus žmonių sveikatai. Kaip ir kiekvienai organinei medžiagai, puvimo procesui prasidėti reikalinga drėgmė, šiluma ir oras. Atliktais moksliniais tyrimais nustatyta, kad šiaudų puvimo procesas vyksta tada, kai aplinkos drėgnis didesnis kaip 18-20 %. Pastato siena iš presuotų šiaudų ryšulių aptinkuota iš abiejų pusių molio skiediniu negauna tiesioginės lietaus drėgmės, todėl puvimo procesui prasidėti nėra sąlygų. Šiaudines sienas geriausia tinkuoti molio tinku su priedais. Toks tinkas gerai apsaugo šiaudus nuo tiesioginio drėgmės poveikio. Difuzijos būdu judantis garas sienose nesukuria pakankamų sąlygų puvimui, jei nėra naudojami garo judėjimą ribojantys sprendiniai namo išorėje.

Galima teigti, jog veiksnių, galinčių turėti neigiamą įtaką aplinkai, žmonių sveikatai, šiaudai, kaip šilumą izoliuojanti medžiaga nesukelia.

Pastatai projektuojami taip, kad būtų išvengta nelaimingų atsitikimų (dėl paslydimo, kritimo, sniego nuošliaužų, varveklių kritimo, susidūrimo, nudegimo, nutrenkimo ar susižalojimo elektros srove, sprogimo) rizikos. „Naudojimo sauga“ esminio reikalavimo požiūriu karkasinis pastatas, kurio konstrukcijose naudojami šiaudai, kaip šilumą izoliuojanti medžiaga, nekelia jokių rizikos veiksnių.

Apsaugos nuo triukšmo charakteristikos ir priemonės nustatomos vadovaujantis STR 2.01.01(5):2008. Pastatas turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad jame ir šalia jo esančių žmonių girdimo triukšmo lygis nekeltų grėsmės žmonių sveikatai ir atitiktų komfortines aplinkos sąlygas, kurios reikalingos darbui, poilsiui bei miegui. Esminio reikalavimo „Apsauga nuo triukšmo“ požiūriu pastatai, kurių karkasas užpildytas šiaudais ir sienos tinkuotos molio tinku, moksliniais bandymais nustatyta (Tlajji ir kt., 2022), kad ore sklindančio garso izoliavimo rodiklis $R'w$ 55 dB. Dėl pluoštinės ir aktytos struktūros, šiaudai gerai izoliuoja garsą ir tokios sienos konstrukcija atitinka ypač gero akustinio komforto sąlygų klasės A pastatų išorinėms sienoms keliamus reikalavimus.

Šiltiems pastatams itin aktualus energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas. Atsižvelgiant į pastatų paskirtį, vietovės klimato sąlygas, jų šildymo, vėsinimo, apšvietimo bei vėdinimo įrenginiai turi būti projektuojami taip, kad jų naudojimo metu energijos sąnaudos būtų mažos. Kai kurių šilumą izoliuojančių medžiagų gamybai būtinos energijos sąnaudos pateiktos 2 paveiksle.



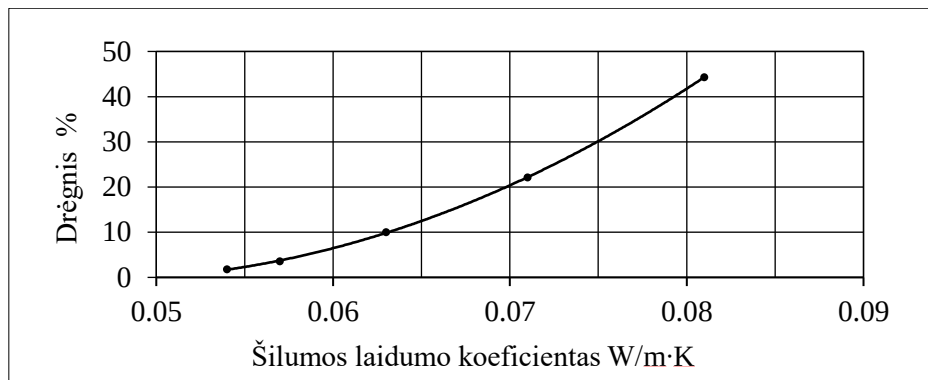
2 pav. Energijos sąnaudos medžiagų gamybai, kai atitvaros šilumos perdavimo koeficientas yra $U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Šaltinis: sudaryta autorių

Pastato energinis efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo atitvarinių konstrukcijų. Svarbus energijos taupymo rodiklis, kuris nustatomas pastatų atitvaroms yra šilumos perdavimo koeficientas U nurodytas STR 2.01.02:2016. Atitvarų šilumos perdavimo koeficiento vertei turi įtakos medžiagos šilumos laidumo koeficientas λ ir medžiagos sluoksnio storis atitvaroje.

Atliktais tyrimais nustatyta, kad kai šiaudai sausi, medžiagos tankis $70\text{-}150 \text{ kg}/\text{m}^3$ šilumos laidumo koeficientas λ yra $0,045\text{-}0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$, kai šiaudai eksploatacinio orasausio drėgnio šilumos laidumo koeficientas λ yra $0,054\text{-}0,072 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Šiaudų drėgniui didėjant šilumos laidumo koeficiento vertė taip pat didėja (3 pav.). Šilumos laidumo koeficiento vertė rodo, kad šiaudai yra pakankamai efektyvi šilumą izoliuojanti medžiaga.

Karkasinio pastato lauko sienos užpildytos 50 cm storio presuotų šiaudų ryšuliais ir iš abiejų pusių padengtos molio tinku, šilumos perdavimo koeficientas U įvertinus šilumai laidesnio medinio karkaso įtaką būtų $0,13\text{-}0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, o sienos visuminė šiluminė varža $R_t = 7,7\text{-}7,1 (\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W})$. Norint užtikrinti aukščiausią pastato energinio naudingumo klasę, sienas reikia papildomai šiltinti medžio ar kita vata, arba naudoti papildomą šiaudų sluoksnį.



3 pav. Šiaudų šilumos laidumo koeficiento vertės priklausomybė nuo medžiagos drėgnio
Šaltinis: sudaryta autorių

Esminis statinio reikalavimas „Tvarus gamtos išteklių naudojimas“ skelbia, kad statiniai turi būti projektuojami, statomi ir griunami taip, kad būtų tvariai naudojami gamtiniai ištekliai. Naudojant šiaudus karkasinėje pastatų statyboje, kaip šilumą izoliuojančią medžiagą, o tuo pačiu ir kaip antrinę žaliavą, šiaudai nekelia pavojaus žmonių sveikatai, neturi neigiamo poveikio gamtinei aplinkai ir mažina pastato šilumos nuostolius. Šiaudų panaudojimas, kaip statybinės, šilumą izoliuojančios medžiagos, atitinka tvarios statybos principus.

Išvados

1. Atlikus presuotų šiaudų ryšulių vertinimą pagal esminius statinio reikalavimus galima teikti, kad šiaudai atitinka keliamus reikalavimus ir gali būti naudojami karkasinių pastatų sienų statyboje kaip šilumą izoliuojanti medžiaga.
2. Karkasinių pastatų statyboje šiaudai, kaip alternatyvi šilumą izoliuojanti medžiaga turėtų būti lygiavertė tarp kitų galimų šilumą izoliuojančių medžiagų pasirinkimo.
3. Tvarus antrinių žaliavų panaudojimas, pritaikant jas statybinių medžiagų gamyboje, leistų efektyviau panaudoti energijos šaltinius, mažinti atliekų kiekį ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisiją.

Literatūra

1. Cascone, S., Rapisarda, R., Cascone, D. Physical Properties of Straw Bales as a Construction Material: A Review. Sustainability, 2019, 11, 3388.
2. Chaussinand, A., Scartezzini, J.L., Nik, V. Straw bale: A waste from agriculture, a new construction material for sustainable buildings. Energy Procedia 2015, 78, 297-302.
3. Chaussinand, A. Straw Bale: An innovative sustainable material in construction. Key Eng. Mater. 2014, 632, 69-77.
4. Milutienė, E. 2008. Šiaudiniai namai. Vilnius: Atsinaujinančios energijos informacijos konsultacinis centras.
5. Statybos techninį reglamentą STR 2.01.01(5):2008 „Esminis statinio reikalavimas „Apsauga nuo triukšmo“.
6. Tlaji, G., Ouldboukhite, S., Pennec, F., Biwole, P. Thermal and mechanical behavior of straw-based construction: A review. Constr. Build. Mater. 2022, 316, 125915.
7. Vėjelienė, J.; Gailius, A.; Vėjelis, S. Šiaudų naudojimo galimybių termoizoliacinių medžiagų gamybai tyrimai. Statybinės konstrukcijos ir technologijos, 2010, 2(2): 66-70.

Use of alternative building materials in construction possibilities

Summary

Buildings must ensure the essential requirements imposed on them, must satisfy the legal acts regulating construction, some buildings are subject to an environmental impact assessment. However, when it comes to buildings and the construction materials used for them, the impact on nature and the environment is not always considered. More attention is paid to the fact that the selected materials are not harmful to humans.

Recently, there is more and more talk about environmentally friendly construction, so the choice of sustainable building materials, the production of which would consume little energy, should not be forgotten. Sustainable materials must meet not only the requirement for energy saving during production, but also protect the environment. Straw is a by-product obtained in the production of agricultural products, which could be used in construction as a raw material for the production of building materials.

ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO KARKASO SPRENDINIŲ LYGINAMOJI ANALIZĖ

Rimvydas Žukauskas, Violeta Medelienė

Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa

Anotacija

Administracinės paskirties pastatai miestuose yra vieni iš svarbiausių šių dienų simbolių. Įvairaus dizaino biurai dominuoja kiekviename didesniame mieste. Tai- vieni ryškiausių ekonominės veiklos, socialinės, finansinės, technologinės pažangos rodiklių. Tokių pastatų dizainui skiriamas ypatingas dėmesys, tačiau jie taip pat turi pilnai tenkinti visus keliamus reikalavimus, būti suprojektuoti iš šiuolaikinių aplinką tausojančių tvarių medžiagų, siūlomų statybinių konstrukcijų rinkai. Surasti efektyvius sprendinius ne visada yra paprastas ir lengvas uždavinys.

Tyrimo tikslas- išanalizuoti administracinės paskirties pastato laikančio karkaso alternatyvius sprendinius ir atlikti jų lyginamąją analizę. Straipsnyje pateikta keturių skirtingų medžiagų: medinių, metalinių, mūrinių ir gelžbetoninių karkasų ir atitinkamų išorinių atitvarų analizė bei atliktas variantų derinių techninių ekonominių rodiklių palyginimas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Pastatų karkasai, išorinių sienų konstrukcijos, deriniai, techniniai ekonominiai rodikliai, lyginamoji analizė, efektyvūs sprendiniai.

Ivadas

Statyba yra viena svarbiausių šalies ūkinės veiklos sričių, kuri užima reikšmingą vietą žmonių ir visos valstybės socialiniame ir ekonominiame gyvenime ir yra tarsi šio gyvenimo atspindys.

Pastaruoju laikotarpiu statybos sektorius Lietuvoje vystosi labai sparčiai. Tai rodo nuolat rinkoje atsirandančios naujos statybinės medžiagos, tvarūs šiuolaikiniai gaminiai vis modernesnės ir įvairesnės konstrukcijos bei naujos, pažangios gamybos ir statybos technologijos. Pagrindinė naujų sprendinių atsiradimo priežastis- šiam laikotarpiui keliamų gerokai aukštesnių šiluminės energijos naudingumo reikalavimų ir medžiagų bei konstrukcijų tvarumo užtikrinimas. Lietuvos respublikos Aplinkos ministerija siūlo nuo 2024 m. visuomeninius pastatus statyti iš medienos ir organinių medžiagų, kurios sudarytų 50 proc. viso statinio statybos medžiagų (LR Aplinkos ministerija, 2021). Nors šiuo metu nėra draudžiama daugiaaukščių medinių konstrukcijų pastatų statyba, tačiau teisės aktai leidžia statyti tik santykinai mažo aukštingumo pastatus, apribojant jų aukštį. Nuo 2024-ųjų siūloma tokius apribojimus švelninti, leidžiant projektuoti ir aukštesnius pastatus. Tokiu atveju galėtų būti projektuojami ir kelių aukštų mediniai administracinės paskirties pastatai.

Žvelgiant į tokio tipo pastatų statybos istoriją nesunku pastebėti, kad jų konstrukcijas lemdavo turimi statybiniai ištekliai ir technologijos.

Su kiekvienais metais tendencijos keičiasi, atsiranda vis daugiau galimybių ir alternatyvių įprastoms statyboms. Projektuojant administracinės paskirties pastatus vienas iš svarbiausių uždavinių- pasirinkti tinkamas konstrukcijas, kurios atitiktų šio tipo pastatams keliamus norminius reikalavimus, technines sąlygas, saugotų gamtą, būtų ilgaamžės, užtikrintų naudotojų poreikius. Šiuo metu taip pat aktualu, kad nekeičiant pastato laikančių konstrukcijų, pastatus būtų galima nesudėtingai išardyti, atnaujinti fasadus, perplanuoti vidaus patalpas. Karkasiniai pastatai yra vienas iš lengviausių būdų realizuoti šių dienų reikalavimus.

Administracinės paskirties karkasinių pastatų statyboje tradiciškai vyrauja gelžbetoniniai, metaliniai ir mišrūs gelžbetonio- metalo karkasai. Tačiau vis dažniau, atsižvelgiant į šiuolaikinius reikalavimus, vietą randa ir mediniai bei lengvų konstrukcijų metaliniai karkasai. Karkaso tipas dažniausiai lemia ir išorinės atitvaros konstrukcinį sprendinį, kuris užtikrina pastato šiluminius reikalavimus bei išskirtinį estetinį vaizdą. Tokių sprendinių taip pat yra gausus pasirinkimas. Dėl šių priežasčių administracinių pastatų projektavimas tampa daugialypiu, sudėtingu procesu, reikalaujančiu daug laiko, žinių ir komandinio darbo. Šiuo atveju projektuotojams sudėtinga nuspręsti, kuris karkasas ir jį atitinkanti išorinės atitvaros konstrukcija geriausiai tiktų duotai projektavimo užduočiai atlikti?

Todėl šiame tyrime formuluojamas *tikslas*- išanalizuoti įvairius administracinės paskirties pastatų karkasų ir išorinių sieninių atitvarų sprendinių derinius ir atlikti lyginamąją techninių ekonominių rodiklių analizę.

Tiksliui realizuoti, numatyti tokie uždaviniai: 1- išanalizuoti administracinės paskirties karkasų ir atitinkamų išorinių atitvarų derinius; 2- nustatyti karkasų derinių svarbiausius techninius ekonominius rodiklius ir atlikti jų sąmatinius skaičiavimus; 3- atlikti gautų rezultatų lyginamąją analizę.

Tyrimas atliktas prisilaikant tokių etapų: 1- išnagrinėjus informacijos šaltinius, atlikta administracinių pastatų karkasų analizė ir atitinkamiems karkasams tinkamos išorinių sienų atitvarinės konstrukcijos; 2- sudaryti alternatyvų variantų deriniai; 3- atliktas techninių ekonominių rodiklių reikšmių skaičiavimas; 4- atlikta gautų rezultatų lyginamoji analizė ir suformuluotos išvados.

Administracinės paskirties pastatų karkasų variantų analizė.

Karkasų paskirtis- suteikti pastatams erdvinę formą, užtikrinti jų stabilumą bei perimti visas ar dalį apkrovų. Tikrasis karkasas laiko visas apkrovas, o dalinis (vidinis) – tik dalį apkrovų. Karkasai būna vienaaukščiai ar daugiaaukščiai, gelžbetoniniai surenkami ar monolitiniai, plieniniai, lengvųjų metalinių konstrukcijų, kai kuriais atvejais mediniai (Nakas, 2022). Karkasiniams pastatams būdingos didelės vidinės erdvės, kurias galima lengvai pertvarkyti, transformuoti. Karkasų išorinės atitvaros (sienos) sudarytos iš metalinių, gelžbetoninių, medinių statramsčių, skersinių, spyrių, pripildytos užpildo (plytų, lengvojo betono, mineralinės vatos) ir aptaisomos daugiasluoksniomis sieninėmis plokštėmis, plytomis, apdailiniais lakštais, mediniais elementais, montuojamos iš aliuminio- stiklo konstrukcijų, tinkuojamos ir pan.

Šiame tyrime analizuojami administracinio pastato karkasai iš medinių, mūro, metalo gelžbetonio konstrukcijų.

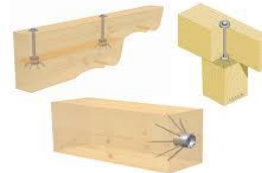
Karkasas iš medinių konstrukcijų (A1). Augant pasaulinei įtampai dėl klimato kaitos ir žmonijai ieškant efektyvių bei pigių išteklių, keičiasi ir statybos įpročiai. Didesnis medienos naudojimas statybose, manoma, yra viena realiausių ir racionaliausių priemonių pradėti gyventi pasaulyje, kuriame mažiau taršos ir klimato pokyčių. Įprastai gaminant statybines medžiagas išmetamas didžiulis kiekis anglies dvideginio (CO₂). Statybose naudoti daugiau medienos- tai rimtas argumentas mąstantiems apie aplinkos tausojimą (Tamašauskaitė, 2021). Pažangūs statybos iš medžio metodai jau taikomi ne tik privatiems namams, bet ir daugiabučiams ar daugiaaukščiams pastatams. „Dabartinės technologijos leidžia statyti iš medžio jau dvidešimties aukštų ir dar aukštesnius pastatus, tad tai nebėra ribojantis faktorius (Medžio konstrukcijų atgimimas, 2020).

Iš esmės skiriami du medinių karkasinių pastatų tipai - karkasiniai pastatai, kai karkaso konstrukcijos surenkamos statybos aikštelėje ir mediniai karkasiniai-skydiniai pastatai, kai karkaso konstrukcijos pagaminamos gamykloje be apšiltinimo ar su apšiltinimu ir plokščių apkalomis. Patys skydai gali būti su išorės apdaila, langais ir lauko durimis. Skydai surenkami statybos aikštelėse ir tokių pastatų baigtumas gamykloje sudaro apie 50- 80 % (Karkasinio namo statyba, 2022).

Medinį laikantį karkasą sudaro skersiniai ir išilginiai tašai, kurie sujungiami varžtais ir metaliniais elementais (žiūr. 1 pav.).



1 pav. Medinis karkasinis pastatas [12]



2 pav. Medinių elementų tvirtinimo detalės [14]

Medinių karkasinių pastatų sienos gali būti įrengtos keliais skirtingais būdais (žiūr. 3 pav.). Todėl medinių konstrukcijų gaisrinės ir akustinės charakteristikos dažniausiai apskaičiuojamos pagal Eurokodą 5. Projektuojant medinių karkasinių sienų konstrukcijas, turi būti įvertinti sienos gaisrinės, šiluminės ir drėgmės savybės įtakojantys aspektai (Vėdinamų sistemų projektavimo vadovas (Paroc), 2021:20-21).

Mūrinės laikančios sienos (A2). Lietuvoje, projektuojant administracinės paskirties pastatus, dėl mūro darbų apimtys ir glaustų statybos terminų, išorinių sienų laikančiai konstrukcijai daug dažniau pasirenkamos ne plytos, o mūro blokai. Jų pasirinkimą lemia didesni blokelių išmatavimai, dėl ko mūrijimo procesas tampa greitesnis ir pigesnis. Statyboje dažniausiai naudojami silikatiniai, keraminiai, keramzito betono ir aktyto betono (dujų silikato) blokeliai. Paprastai, renkant mūro blokelių, lyginamas jų ekologiškumas, stiprumas, garso izoliacinės savybės, šilumos laidumas, atsparumas šalčiui ir vandens įmirkis.



1-vidausr apdaila (gipskartonio plokščiai arba medinių dailylentų); 2- garo izoliacija; 3- pagrindinis tašas; 4- šilumos izoliacijos sluoksnis 400mm; 5- apsauga nuo vėjo; 6- tvirtinimo elementas; 7- vėdinamas oro tarpas; 8- vertikalus tašas; 9- išorės lentų apdaila.



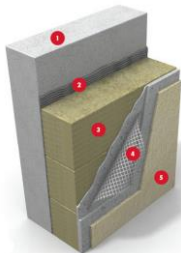
1-gipso kartono plokštė; 2- medinis karkasas 50 x 50mm, 3- šilumos izoliacija; 3- garo izoliacinis sluoksnis; 4- laikantysis medinis karkasas; 5- apsauga nuo vėjo; 6- sandarinimo juosta; 7- vėdinamas oro tarpas – karkasas apdailai tvirtinti; 8- medinių lentelių apdaila.



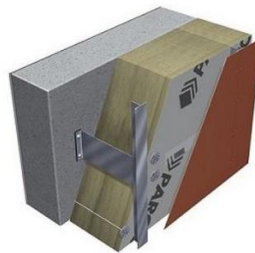
1-gipso kartono plokštė; 2- karkasas 50 x 50mm; 3- šilumos izoliacija; 4- garo izoliacinis sluoksnis; 5- laikantysis medinis karkasas; 6- apsauga nuo vėjo; 7- sandarinimo juosta; 8- vėdinamas oro tarpas; 9- apdailos plytų mūras.

3 pav. Medinių karkasinių pastatų sienų konstrukcijos [23]

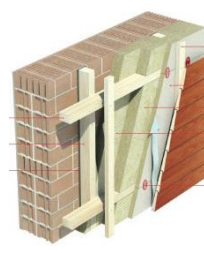
Tam, kad būtų užtikrinta reikiama šiluminė išorės sienų varža, atitinkanti šiuolaikinius reikalavimus, būtina jas apšiltinti, įrengiant tam tikro sluoksnio šilumą izoliuojančių medžiagų sluoksnį, bei apsauginį sluoksnį, saugantį termoizoliacines medžiagas nuo agresyvaus išorės poveikio. Apšiltinus išorines pastato sienas, sumažinami šiluminės energijos nuostoliai, tuo pačiu sumažinamas CO₂ išmetimas į aplinką. Tačiau gaminant šilumą izoliuojančias medžiagas sunaudojama labai daug energijos. Todėl parenkant šilumą izoliuojančias medžiagas, reikia atsižvelgti ne tik į jų kainą, bet ir į energijos sąnaudas joms gaminti bei tarnavimo laiką. Parenkant atitvarinių konstrukcijų sprendinius reikia derinti laikančių elementų medžiagas su termoizoliacinėmis medžiagomis (Jonaitis ir kt., 2013).



1-laikanti konstrukcija (mūras); 2- klijų mišinys; 3- šilumos izoliacija; 4- armavimo sluoksnis; 5- tinko apdailos sluoksnis



1-laikanti konstrukcija (mūras); 2- karkasas apdailai tvirtinti; 3- šilumos izoliacija; 4- šilumos izoliacijos tvirtinimo detalė; 5- vėdinamas oro tarpas; 6- fasado apdaila.



1-hidroizoliacija po karkaso tašais; 2- karkasas; 3- termoizoliaciniai sluoksniai; 4- apsauga nuo vėjo; 5- reguliuojantys taškai; 6- fiksatoriai; 7- dailylentų apdaila.

4 pav. Mūrinių sienų šiltinimo sistemų pavyzdžiai [7]

Metalinis karkasas (A3). Plieno ir metalo konstrukcijų pastatai yra ypač populiarūs bei teigiamai vertinami dėl daugybės puikių savo privalumų: greitai sumontuojami, ilgai tarnauja, ekonomiškai, tinka įvairios veiklos vykdymui, plieną lengva suderinti su kitomis medžiagomis, todėl garantuojamas estetiškas vaizdas, statant tokius pastatus lengva įgyvendinti individualius sprendimus ir pan.

Lietuvoje pradėti statyti lengvo plonasis plieno konstrukcijų karkasiniai namai (5 pav.). Užsienio šalyse statyba iš tokių konstrukcijų naudojama jau seniai. Plonasis plieno konstrukcijų karkasinių namų naudojimą lemia kelios priežastys. Lyginant su medinių konstrukcijų karkasu, metalinis karkasas yra daug stabilesnis, nes metalas, skirtingai nei mediena, „nevaikšto“. Tokiu būdu šiuose pastatuose išvengiama deformacijų, įtrūkimų, nereikalingas prieštaringas apdorojimas, kaip medinėms konstrukcijoms (Metalinio karkaso namai, 2022). Metalas konstruktyvas yra apie 10 kartų lengvesnis nei mūras ir 2-3 kartus lengvesnis nei mediena, tai leidžia sumažinti apkrovas į pamatus.

Karkaso iš plieninių profilių statyba greitesnė. Rėminis karkasas modeliuojamas naudojant programinę įrangą pagal pateiktą architektūrinį projektą. Tam tikslui apskaičiuojamos apkrovos, parengiamas 3D modelis, gamybos ceche paruošiami profiliai ir surenkami rėmai, jie nugabenami į statybą, kur lieka tik sujungti su pamatais ir tarpusavyje.

Metalinis karkasas apšiltinamas, kaip ir medinis karkasas. Pastato „šaltumas“ ar „šiltumas“ priklauso tik nuo termoizoliacijos sluoksnio ir jo sandarumo. Galimos visos metalinio karkaso apšiltinimo medžiagos - mineralinė vata, polistireninis putplastis, poliuretano putos, daugiasluoksnės sieninės

plokštės su išorine apdaila ir kt. (6 pav.). Tokio tipo karkasuose gali būti naudojamos ir aliuminio-stiklo konstrukcijos.



5 pav. Plonasienio plieno konstrukcijų karkasas [22]



6 pav. Plonasienio plieno konstrukcijų karkasas su stiklo-aliuminio išorinių sienų apdaila [6]

Gelžbetoninis karkasas (A4). Surenkamo gelžbetonio karkaso konstrukcijų atgimimą lėmė atsiradusios naujos surenkamojo gelžbetonio karkasų gamybos technologijos. Šiuo metu gaminami standartiniai ir nestandartiniai surenkamojo gelžbetonio karkasų elementai iš esmės skiriasi nuo senųjų, serijiniu būdu gaminamų karkaso elementų. Gaminių formos, kuriose jie ruošiami, universalios, todėl galimos įvairios gaminių konfigūracijos, sudarančios galimybę įvairiems architektūrinėms sprendimams. Modernių surenkamųjų gelžbetoninių konstrukcijų karkasas suteikia daug daugiau architektūrinės laisvės. Jų elementai gaminami pagal individualius architekto bei projektuotojų pageidavimus. Taip atsiranda galimybė modeliuoti erdves pagal individualius poreikius, o vėliau šiuos elementus jungti į architektūrinę visumą.

Naudojamos technologijos leidžia išgauti reikiamą konstrukcijų paviršių lygumą, todėl sumažėja sąnaudos paviršių paruošimui. Į statybos aikšteles gaminiai atvežami jau visiškai paruošti montavimui, kas labai paspartina pastatų statybos procesą. Surenkamų konstrukcijų montavimo procesui neturi įtakos oro sąlygos, nes konstrukcijas galima montuoti net iki - 20 °C. Tai yra viena iš lemiamų veiksnių, leidžiančių augti surenkamo gelžbetonio karkaso gaminių rinkai (Surenkamo gelžbetonio konstrukcijos diktuoja racionalius sprendimus, 2009).

Pastaraisiais metais Lietuvoje tokių pastatų. Tai lėmė žemesnė monolitinio gelžbetonio konstrukcijų kaina. Dabar situacija vėl pamažu keičiasi, o Lietuvoje kartojasi tie procesai, kurie kitose Europos šalyse prasidėjo kiek anksčiau. Pavyzdžiui, Suomija prie surenkamųjų konstrukcijų grįžo maždaug prieš 15 metų (Surenkamas gelžbetonis: naujos galimybės verslui, 2015).

Daugumos administracinių pastatų, prekybos centrų, sandėlių, angarų gelžbetonio karkasai (7 pav.), užpildomi gamykloje pagamintomis daugiasluoksnėmis plokštėmis iš metalo, gelžbetoninėmis plokštėmis, kurios gali būti su dekoratyviniu paviršiumi, jau su apšiltinimu ar be jo (7 pav.).



Gelžbetoninis karkasas [1]



Daugiasluoksnės sieninės plokštės [4]



Dekoratyvinio betono plokštės [5]



Surenkama trisluoksnė g/b plokštė [18]



Surenkama viensluoksnė g/b plokštė [18]

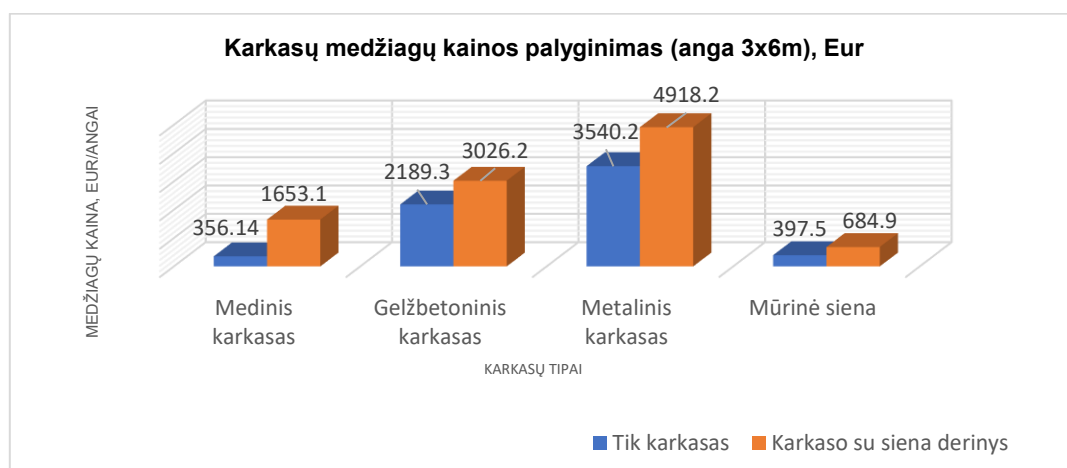
7 pav. Gelžbetoninio karkaso išorinių sienų variantai

Šaltinis: sudaryta autorių

Administracinės paskirties pastatų karkasų techninių ekonominių rodiklių palyginimas.

Projektavimo etape, parenkant efektyvų administracinio pastato karkaso variantą, svarbu atsižvelgti į tam tikrus kriterijus, kurie daro įtaką konstrukcijos parinkimui. Taip pat labai svarbu įvertinti ir karkasą atitinkančių išorinių sienų atitvarų variantus, kurie skirtingiems karkasams taip pat būna skirtingi. Todėl turi būti lyginami ne atskiri karkasai, o karkasų su sienomis deriniai. Šiame tyrime apsiribota dažniausiai naudojamų karkasų ir atitinkamų jų išorės sienų derinių palyginimu pagal techninius ekonominius rodiklius. Sudaryti tokie deriniai: 1- medinis karkasas su mineraline vata apšiltinta siena ir medinių dailylėnčių apdaila (D1); 2- metalinis karkasas su aliuminio- stiklo išorinės sienos konstrukcija (D2); 3- gelžbetoninis karkasas su metalinių daugiasluoksnių plokščių apdaila (D3); 4- mūrinių sienų iš dujų silikato blokelių, apšiltintų mineraline vata ir plokščių apdaila (D4). Karkasų deriniai palyginti pagal naudojamų medžiagų kainos, darbo trukmės, mechanizmų darbo sąnaudų ir darbo sudėtingumo kriterijus. Taip pat atliktas šių rodiklių palyginimas tik karkasų (be išorinių atitvarų) konstrukcijoms.

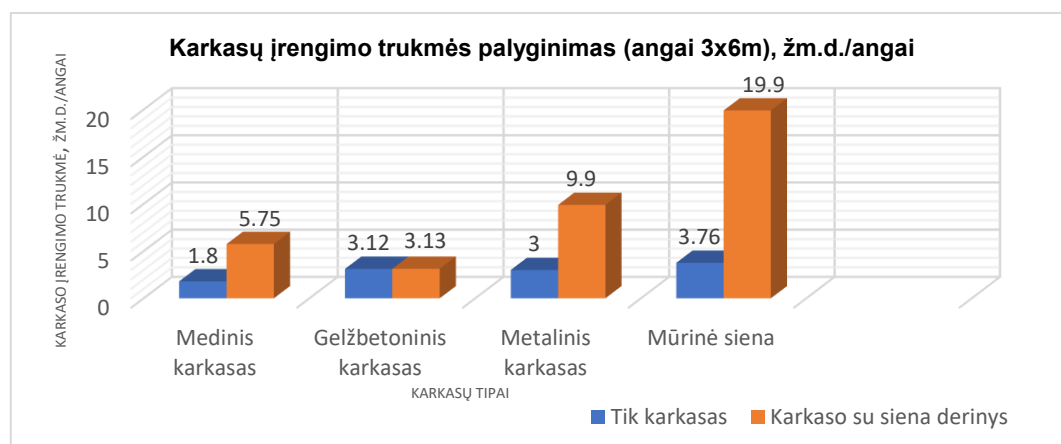
Karkasų variantų ir derinių su sienos konstrukcija palyginimas pagal medžiagų kainą pateiktas 12 pav.



12 pav. Administracinio pastato karkasų variantų palyginimas pagal kainą
Šaltinis: Sudaryta autorių

Analizuojant skirtingų karkasų palyginimo rezultatus pagal medžiagų kainą matosi, kad brangiausiai kainuoja metalinio karkaso medžiagos. Lyginant įrengimo kainą kartu su išorinės sienos medžiagomis, taip pat brangiausia įrengti metalinį karkasą su aliuminio stiklo išorinės sienos konstrukcija. Lyginant tik pačių karkasų kainą, pigiausiai įrengti medinį karkasą. O įrengiant karkasą su išorinės sienos sluoksniu- mažiausiai kainuotų medžiagos mūrinei sienai su apšiltinimu ir plokščių apdaila.

Skirtingų medžiagų karkasai buvo palyginti ir pagal šių karkasų įrengimo trukmę (darbo sąnaudas vienos angos 3x6m įrengimui). Gauti palyginimo rezultatai pateikti 13 pav.

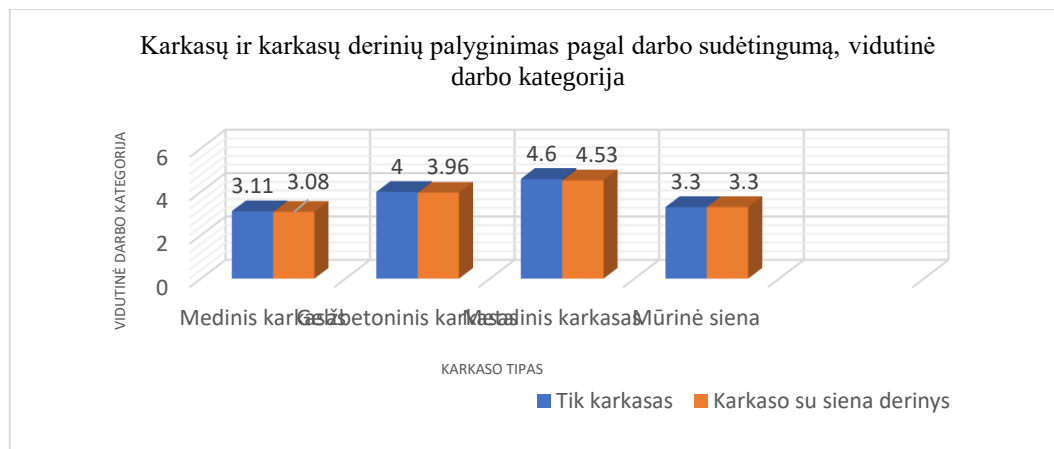


13 pav. Administracinio pastato karkasų variantų palyginimas pagal įrengimo trukmę
Šaltinis: Sudaryta autorių

Analizuojant karkasų variantų įrengimo laiką, matosi, kad ilgiausiai trunka mūrinės sienos laikančios dalies mūrijimas. Greičiausiai įrengiamas medinis karkasas. Lyginant karkasų su išorine siena derinių įrengimo

laiką, tai ilgiausiai trunka mūrinės laikančios sienos su apšiltinimu įrengimas. Greičiausiai įrengiamas gelžbetoninis karkasas su daugiasluoksnių plokščių išorine atitvara.

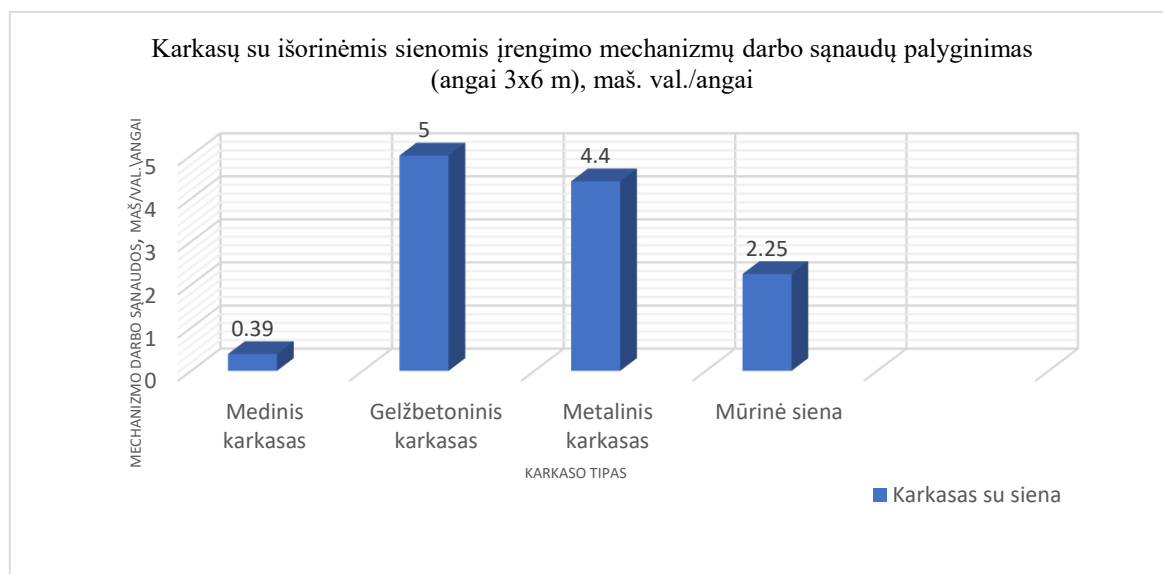
Karkasai ir karkasų deriniai buvo palyginti ir pagal darbo sudėtingumą šiems karkasams įrengti. Lyginimo rezultatai pateikti 14 pav.



14 pav. Administracinio pastato karkasų variantų palyginimas pagal įrengimo sudėtingumą
Šaltinis: Sudaryta autorių

Palyginimo rezultatai parodė, kad sudėtingiausia įrengti metalinį karkasą- tiek jį vieną, tiek kartu su išorine atitvara iš aliuminio- stiklo konstrukcijų. Mažiausiai sudėtingas medinio karkaso ir medinio karkaso su apšiltinta ir medinėmis lentelėmis apdailinta išorine siena įrengimas.

Karkasų variantai buvo palyginti ir pagal reikalingas mechanizmo darbo sąnaudas vienos angos (3x6 m) įrengimui. Palyginimo rezultatai pateikti 15 pav.



14 pav. Administracinio pastato karkasų su išorinėmis sienomis variantų palyginimas pagal mechanizmų darbo sąnaudas/angai
Šaltinis: Sudaryta autorių

Lyginant karkasų su išorinėmis sienomis įrengimo mechanizmų darbo sąnaudas, matosi, kad didžiausios mechanizmo darbo sąnaudos reikalingos gelžbetoninio karkaso su daugiasluoksniomis plokštėmis įrengimui. Mažiausios mechanizmo darbo sąnaudos reikalingos mediniam karkasui su apšiltinta medinių lentelių siena įrengti.

Išvados

1. Atlikus administracinės paskirties pastatams naudojamų konstrukcijų analizę, nustatyta, kad tokio tipo pastatų karkasams naudojamos medinės, plonasis plieno, gelžbetoninės konstrukcijos ir konstrukcijos iš mūro, karkasų sienos įrengiamos užpildant karkaso angas termoizoliacinėmis medžiagomis ir įrengiant

dekoratyvinių medžiagų apsauginį sluoksnį, surenkamos iš gelžbetoninių, daugiasluoksnių metalinių plokščių, daromos iš aliuminio stiklo konstrukcijų. Todėl ieškant efektyvaus karkaso varianto reikalinga analizuoti ne tik karkasus, bet karkasų su išorinėmis sienomis derinius.

2. Tyrimo metu nustatyta, kad vertinant karkasų alternatyvius variantus užsakovams ir rangovams labai svarbūs yra techniniai ekonominiai rodikliai: kaina, įrengimo trukmė, darbo sudėtingumas, mechanizmo darbo sąnaudos, kurių skaitinės reikšmės nustatytos sąmatiniais skaičiavimais.

3. Apskaičiavus techninius ekonominius rodiklius ir atlikus karkasų variantų lyginamąją analizę nustatyta, kad brangiausiai kainuoja metalinio karkaso su aliuminio stiklo konstrukcijomis medžiagos, kurių kaina yra 4918 Eur/angai, o mažiausia yra mūrinių sienų atitinkamos angos kaina- 684,9 Eur/angai. Ilgiausias įrengimo laikas yra trisluoksnei mūrinei sienai įrengti- 19,9 žm.d/angai, o greičiausiai įrengiamas gelžbetoninis karkasas su daugiasluoksniomis plokštėmis- 3,13 žm.d/angai. Lyginant mechanizmų darbo sąnaudas, daugiausiai jų reikia gelžbetoninio karkaso su daugiasluoksniomis plokštėmis įrengimui- 5 maž.val./angai, o mažiausiai- medinio karkaso su apšiltintomis sienomis įrengimui- 0,39 maž. val./angai. Sudėtingiausia įrengti metalinio karkaso su stiklo aliuminio siena derinį, o lengviausia- medinį karkasą su apšiltinta siena.

4. Pastato karkasų lyginamosios analizės rezultatai parodė, kad nei vienas karkasas neišsiskiria efektyvumu- pagal vienus rodiklius laimi vienas karkaso derinys, pagal kitus- kitas. Todėl norint nustatyti racionaliausią karkaso derinio variantą, reikia vertinimo rodiklius papildyti aktualiais šių dienų rodikliais- ekologišku, ilgaamžišku, tvarumu, estetiniu vaizdu, susidarantiu statybos metu atliekų kiekiu ir kt., ir atlikti daugiakriterinį šių karkasų derinių vertinimą.

Literatūra

1. Akša. Gelžbetonio konstrukcijos,[interaktyvus], 2018, [žiūrėta 2022-10-25]. Prieiga per internetą <https://aksa.lt/category/c18-naujienos-verslui/page/2/>
2. Aliuminio fasadų privalumai (Premier), [interaktyvus] 2022, [žiūrėta 2022 10 18]. Prieiga per internetą: <http://facade.premmier.lt/fasadai/aliuminio-fasadu-privalumai/>
3. Blokeliai ir plytos. [interaktyvus], [žiūrėta 2022 10 19]. Prieiga per internetą: <https://mimeta.lt/402-blokeliai-ir-plytos>
4. Daugiasluoksnės plokštės išorinėms sienoms, [interaktyvus], 2022, [žiūrėta 2022 11 16]. Prieiga per internetą: <https://www.ruukki.com/ltu/building-envelope/produktai/>
5. Dekoratyvusis betonas, [interaktyvus], 2019, [žiūrėta 2022 10 28]. Prieiga per internetą: . <https://sa.lt/dekoratyvusis-betonas-moderni-laiko-isbandyta-apdailos-medziaga/>
6. Doleta Avangard išskirtinė langų kokybė [interaktyvus], 2022 [žiūrėta 2022 10 28]. Prieiga per internetą: <http://facade.premmier.lt/fasadai/aliuminio-fasadu-privalumai/>
7. Efektyvūs sprendimai sienų šiltinimui. [interaktyvus], 2022, [žiūrėta 2022 10 23]. Prieiga per internetą: <http://www.renovacija.lt/naujiena/efektyvus-sprendimai-sienu-siltinimui/>
8. Jonaitis B., Šneideris A. Sienos, kurios tausoja energiją. Statyba ir architektūra [interaktyvus], 2013, [žiūrėta 2022 10 19] Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/verslas/nekilnojamas-turtas/sienos-kurios-tausoja-energija.d?id=61425511>
9. Karkasiniai pastatai. [interaktyvus], 2022, [žiūrėta 2022 10 23]. Prieiga per internetą: <https://arinstata.lt/surenkam-konstrukcij-pastatai/>
10. Karkasinio namo statyba [interaktyvus], 2022. [žiūrėta 2022 10 03]. Prieiga per internetą: <https://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/72/1/0/1/article/18823/karkasinio-namo-statyba-2>
11. Lietuvos respublikos Aplinkos ministerija. Pusę medžiagų visuomeninių pastatų statybai sudarys mediena ir kitos organinės medžiagos, [interaktyvus], 2021. [žiūrėta 2022 10 28]. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/lt/naujienos/puse-medziagu-visuomeniniu-pastatu-statybai-sudarys-mediena-ir-kitos-organines-medziagos>
12. Mediniai karkasiniai pastatai [interaktyvus], 2018 [žiūrėta 2022- 11 04] Prieiga per internetą:
13. <https://www.youtube.com/watch?v=4yKwRVm88g0>
14. Medinių elementų tvirtinimo detalės [interaktyvus], 2022, [žiūrėta 2022 10 14] Prieiga per internetą: <https://www.google.com/search?q=mediniu%20siju%20tvirtinimo%20detales>
15. Medžio konstrukcijų atgimimas: ateityje medinių pastatų bus statoma žymiai daugiau. [Interaktyvus], 2020, [žiūrėta 2022 10 23]. Prieiga per internetą: <https://www.ntnaujienos.lt/medzio-konstrukciju-atgimimas-ateityje-mediniu-pastatu-bus-statoma-zymiai-daugiau>
16. Metalinio karkaso namai. [Interaktyvus], 2022. [žiūrėta 2022 10 18]. Prieiga per internetą: <https://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/72/1/0/1/article/19458/metalinio-karkaso-namai>
17. Nakas J. Karkasas [interaktyvus], (žiūrėta 2022 11 18). Prieiga per internetą: <https://www.vle.lt/straipsnis/karkasas/>
18. Sieninės plokštės, [interaktyvus], 2022, [žiūrėta 2022 10 12]. Prieiga per internetą: <https://www.ukmergesgelzbetonis.lt/sienines-plokstes/>
19. Surenkamas gelžbetonis: naujos galimybės verslui. Structum. Lt [Interaktyvus], 2015. [žiūrėta 2022 10 20]. Prieiga per internetą: <https://structum.lt/surenkamasis-gelzbetonis-naujos-galimybes-verslui/>

20. Surenkamo gelžbetonio konstrukcijos diktuoja racionalius sprendimus. Spec.lt. [interaktyvus], 2009. [žiūrėta 2022 10 26]. Prieiga per internetą: <https://www.spec.lt/straipsniai/betono-gaminiai-surenkamojo-gelzbetonio-konstrukcijos-diktuoja-racionaliausius-sprendimus>
21. Tamašauskaitė A. Nuo minties apie inžinerinę medieną iki medinių dangoraižių [interaktyvus], 2021. [žiūrėta 2022 10 18]. Prieiga per internetą: <https://sa.lt/nuo-minties-apie-inzinerine-mediena-iki-mediniu-dangoraziu/>
22. UAB OLB Baltic [interaktyvus], 2022. [žiūrėta 2022 10 03]. Prieiga per internetą: <https://www.facebook.com/OLB.Baltic/photos>
23. Vėdinamų sistemų projektavimo vadovas (Paroc), [interaktyvus], 2021. [žiūrėta 2022 10 12]. Prieiga per internetą: <https://www.paroc.lt/apie-paroc/naujienos/naujienu-archyvas/2022/vedinamu-sienu-sprendimai-ir-projektavimo-vadovas>

COMPARATIVE ANALYSIS OF ADMINISTRATIVE BUILDING FRAME SOLUTIONS

Summary

Administrative buildings in cities are one of the most important symbols of today. Offices of various designs dominate every major city. These are one of the most prominent indicators of economic activity, social, financial and technological progress. Special attention is paid to the design of such buildings, but they must also fully meet all the requirements, be designed from modern, environmentally friendly, sustainable materials offered to the construction market. Finding effective solutions is not always a simple and easy task.

The purpose of the study is to analyse alternative solutions for the supporting framework of an administrative building and to perform their comparative analysis. The article presents the analysis of four different materials: wooden, metal, brick and reinforced concrete frames and their corresponding external enclosures, a comparison of technical and economic indicators of the combinations carried out.

Key words: Building frames, external wall constructions, combinations, technical economic indicators, comparative analysis, effective solutions.

GROŽIO SALONO IŠORINIŲ SIENŲ APDAILOS SPRENDIMO NUSTATYMAS

Tomas Marazas, Birutė Požėrienė

Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa

Anotacija

Projektavimo laikotarpiu, svarbu parinkti geras, standartus atitinkančias medžiagas išlaikyti geriausią kokybę ir kainos santykį. Keliamiems A++ klasės reikalavimams svarbus yra kiekvienas įrengtas mazgas. Projektuojamas grožio salonas turi integruotis į aplink esančių pastatų aplinką, būti patrauklus išorine išvaizda. Projektuojamam pastatui svarbus aspektas yra laikančios konstrukcijos, kokius pamatus suprojektuoti, sienas, perdangų ir denginio plokštės, kad jos būtų ekonomiškos, atitiktų visus keliamus reikalavimus, tokio tipo pastatų konstrukcijoms, tenkintų pastato estetiškus, ilgaamžiškumo reikalavimus, gaisrinės saugos ir puikiai integruotųsi į šalia esančių pastatų aplinką.

REIKŠMINGI ŽODŽIAI. Fasadas, klinkeris, skalūnas, dekoratyvinis tinkas, akmens masės plytelės.

Įvadas

Pastato fasadas – tai ten gyvenančių, dirbančių žmonių ekonominių sprendimų bei estetinio skonio atspindys. Patraukli architektūra traukia kiekvieno akį, o ypač inovatyvūs sprendimai – todėl nestandartinis fasadas yra puiki galimybė tapti išskirtiniais. Pastato išvaizda turėtų būti gerai apgalvota, įvertinti jos estetiški, funkciniai bei ekonominiai sprendimai. Fasado spalvų, apdailos medžiagų ir formų derinimas yra visai ne lengva užduotis. Kai tikslas yra ne tik dailiai atrodanti grožio salono išorė, bet ir kokybiška bei ilgaamžė apdaila. Fasado spalvos yra pirmas dalykas, kuris labiausiai atkreipia mūsų dėmesį, todėl į šį aspektą reikėtų žiūrėti atsakingai, nes fasadas yra pastato veidas, kurį sugadintų menkiausi netobulumai. Grožio salono fasadas turėtų būti patrauklus ir stilingas, kad sužavėtų klientų dėmesį. Projektuojant grožio saloną išvaizda yra labai svarbi. Ji – kaip vizitinė kortelė klientams.

Tyrimo problema – kokia turėtų būti pastato išorinių sienų apdaila, kuri maksimaliai tenkintų finansinius, techninius, gaisrinės saugos ir ilgaamžiškumo reikalavimus.

Tyrimo objektas – grožio salonas.

Tyrimo tikslas – grožio salono išorinių sienų apdailos gaminių analizė ir vertinimas.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti informacinių šaltinių analizę, išnagrinėti statistinius duomenis, parenkant pastato išorinių sienų apdailos gaminius.
2. Atlikti pastato išorinių sienų apdailos gaminių vertinimą ir parinkti racionalų sprendimą.

Tyrimo metodai:

1. Informacinių šaltinių analizės metodas taikomas, parenkant išorinių sienų apdailos alternatyvius inžinerinius sprendimus.
2. Daugiakriterinis naudingumo vertės metodas taikomas nustatyti racionaliam išorinių sienų apdailos sprendimui.

1. Grožio salono išorinių sienų apdailos gaminių analizė

Analizuojami 5 išorinių sienų apdailos gaminių variantai: akmens masės plytelės (A1), klinkerio plytelės (A2), dekoratyvinis tinkas (A3), apdailinės klinkerio plytos (A4), skalūnas (A5).

1 lentelė

Analizuojamų apdailos gaminių variantai

Akmens masės plytelės (A1). 	Didžiausias akmens masės plytelių fasadui privalumas – techninės jų savybės. Plytelės yra visiškai atsparios drėgmei, šalčiui, purvui, braižymuisi, jos neblunka ir neskilinėja. Fasadinės plytelės ištveria daugiau nei 100 oro kaitos ciklų, tad vieną kartą įsirengus fasadą akmens masės lauko plytelėmis tikrai ilgai neteks rūpintis jo išvaizda. Dar vienas svarbus aspektas – kaina. Įrenginėjant fasadą reikalingas produkto kiekis neretai siekia ne vieną šimtą kvadratų. Renkantis akmens masės plyteles fasadui reikėtų atsižvelgti į tai, kad plytelės parduodamos grynąja produkto kvadratu. Tai reiškia, kad mokate tik už tą plotą, kuris bus padengiamas plytelėmis. Plytelių siūlės į kvadraturą neįtraukiamos. Pirkdami fasadines klinkerio plyteles mokama ne tik už jas, bet ir už siūlių plotą (t.y. apie 15% daugiau). [1]
Klinkerio plytelės (A2) 	Klinkeris yra keraminė medžiaga, gaminama iš specialaus molio su lauko špato ir malto šamoto priemaisomis. Viena pagrindinių šios medžiagos charakteristikų – drėgmės įgeriamumas. Klinkeris, kurio įgeriamumas yra iki 2 % yra tikrai geras ir kokybiškas. Pagal normas, klijuojant ant EPS plokščių, plytelių įgeriamumas negali viršyti 6%. Klijuojant ant mineralinės vatos šis reikalavimas dar labiau griežtėja – iki 3%. Tai itin svarbu, kadangi drėgna medžiaga yra nesunkiai suardoma šalčio. Taip pat klinkeris pasižymi tuo, kad praktiškai nekeičia

	spalvos. Šio tipo plytelės pasižymi ir geromis atsparumo apkrovoms savybėmis – klinkeris naudojamas ir, pavyzdžiui, grindinio trinkelų gamybai. Visos šios savybės atsispindi klinkerio gaminių kainoje, kuri, palyginus su kai kuriomis kitomis apdailos medžiagomis, yra aukšta. Klinkerinės plytelės yra atsparios vėjui, lietai bei kitiems krituliams, saulės kaitrai ar kitų šilumos šaltinių skleidžiamam karščiui. Šios savybės lemia jų ilgaamžiškumą ir nesudėtingą priežiūrą.[6]
Dekoratyvinis tinkas (A3). 	Dėl plačių paviršiaus dizaino galimybių dekoratyvieji tinkai kiekvienam projektui suteikia individualumo, be to, apsaugo pastato konstrukciją ir ilgam išlaiko jo vertę. Dekoratyviniai fasado tinkai suteikia planuotojams, architektams ir statybininkams plačias galimybes įgyvendinti savo vizijas. Skirtingos spalvos, struktūros ir apdirbimo technikos leidžia sukurti individualius akcentus, suteikiančius laikui nepavaldų ir estetišką vaizdą.[5] Dėl išorinių sąlygų poveikio ir klimato ypatybių reikia rinktis mūsų klimatui pritaikytus dekoratyvinius tinkus, kad šie atlaikytų kuo ilgiau. Svarbiausios techninės dekoratyvinio tinko charakteristikos pagal standartą EN 1602 yra: vandens įgeriamumas, vandens garų pralaidumas, savaiminio išsivalymo savybės. Analizei pasirengtas silikoninis dekoratyvinis tinkas, kurio geras oro pralaidumas, puikus hidrofobinės ypatybės. Atsparus blukimui, gerai valomas, didelis spalvų ir atspalvių pasirinkimas. [2]
Apdailinės klinkerio plytos (A4). 	Klinkerio plyta yra viena iš seniausių ir ilgaamžiškiausių medžiagų naudojamų pastatų mūriui. Klinkerinė plyta yra architektūros vizitinė kortelė. Tekstūra, spalva, apdaila - tai lemia kiekvieno projekto pobūdį ir atmosferą. Klinkerinių plytų populiarumas išaugino didelį jų asortimentą bet kokio stiliaus statyboms. [7] Klinkerio apdailinės plytos sugeba gerai akumuliuoti bei tolygiai atiduoti šilumą visą parą. Pastatas su klinkerio apdaila vasarą bus vėsesnis, o žiemą – šiltesnis nei įprasto aptinkavimo atveju. Plytos gaminamos tik iš natūralios medžiagos molio. Jos džiovinamos, o paskui išdegamos. Naudojant klinkerio plytas nelieka jokių kenksmingų atliekų, neišskiria alergenų, pastatas yra nedegus. Šioms plytomis nekenkia parazitai, neardo grybelis. Klinkeriu apmūrytas fasadas yra labai nereiklus, nereikės nei plauti, nei dažyti, spalvą ir savybes toks fasadas išlaikys ne vieną dešimtį metų. Plytų fasadas – ilgaamžis.[8]
Skalūnas (A5). 	Skalūnas – lengva, beveik neįgerianti drėgmės, atspari atšiauriam Lietuvos klimatui natūrali uoliena. Juo dengti stogai, apdailinti fasadai nepriekaištingai įsilieja į natūralią aplinką. Kiekvienas skalūnas yra unikalus, jo tekstūroje atsispindi gamtos jėgų veikimo istorija ir jį sudarančių mineralų žymės. Jokia dirbtinė medžiaga negali imituoti to, ką gamta formavo per daugiau kaip 500 mln. metų. Kaip dangos medžiaga, skalūnas yra patvariausias – net per 100 metų jo savybės nepablogėja. Skirtingai nei dirbtinių produktų atvejais, skalūno spalva ir savybės nekinta laikui bėgant, todėl nereikia jokios priežiūros. Kadangi skalūnas yra 100 proc. natūralios kilmės medžiaga iš jo gaminių neturi neigiamo poveikio aplinkai. Kiekvieną skalūno gaminių išpjauna meistro rankos, todėl nereikia jokio apdorojimo cheminėmis medžiagomis ar kitais būdais. Skalūnas yra atsparus dideliems temperatūros pokyčiams, ant jo sunkiau susidaro ledas, jis yra nedegus ir visiškai nelaidus vandeniui. Skalūno eksploatacinės savybės išlieka puikios bet kuriomis klimato sąlygomis. Skalūnas išlaikė laiko išbandymą. Dėl unikalių estetinių savybių ir patvarumo skalūnas yra tinkamiausia medžiaga, kai norima pastatui užtikrinti ilgaamžiškumą ir suteikti savitumo.[9]

2. Grožio salono išorinių sienų apdailos gaminių vertinimas

Statybos inžinerinių sprendimų vertinimas - sudėtingas uždavinys. Tokie sprendimai turi būti vertinami atsižvelgiant į visą eilę skirtingų aspektų - techninių, technologinių, eksploatacinių, ekonominių, ekologinių ir kt.

Vienkriteriniai vertinimo metodai – tai patys paprasčiausi metodai apdailos parinkimo sprendimams įvertinti pagal vieną kriterijų, kurie taikomi tada, kai suinteresuotos grupės vieningai sutaria, koks kriterijus jiems yra pats svarbiausias.

Daugiakriteriniai vertinimo metodai – tai tokie metodai išorinės sienos apdailos sprendimams vertinti, kurie yra vertinami pagal pasirinktą kriterijų skaičių, nustatomos kriterijų reikšmės ir jų reikšmingumai.

Vertinimo kriterijų sistemos parinkimas ir jų reikšmių skaičiavimas

Ilgamžiškumas (K1), (1-10) – kriterijus vertinamas balais nuo 1 iki 10 balų. 1 – balas medžiaga neilgaamžė, kuo didesnis balas tuo fasado apdaila ilgaamžiškesnė. Fasadas ne tik svarbus išvaizda, bet ir ilgaamžiškumu turi turėti atsparumą temperatūrų svyravimui, oro sąlygoms, mechaniniams pažeidimams, ugniai, įvairiems kenkėjams, samanoms, grybeliui, aplinkos ir šalčio poveikiams. Priklausomai nuo to, iš kokios medžiagos yra pagamintas fasadas, kinta jo pirminės išvaizdos išlaikymo trukmė. Visai tai atsižvelgiama ir įvertinama balais.

Atsparumas ugniai (K2), (1-3) - kriterijus, parodantis medžiagos degumo lygį. 1-labai degi medžiaga; 2- degi; 3-nedegi medžiaga. Kriterijaus skaitinės reikšmės nustatytos, remiantis gamintojo normatyvais.

Estetinis vaizdas (K3), (1-10) - kriterijus, parodantis fasado vaizdą, kuo didesnis balas tuo fasado apdaila estetiškas vaizdas gražesnis. Kriterijaus skaitinės reikšmės nustatytos, žmonių apklausa.

Kaina (K4), (Eur/m²) - kriterijus, parodantis 1m² fasado apdailos medžiagos kainą. Kriterijaus skaitinės reikšmės paimtos, remiantis gamintojų informacija.

Darbų sudėtingumas (K5), (vid. kategorija) - tai kriterijus, parodantis fasado apdailos darbo sudėtingumą, kuo didesnis skaičius tuo sudėtingesni įrengimo darbai. Kriterijaus skaitinės reikšmės nustatytos, remiantis gamybiniais normatyvais.

Tyrimo metu nustatytos kriterijų skaitinės reikšmės pateiktos 2 lentelėje.

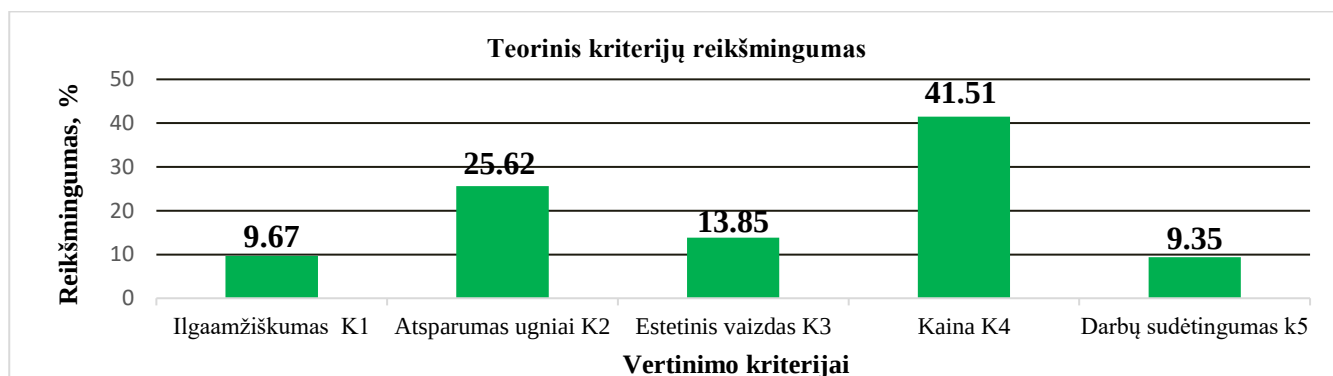
2 lentelė

Vertinimo kriterijų skaitinės reikšmės

Kriterijai Variantai	Ilgamžiškumas (1-10) (K1)	Atsparumas ugniui (1-3) (K2)	Estetinis vaizdas (1-10) (K3)	Kaina, Eur./m ² (K4)	Darbų sudėtingumas (vid. kategorija) (K5)
Akmens masės plytelės (A1)	10	3	9	32,44	4,5
Klinkerio plytelės (A2)	10	3	10	22,81	4,0
Dekoratyvinis tinkas (A3)	8	2	7	18,76	3,5
Apdailinės klinkerio plytos (A4)	9	3	9	25,68	4,0
Skalūnas (A5)	10	3	9	30,48	4,5

Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant teorinį entropijos metodą. Šis metodas leidžia nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumą teoriškai, remiantis matematiniais skaičiavimais ir naudojant kriterijų reikšmingumo skaitines reikšmes.

Kriterijų prioritetų eilutė: **K4>K2>K3>K1>K5**



1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas nustatytas taikant teorinį entropijos metodą
[Sudaryta autorių]

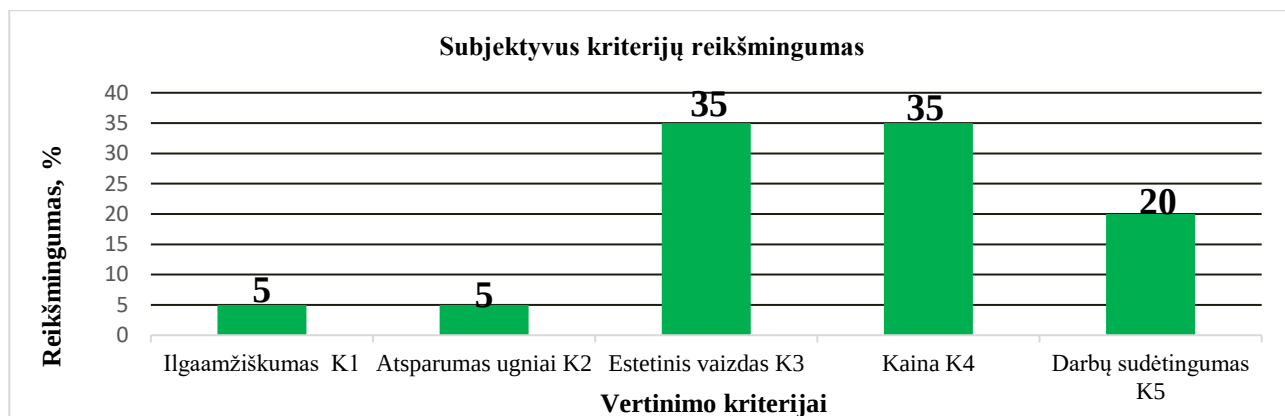
Skaičiavimo rezultatai parodė, kad didžiausią teorinį reikšmingumą turi kaina (K4), kurio teorinis reikšmingumas 41,51%, antras pagal svarbą kriterijus atsparumas ugniai (K2), kurio reikšmingumas 25,62%, pakankamai svarbus estetiškas vaizdas (K3), kurio reikšmingumas 13,85%. Ilgamžiškumas (K1), Darbų sudėtingumas (K5), šiuo atveju yra mažai reikšmingi.

Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą. Ekspertinis porinio palyginimo metodas leidžia nustatyti kriterijų reikšmingumą, atsižvelgiant į subjektyvią suinteresuotų grupių nuomonę. Subjektyvios nuomonės kriterijų prioritetų eilutei sudaryti naudotas organoleptinis metodas (eilutė sudaryta, remiantis tyrėjo jausmų prizme). Sudaryta tokia kriterijų prioritetų eilutė: **K3=K4>K5>K2=K1**. Pagal sudarytą eilutę kriterijai lyginami poromis, svarbesniam kriterijui skiriant 2 balus, atitinkamai mažiau svarbiam - 0 balų. Jei kriterijai vienodai svarbūs, jiems skiriama po vieną balą. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė

Kriterijų subjektyvus reikšmingumas

Kriterijai	K1	K2	K3	K4	K5	Balai	q _j	%
K1		1	0	0	0	1	0,05	5
K2	1		0	0	0	1	0,05	5
K3	2	2		1	2	7	0,35	35
K4	2	2	1		2	7	0,35	35
K5	2	2	0	0		4	0,2	20
						20	1	100



2 pav. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas nustatytas taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą [sudaryta autorių]

Skaiciavimo rezultatai parodė, kad didžiausią subjektyvų reikšmingumą turi estetiškas vaizdas (K3) ir kaina (K4) po 35%, po to eina palei reikšmingumą darbų sudėtingumas (K5)- 20% pakankamai svarbūs, turintys vienodą 2% reikšmingumą kriterijai ilgaamžiškumas (K1), atsparumas ugniai (K2).

Racionalaus išorinių sienų apdailos sprendimas nustatymas, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą.

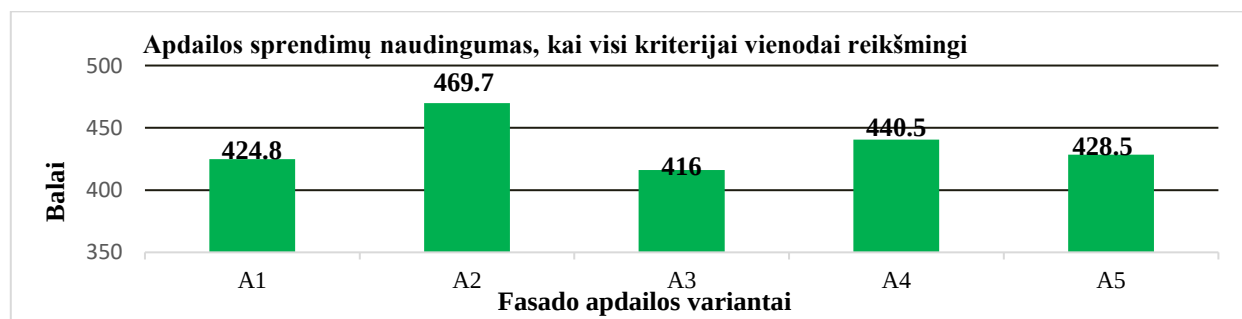
Apskaičiuojamos kriterijų vertės balais, įvertinant teorinį ir subjektyvų kriterijų reikšmingumus. Pasirenkama vertinimo skalė [0;100] ir didžiausiai normalizuotos matricos kriterijaus. Sumuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai, ir užrašoma inžinerinių sprendimų prioritetų eilutė. Geriausias inžinerinis sprendimas yra tas, kurio kriterijai naudingiausi, t.y. surenka didžiausią balų sumą.

4 Lentelė

Kriterijų naudingumas (balais)					
Matrica C					
Variantai Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5
K1	100	100	80	90	100
K2	100	100	66	100	100
K3	90	100	70	90	90
K4	57,8	82,2	100	73	61,5
K5	77	87,5	100	87,5	77
Σ	424,8	469,7	416	440,5	428,5

Šio metodo pagalba įvertinamas subjektyvus ir teorinis kriterijų reikšmingumas.

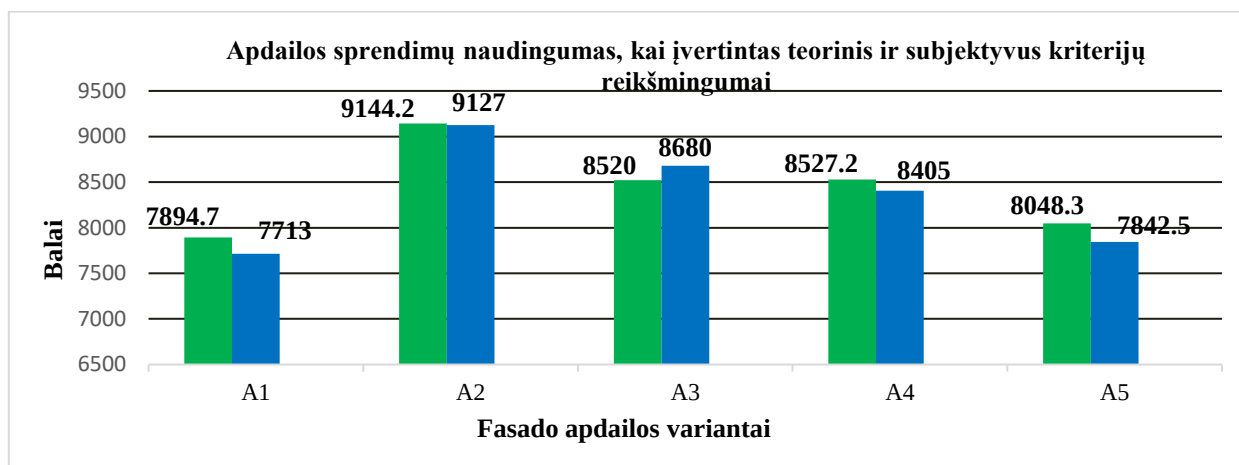
Remiantis skaičiavimo rezultatais, sudaroma fasado apdailos sprendimų prioritetų eilutė $A2 > A4 > A5 > A1 > A3$ ir rezultatai pateikiami grafiškai (4 pav.):



3 pav. Išorinių sienų apdailos sprendimų naudingumas, kai neįvertintas kriterijų reikšmingumas [sudaryta autorių]

Kai įvertintas teorinis kriterijų reikšmingumas, kur svarbiausias kriterijus „kaina“ gauta tokia fasado apdailos prioritetų eilutė: $A2 > A4 > A3 > A5 > A1$

Kai įvertintas subjektyvus kriterijų reikšmingumas, kur svarbiausias kriterijus „Estetinis vaizdas ir Kaina“ gauta tokia fasado apdailos prioritetų eilutė: **A2>A3>A4>A5>A1**



4 pav. Išorinių sienų sprendimų naudingumas, kai įvertintas teorinis ir subjektyvus kriterijų reikšmingumai [sudaryta autorių]

Išvada:

1. Išorinių sienų apdailos gaminių analizei pasirinkti 5 variantai: akmens masės plytelės, klinkerio plytelės, dekoratyvinis tinkas, apdailinės klinkerio plytos, skalūnas.

2. Atlikus daugiakriterinį grožio salono fasado apdailos sprendimų vertinimą nustatyta, kad kai neįvertinamas kriterijų reikšmingumas, racionalus apdailos sprendimas *klinkerio plytelės* (A2). Šis sprendimas geriausias ir tuo atveju, kai įvertinamas teorinis kriterijų reikšmingumas, kur svarbiausias kriterijus – *kaina*. Įvertinus subjektyvų kriterijų reikšmingumą, kai svarbiausias kriterijus – *estetinis vaizdas*, *kaina* geriausias fasado apdailos sprendimas – **klinkerio plytelės (A2)**. Kadangi ši apdaila puikiai tenkina visus reikalavimus tokio tipo pasato fasadams, ji ir siūloma kaip projektinis sprendimas projektuojamai grožio salono fasado apdailai.

LITERATŪRA

1. Akmens masės plytelės. www.lemora.lt/fasado-apdaila/vedinamas-fasadas/akmens-mases-plyteles/3260-akmens-mases-plyteles-nowagala
2. Dekoratyvinis tinkas www.kreisel.lt/localcumulus/KREISEL/Litauen/Anwendungen/219287/1_BR-1.jpg
3. Fasadų šiltinimas. www.knauf.lt/sprendimai/fasado-irengimas/fasadu-siltinimas-ir-apdaila/?gclid=Cj0KCQiA_c-OBhDFARIsAIFg3exdX8Ob8zEUVU2p7xRvoComgN-H4wQcXlwy3hyJJNk-ZtyO9cXUI2waAvWTEALw_wcB#lex-2111002_2
4. Klinkerio apdaila www.klinkerioplyta.lt/
5. Klinkerio apdaila. www.hota.lt/daniskos-klinkerines-plytos-randers-tegl/571-klinkeris-fasadas-plyteles-klinkerines-plytos.htm
6. Klinkerio plytelės. www.manonamai.lt/lt/namui-butui/g-48920-namo-apdaila-fasado-klijavimas-klinkerio-plytelemis-1
7. Plytelės. www.senukai.lt/p/plyteles-cerrad-facade-tiles-retro-brick-pepper-24-5x6-5cm/5jal?cat=b2h&index=16
8. Plytelės. www.apdailosnamai.lt/n/namu-fasadai-plyteliu-pasirinkimas/
9. Skalūno fasadas www.mosas.lt/produktas/skalunas-fasadams/

DETERMINATION OF THE RATIONAL ENGINEERING SOLUTION OF COLUMNS

Summary

During the design period, it is important to choose good materials that meet the standards to maintain the best quality-price ratio. For the A++ class requirements, every installed node is important.

The designed beauty salon must integrate into the environment of the surrounding buildings, be attractive in appearance. An important aspect for the building being designed is the supporting structures, which foundations to design, walls, overlays and roof panels, so that they are economical, meet all the requirements, for this type of building construction, meet the building's aesthetic, durability requirements, fire safety and perfectly integrate into the surrounding buildings the environment.

REABILITACIJOS KLINIKOS ŠLAITINIO STOGO DANGŲ VARIANTŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS

Leonardas Miliūnas, Violeta Medelienė

Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa

Anotacija

Stogai priskiriami vienoms iš svarbiausių pastato konstrukcijų, reikalaujančių gražios estetinės išvaizdos, gerų hidroizoliacinių, termoizoliacinių ir garsą izoliuojančių savybių, ilgo tarnavimo laiko. Dėl to didžiosios dalies gyvenamųjų, visuomeninės paskirties pastatų stogams pasirenkama tvirta ir ilgaamžė šlaitinė konstrukcija, kurią galima uždengti įvairių medžiagų dangomis, užtikrinančiomis stogų išskirtinumą ir estetiką. Gamintojai siūlo platų šlaitinių stogo dangų asortimentą, apsunkinantį užsakovui, projektuotojui konkrečios stogo dangos pasirinkimą.

Tyrimo tikslas- išanalizuoti gydymo paskirties pastatų šlaitinių stogų dangų alternatyvius variantus ir atlikti daugiakriterinį jų vertinimą. Straipsnyje pateikiama detali šlaitinių stogų dangų analizė, aktualūs vertinimo aspektai ir daugiataikslis šlaitinio stogo dangų variantų vertinimas. Remiantis gautais rezultatais, nustatytas racionalus stogo dangos variantas, kuris vėliau panaudotas projektuojamo pastato šlaitinio stogo dangai.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Šlaitiniai stogai, vertinimo aspektai, subjektyvus reikšmingumas, teorinis reikšmingumas, naudingumo vertės metodas, racionalus sprendimas.

Išvadas

Stogas yra viena iš pagrindinių pastato dalių, kuris dar kitaip vadinamas penktuoju fasadu. Jo konstrukcija sudaro 21-25% visos pastato kainos, todėl investicija į stogą yra labai aktuali ir svarbi. Pagrindinė stogo paskirtis- apsaugoti pastatą nuo kritulių, vėjo bei sniego apkrovų. Stogo estetiškas vaizdas didžiąja dalimi lemia pastato patrauklumą ir bendrą estetinį vaizdą. Stogo konstrukcija, nuolydis, dangos, naudojamos medžiagos parenkamos atsižvelgiant į klimato sąlygas, architektūrinius reikalavimus, pastato paskirtį ir kt.

Gyvenamojoje ir visuomeninės paskirties pastatų statyboje plačiai naudojami šlaitiniai stogai. Dažniausiai jie pasirenkami dėl jų ilgaamžiškumo, įvairių estetinių aspektų, formų įvairovės. Tačiau tokio stogo įrengimas yra žymiai ilgesnis, todėl didesnė ir jo kaina. Didelę įtaką stogo kainai turi dangos pasirinkimas, nes nuo jos dalinai priklauso stogo nuolydis, medinių laikančių konstrukcijų kiekis ir matmenys, stogo svoris, montavimo sudėtingumas. Projektuojant ir įrengiant pastatų stogus šiuo metu galimas platus įvairių stogams naudojamų gaminių ir dangų pasirinkimas. Dėl siūlomos skirtingų medžiagų dangų įvairovės ir didelio skaičiaus vertinimo aspektų, aktualių statytojams, projektuotojams, rangovams, medžiagų gamintojams, racionalus stogo dangos varianto pasirinkimas yra sudėtingas kompleksinis procesas, reikalaujantis ne tik inžinerinių žinių, bet ir mokslinių tiriamųjų įgūdžių. Statybos inžinerinių sprendinių vertinimo srityje reguliariai atliekami tyrimai ir publikuojami vis nauji rezultatai, leidžiantys nustatyti efektyvius projektinius sprendinius (Kračka, 2012: 57- 100; Rahman ir kt., 2012: 6857 – 6871; Mahdiyar ir kt., 2018:772- 783; Šivickas, 2018: 10-52).

Tyrimo objektas- reabilitacijos klinikos pastato šlaitinio stogo dangų efektyvumas. Darbe suformuluota problema – kuris šlaitinio stogo dangos variantas geriausiai tenkintų projektuojamos reabilitacijos klinikos užsakovų ir projektuotojų lūkesčius? O keliamas tyrimo *tikslas*- išanalizuoti gydymo paskirties pastatų šlaitinių stogų dangų alternatyvius variantus ir atlikti daugiakriterinį jų vertinimą.

Realizuojant iškeltą tikslą, suformuluoti tokie darbo uždaviniai: 1- atlikti plačiausiai Lietuvoje naudojamų gydymo paskirties pastatų šlaitinių stogų dangų analizę; 2- nustatyti aktualius vertinimo aspektus; 3- nustatyti vertinimo kriterijų reikšmingumą; 4- taikant daugiakriterinį vertinimą, nustatyti efektyvų stogo dangos variantą. Tyrimas atliktas prisilaikant tokių etapų: 1- remiantis informaciniais šaltiniais, atlikta šlaitinių stogų dangų variantų analizė; 2- nustatyti svarbiausi aspektai ir sudaryta vertinimo kriterijų sistema; 3- apskaičiuotas subjektyvus ir teorinis kriterijų reikšmingumas; 4- taikant daugiakriterinį vertinimo metodą, nustatytas efektyvus reabilitacijos klinikos šlaitinio stogo dangos variantas.

Šlaitinių stogų dangų variantų analizė

Visuomeninių pastatų šlaitiniai stogai projektuojami su šalta ar su eksploatuojama (šilta) pastoge. Pagrindinės laikančios konstrukcijos dažniausiai būna medinės: gegnės, sijos, santvaros. Tokiems stogams naudojamos įvairių medžiagų čerpių ir lakštų, plokštelių, nendrių, šiaudų, medinių skiedrų, gontų ir kt. dangos.

Tokio tipo stogams projektuojama laikanti medinių gegnių konstrukcija visiems variantams yra vienoda, tyrime, racionaliam reabilitacijos klinikos stogo dangos variantui nustatyti, analizuojamos tik populiariausios šlaitinių stogų dangos: keraminės, bituminės, skalūno čerpės bei metalo ir šiferio lakštai, o dangos svorio įtaka laikančiai konstrukcijai įvertinama, parinkus atitinkamą vertinimo kriterijų.

Keraminių čerpių danga (A1). Keraminės čerpės – tai ekologiškas, natūralus, tvarus, radiacijos poveikį mažinantis produktas, gaminamas iš smėlio ir molio mišinio. Keraminių čerpių danga . (žiūr. 1 pav.). pasižymi ilgaamžiškumu, aukščiausios klasės atsparumu samanoms ir ultravioletiniams spinduliams. Tokių čerpių vandens įgeriamumas neviršija 4,5-5,5 proc., o atsparumas šalčiui yra labai didelis. Čerpės savybių nepakeičia net esant itin žemai temperatūrai. Be to, jos yra laidžios orui, kas neleidžia ant jų kauptis vandeniui- jis tiesiog išgaruoja (Keraminės čerpės, 2022). Tokios čerpės nereikalauja daug laiko priežiūrai- jų nereikia šveisti bei plauti. Aukštos kokybės profesionaliai pritvirtintos čerpės pirminės išvaizdos nepraranda net ir kelias dešimtis metų. Gamintojai suteikia iki 50 metų garantiją.



1 pav. Keraminės čerpės [9]

Bituminių čerpių danga (A2) - tai bituminė stogo danga, kurios pagrindą sudaro stiklo audinio pluoštas ir SBS modifikuotas bitumas. Paviršius padengtas skalūno pabarstu, kuris suteikia stogo dangai tam tikrą spalvą ir apsaugo ją nuo klimatinio poveikio. Apatinė pusė padengta SBS gumos-bitumo prisiklijuojančiu sluoksniu ir apsaugine plėvele (Bituminės čerpės „Katepal“, 2022). Tai- itin minkšta danga (žiūr. 2 pav.), kuri gerai sugeria lietaus ir kitų kritulių garsus, todėl patalpose nejaučiamas joks pašalinis triukšmas. Jos pasižymi universaliu lankstumu, todėl puikiai tinka įrengiant lenktus, banguotus ar kitų netradicinių formų stogus. Stogo iš elastomerinės bituminės dangos ilgaamžiškumas yra daugiau nei dvigubai ilgesnis nei paprastos bituminės stogo dangos. Minimalus stogo nuolydis 12 laipsnių.



2 pav. Bituminės čerpės [2]

Metalo lakštų (skardos) danga (A3). Analizei pasirinkta Ruukki® Hyygge metalo lakštų danga (žiūr. 3 pav.). Ši danga gaminama iš 0,6 mm storio plieno lakštų ir išsiskiria geresniu atsparumu įbrėžimams, ultravioletinių spindulių poveikiui. Dangos paviršius yra pusiau matinis iš polimerinių medžiagų. Specialiai suprojektuota „click“ jungimo sistema užtikrina puikų estetinį stogo vaizdą, sandarumą ir ilgaamžiškumą (Metalo lakštų danga Ruukki Hyygge, 2022). Šiai danga suteikiama 40 metų techninių ir 15 metų estetinių

savybių garantija. Danga gaminama dviejų variantų – su vertikaliais grioveliais ir be jų, todėl galima sudėti tris skirtingus stogo raštus.



3 pav. Metalų lakštų stogo danga [16]

Beasbestinio šiferio danga (A4). Beasbestinio šiferio Eternit Klasika danga puikiai dera ant vidutinio ploto stogų. Banguoti lakštai, gaminami iš natūralių medžiagų: cemento, celiuliozės bei kenksmingąjį asbestą pakeitusios pluoštinės armuojančios medžiagos PVA (Eternit Baltic, 2022).

Gaminant Eternit Klasika dangos lakštus, naudojama saugumo technologija Safety Strips®. Specialios saugumo juostelės užtikrina, kad darbas ant stogo bus saugus.

Dėl giluminio ir tolygaus dažymo technologijos CurtCoat® panaudojimo gamybos procese, lakštai nudažomi itin kokybiškai – sukuriama lygus dažų paviršius, kuris užtikrina lakštų padengimo ilgaamžiškumą ir atsparumą. Banguotiems lakštams nudažyti naudojami specialūs difuziniai dažai, kurie leidžia stogui kvėpuoti (Eternit Baltic, 2022). Naudojant šiuos dažus, nesukuriama šiltnamio efektas pastato viduje, todėl nesikaupia kondensatas. Taip pastatų konstrukcijos, apšiltinimo sluoksnis apsaugomi nuo sudrėkimo.

Eternit Klasika turi gamykloje nupjautus kampus, todėl lakštus sumontuoti paprasta, greita ir pigu, o optimalus lakšto dydis leidžia patogiai dengti didelio ploto stogus (žiūr. 4 pav.).



4 pav. Beasbestinio šiferio lakštų stogo danga [1]

Skalūno čerpių danga (A5). Skalūnas yra natūralus daugiasluoksnis gamtinis akmuo. Akmens savybių dėka skalūninės stogo dangos yra ilgaamžiškiausios iš visų šiai dienai žinomų stogo dangų (5 pav.). Eksploatacinis laikotarpis gali siekti iki 200 metų. Skalūninė danga gaminama skaldant akmens sluoksnius, kurie susiformavę per ilgus metus. Pluoštai gaminami ir skaldomi rankiniu būdu. Vieno pluošto storis – 1–9 mm. Ši danga yra viena iš brangiausių dangų. Skalūno plytelės būna nuo 25/20 iki 60/30 cm, svoris – 50 kg/m². Mažiausias reikalingas šlaitinio stogo nuolydis – 25° (Skalūno plokštelės stogui ir fasadui, 2022). Skalūno čerpės yra ekologiška, natūrali medžiaga, neblunka ir nekeičia spalvos per visą savo tarnavimo laiką, atsparios korozijai ir u/v spinduliams, nereaguoja į temperatūrų pokyčius, pasižymi gerais garso absorbcijos rodikliais, labai mažai įgeria vandenį. Šių čerpių montavimas yra gana sudėtingas, nes, būdamos plonos, jos gali lengvai sutrupėti.



5 pav. Skalūno čerpės [21]

Šlaitinio stogo dangos efektyvaus sprendinio nustatymas.

Bet kuriame statybos procese dalyvauja skirtingos suinteresuotos grupės, turinčios skirtingų tikslų, sprendimo priėmimo procesą veikia skirtingi makro-, mezo ir mikro aplinkos veiksniai, todėl sprendžiant statybos procesų efektyvaus sprendinio priėmimo uždavinį, reikia sudaryti įvairiaaspektę kiekybinių ir kokybinių rodiklių sistemą ir suderinti skirtingus procesuose dalyvaujančių suinteresuotų grupių tikslus (Zavadskas ir kt., 2006: 601–618; Šivickas, 2018: 36-42). Todėl efektyvaus sprendimo priėmimui geriausiai tinka daugiakriteriniai vertinimo metodai.

Vertinant šlaitinio stogo alternatyvius sprendinius, labai svarbu atsižvelgti į stogui reikalingų medžiagų kainą, estetinį vaizdą, ilgaamžiškumą, įrengimo trukmę, mechanizmų panaudojimo galimybę, dangos svorį bei stogo įrengimo sudėtingumą. Projektuojamos reabilitacijos klinikos šlaitinio stogo dangų variantų vertinimui pasirinkti tokie rodikliai: dangos kaina, Eur/m² (K1), ilgaamžiškumas, metai (K2), estetinis vaizdas, balai (K3), dangos svoris, kg/m² (K4), įrengimo sudėtingumas, vidutinė kategorija (K5), darbo trukmė, žm.val./m² (K6), mechanizmų darbo laikas, maž.val./m² (K7). Nustatytos vertinimo rodiklių skaitinės reikšmės pateiktos 1-oje lentelėje.

1 lentelė

Vertinimo rodiklių skaitinės reikšmės

Kriterijai	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Variantai							
Keraminių čerpių danga (A1)	16,35	50	4	37,38	3,5	5,23	0,45
Bituminių čerpių danga (A2)	11,15	15	4	5,25	3,0	2,71	0,14
Metalinių lakštų (skardos) danga (A3)	14,39	30	3	13,30	3,5	2,21	0,43
Beasbestinio šiferio danga (A4)	10,37	20	3	15,30	3,5	2,29	0,29
Skalūno čerpių danga (A5)	16,49	75	5	32,26	3,5	5,23	0,45

Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas. Norint išrinkti efektyvų inžinerinį sprendinį, sudarius sprendimų priėmimo matricą, reikia atlikti projektinių sprendinių daugiakriterinę analizę. Tai atliekama, lyginant nagrinėjamų variantų kriterijų reikšmes ir reikšmingumus (Zavackas ir kt., 1999: 127-129). Kriterijų reikšmingumo nustatymui dažniausiai naudojami teoriniai metodai, kai kriterijų reikšmingumas skaičiuojamas teoriškai, formulių pagalba ir ekspertiniai metodai, kai kriterijų reikšmingumas nustatomas, analizuojant ekspertinių apklausų rezultatus. Tyrime, kriterijų reikšmingumo nustatymui naudotas teorinis entropijos ir ekspertinis porinio palyginimo metodai, kurių taikymo algoritmai pateikti moksliniuose šaltiniuose (Zavadskas ir kt., 1996: 28-54; Kaklauskas ir kt., 2018:82- 93; Krasickas, 2018:25-29).

Tyrime atlikto teorinio ir subjektyvaus kriterijų reikšmingumo skaičiavimo rezultatai pateikti 2-oje lentelėje.

2 lentelė

Kriterijų reikšmingumo skaitinės reikšmės

Kriterijus	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
Teorinis kriterijaus reikšmingumas, %	3	34	3	33	0	14	13
Subjektyvus kriterijų reikšmingumas, %	29	24	19	14	2	10	2

Šaltinis: sudaryta autorių

Racionalaus stogo dangos varianto nustatymas, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą. Daugiatiksliai metodai inžineriniams sprendimams įvertinti pasaulyje naudojami gana plačiai (Bottareli ir kt., 2018: 6-14; Mayromatidis ir kt., 2018:707-724; Invidiata ir kt., 2018: 58-68). Šioje srityje daug mokslinių straipsnių yra paskelbę ir Lietuvos mokslininkai (Zavadskas ir kt., 2006: 601-618; Rasiulis, 2017: 88-95).

Šiame tyrime stogo dangų variantams įvertinti buvo pasirinktas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas. Naudojant šį metodą, nustatomas toks alternatyvus projektinis sprendimas, kurio vertinimo kriterijų naudingumo vertė yra didžiausia. Pradiniai duomenys, kriterijų optimalumas, geriausios reikšmės ir normalizuota matrica pateikti 3-čioje lentelėje.

3 lentelė

Kriterijų optimalumas, geriausios (Matrica P) ir normalizuotos (Matrica $\bar{P}$) reikšmės

Matrica P							
Variantai \ Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5	Kriterijų optimalumas	Geriausia reikšmė
K ₁	16,35	11,15	14,39	10,37	16,49	min	10,37
K ₂	50	15	30	20	75	max	75
K ₃	4	4	3	3	5	max	5
K ₄	37,38	5,25	13,30	15,30	32,26	min	5,25
K ₅	3,5	3,0	3,5	3,5	3,5	min	3,0
K ₆	5,23	2,71	2,21	2,29	5,23	min	2,21
K ₇	0,45	0,14	0,43	0,29	0,45	min	0,14

Matrica $\bar{P}$					
	A1	A2	A3	A4	A5
K ₁	0,6342	0,9300	0,7206	1	0,6289
K ₂	0,6667	0,2000	0,4000	0,2667	1
K ₃	0,8000	0,8000	0,6000	0,6000	1
K ₄	0,1404	1	0,3947	0,3431	0,1627
K ₅	0,8571	1	0,8571	0,8571	0,8571
K ₆	0,4226	0,8155	1	0,9651	0,4226
K ₇	0,3111	1	0,3256	0,4828	0,3111

Šaltinis: sudaryta autorių

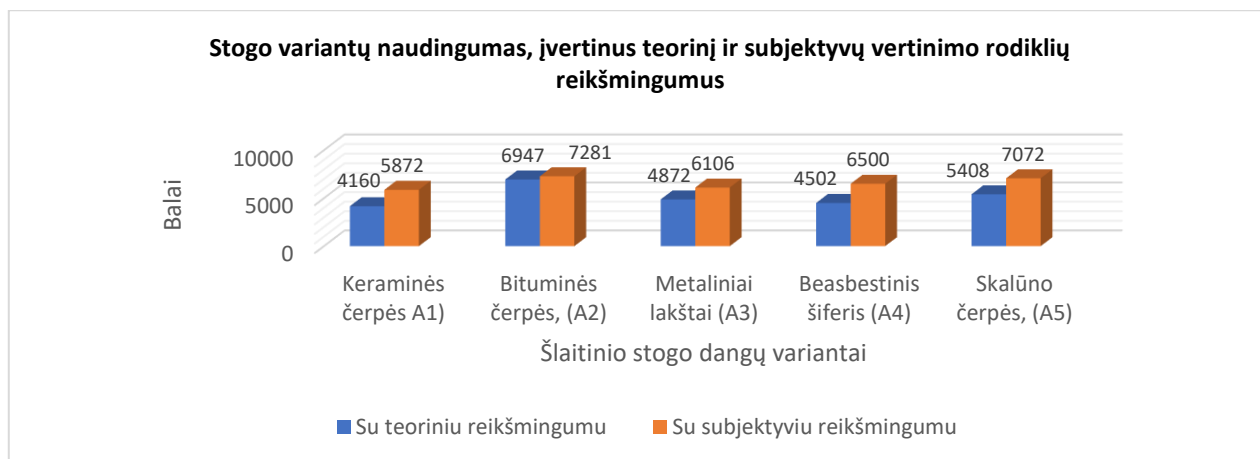
Taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą ir įvertinant apskaičiuotus teorinį bei subjektyvų kriterijų reikšmingumus (2 lentelė), gauti tokie skaičiavimo rezultatai (žiūr. 4-tą lentelę, 6 pav.):

4 lentelė

Stogo dangų variantų naudingumas, įvertinus teorinį ir subjektyvų kriterijų reikšmingumus

$\bar{q}_t$, %	Matrica $\bar{C}^* \bar{q}_t$					$\bar{q}$, %	Matrica $\bar{C}^* \bar{q}$				
	A1	A2	A3	A4	A5		A1	A2	A3	A4	A5
3	189	279	216	300	189	29	1872	2697	2088	2900	1872
34	2278	680	1360	918	3400	24	1608	480	960	648	2400
3	240	240	180	180	300	19	1520	1520	1140	1140	1900
33	462	3300	1287	1122	528	14	196	1400	546	476	224
0	0	0	0	0	0	2	172	200	172	172	172
14	588	1148	1400	1358	588	10	420	820	1000	970	420
13	403	1300	429	624	403	2	84	164	200	194	84
$\Sigma 100$	4160	6947	4872	4502	5408	100	5872	7281	6106	6500	7072
Vieta	V	I	III	IV	II		V	I	IV	III	II

Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Reabilitacijos klinikos šlaitinio stogo dangų variantų naudingumo palyginimas

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Atlikus pastatų šlaitinių stogų dangų analizę nustatyta, kad Lietuvoje šiuo metu populiariausios ir plačiausiai naudojamos yra bituminių, keraminių, skalūno čerpių ir metalinių bei beasbestinio šiferio lakštų dangos.
2. Atlikti vertinimo rodiklių, kurie parinkti stogo dangų variantų vertinimui, teorinio reikšmingumo skaičiavimo rezultatai parodė, kad didžiausią teorinį reikšmingumą turėjo ilgaamžiškumo (34%) ir dangos 1 m² svorio (33%) rodikliai. Remiantis respondentų apklausos rezultatais apskaičiuotas rodiklių subjektyvus reikšmingumas parodė, kad suinteresuotoms grupėms svarbiausi rodikliai- stogo dangos 1 m² kaina (29, %), ilgaamžiškumas (24%) ir estetiškas vaizdas (19 %).
3. Įvertinus gautus rodiklių reikšmingumo skaičiavimo rezultatus ir apskaičiavus šlaitinio stogo dangų variantų naudingumą, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą, nustatyta, kad efektyviausias variantas reabilitacijos klinikos stogui yra bituminių čerpių danga (A2). Tačiau, pagal vertinimo rezultatus labai arti yra skalūno čerpių danga, kurios panaudojimo galimybes reabilitacijos klinikos stogui taip pat galima svarstyti, nes jos ilgaamžiškumas ryškiai didesnis už kitų analizuotų dangų.

Literatūra

1. Beasbestinis šiferis Eternit Klasika [interaktyvus]. 2022, vasaris [žiūrėta 2022 11 07]. Prieiga per internetą: <https://www.prestėja.lt/eternit-banguoti-lakstai/1176-beasbestinis-siferis-eternit-klasika-1130-x-1250-mm-nedazyta.html>
2. Bituminės čerpės „Katepal“ [interaktyvus]. 2022, balandis [žiūrėta 2022 11 06]. Prieiga per internetą: <https://www.pasvandeni.lt/produnktai/stoodangos/bitumines-cerpes-katepal>
3. Bottarelli, M., Bortoloni, M., Dino, G., 2018. Experimental analysis of an innovative covering for ventilated pitched roofs [interaktyvus].- International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 13, Issue 1, p.6-14. [žiūrėta 2022 04 19]. Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:29271998/29271998.pdf>
4. Eternit Baltic [interaktyvus], [žiūrėta 2022-03-15]. Prieiga per internetą: < <https://www.eternit.lt> >.
5. Invidiata, A., et al. Selecting design strategies using multi-criteria decision making to improve the sustainability of buildings [interaktyvus]. In Building and Environment. 2018. 139: 58 – 68, [žiūrėta 2022-04-22]. Prieiga per internetą: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013231830252X> >.
6. Kaklauskas A, Zavadskas E. K., Radzevičienė A, Ubarte I., Podvieszko A. Quality of city life multiple criteria analysis.- Cities 72, 2018, p.82-93.
7. Kaklauskas, A. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinių sprendimų sistema. Habilitacinio darbo santrauka. Vilnius, Technika, 1999, 108 p.
8. Kaklauskas, A., Zavadskas, E. Intelektinė ir biometrinė sprendimų parama. [interaktyvus], 2010. [žiūrėta 2022-04-30], Prieiga per internetą: < <http://www.ebooks.vgtu.lt/pdfreader/intelektin-ir-biometrin-sprendim-parama> >
9. Keraminės čerpės [interaktyvus], (žiūrėta 2022 11 06). Prieiga per internetą: <http://www.klinkerhaus.lt/p/Keramines-cerpes/1>
10. Kračka M. Pastatų atnaujinimo daugiataktis vertinimas (Daktaro disertacija).- Vilnius, Technika, 2013, 140 p.
11. Krasickas A. Aplinkos taršą mažinančių dangų padengimo ant stogo lakštų technologiniai tyrimai. Magistro baigiamasis projektas.- Kaunas, KTU, 2019, 75 p.

12. Mahdiyar, A., et al. Identifying and assessing the critical criteria affecting decision-making for green roof type selection [interaktyvus]. In Sustainable Cities and Society. 39: 772 – 783, 2018, (žiūrėta 2022-10-22). Prieiga per internetą: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670717317237> >
13. Mavromatidis, G., et al. Comparison of alternative decision-making criteria in a two-stage stochastic program for the design of distributed energy systems under uncertainty [interaktyvus]. In Energy., 2018. (žiūrėta 2022-04-22). Prieiga per internetą: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544218309010>
14. Metalo lakštų danga Ruukki Hyygge [interaktyvus] 2022, [žiūrėta 2022 11 06] . Prieiga per internetą: <https://www.ruukki.com/ltu/stogai/produktai-stogams/stogo-dangos-lakstai/stogo-dangos-produktai/ruukki-hyygge>
15. Miškinis, V. Ką pravartu žinoti apie šiferinį stogą [interaktyvus], 2018 (žiūrėta 2021-03-11). Prieiga per internetą: < <http://www.manonamai.lt/daraupats/statybos/stogas/ka-pravartu-zinoti-apie-siferini-stoga.d?id=67444866> >
16. Pajūrio Neasbestinis šiferis “Eternit Agro”[Interaktyvus], 2022 (žiūrėta 2022 10 20). Prieiga per internetą: <https://www.senukai.lt/p/neasbestinis-lakstas-eternit-agro-l-ruda-1750-mm-x-1130-mm-x-6-mm/b56c?cat=ay6&index=1>
17. Rahman, S., et al. 2012. Product-cost modelling approach for the development of a decision support system for optimal roofing material selection [interaktyvus].- Expert systems with applications, Vol. 39, Issue 8, p. 6857 – 6871, 2012, [žiūrėta 2022-03-11]. Prieiga per internetą: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417412000127>
18. Rasiulis R.. Statinio informacinio modeliavimo technologijomis grįstas modelis administracinių pastatų atnaujinimui vertinti :daktaro disertacija. [interaktyvus]-Vilnius, Technika, 134 p. 2017. [žiūrėta 2022-04-18] Prieiga per internetą: http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/3215/1/Romo%20Rasiulio%20disertacija%20%202017_02%2002n.pdf
19. Rukki [interaktyvus], 2022 [žiūrėta 2022-03-15]. Prieiga per internetą: <https://www.ruukki.com/ltu>
20. Skalūno čerpės “Vein” [interaktyvus], 2020 [žiūrėta 2022 10 14]. Prieiga per internetą : <https://www.akmenys.lt/skaluno-fasadai/skaluno-fasadai-stogai/skaluno-cerpes-fasadui-vein-06-40x20cm-vnt-ispardavimas-lt-lt.html>
21. Skalūno plokštelės stogui ir fasadui [interaktyvus], 2021 (žiūrėta 2022 11 06). Prieiga per internetą: <https://vidara.lt/skaluno-ploksteles-stogui-ir-fasadui>
22. Statybos darbai. Skalūnas [interaktyvus], 2021 (žiūrėta 2022 04 19). Prieiga per internetą: <http://www.stogu-dengimas.com/skalunas.html>
23. Šivickas, M. Stogų daugiakriterinės analizės sprendimų paramos sistema: baigiamasis magistro darbas: VGTU [interaktyvus], 2018 (žiūrėta 2022 03 18). Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:29271998/29271998.pdf>
24. Vaitkienė, A. Tradicinės čerpės – nesenstanti klasika [interaktyvus], 2016 (žiūrėta 2018-03-11). Prieiga per internetą: <https://naujienos.alfa.lt/leidinys/statyk/tradicines-cerpes-nesenstanti-klasika/>
25. Zavadskas E.,K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė.- Vilnius, Technika, 2001. 379 p.
26. Zavadskas, E. K., Simanuskas, L., Kaklauskas, A. Sprendimų paramos sistemos statyboje: monografija. - Vilnius: Technika, 1999, 236 p.
27. Zavadskas, E. K.; Zakarevicius, A.; Antucheviciene, J. Evaluation of Ranking Accuracy in Multi-Criteria Decisions. Informatica, 2006, 17(4), 601–618,
28. Zavadskas, E. K.; Kaklauskas, A. Multicriteria analysis of building system. Vilnius: Technika, 1996, 148 p.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF ROOFING VARIATIONS OF THE SLOPED ROOF OF THE REHABILITATION CLINIC

Summary

Roofs are classified as one of the most important building structures, requiring a beautiful aesthetic appearance, good waterproofing, heat-insulating and sound-insulating properties, and a long service life. As a result, a strong and long-lasting sloped structure is chosen for the roofs of the majority of residential and public buildings, which can be covered with coatings of various materials, ensuring the uniqueness and aesthetics of the roofs. Manufacturers offer a wide range of pitched roof coverings, which makes it difficult for the customer, the designer, to choose a specific roof covering.

The purpose of the study is to analyse alternative versions of the roof coverings of buildings intended for treatment and to perform a multi-criteria evaluation of them. The article provides a detailed analysis of pitched roof coverings, relevant evaluation aspects and evaluation of multi-purpose pitched roof covering options. Based on the obtained results, a rational roofing option was determined, which was later used for the pitched roof of the designed building.

Key words: pitched roofs, evaluation aspects, subjective significance, theoretical significance, utility value method, rational decision.

**ELETRONIKOS IR ELEKTROS INŽINERIJOS KRYPTIES NAUJOVĖS BEI
PERSPEKTYVOS MOKSLE IR PRAMONĖJE**

SAULĖS FOTOVOLTINIŲ MODULIŲ EFEKTYVUMO TYRIMAS

Vytenis Jonevičius

Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa

Anotacija

Saulės fotovoltiniai moduliai seniai jau nebėra naujiena. Šiuo metu jie plačiai naudojami ir buityje: įmontuoti į tam tikrus kasdieninius ir gyvenimą palengvinančius objektus, tokius, kaip išorinės baterijos ar kieme naudojami žibintai, nesant išorinio elektros tinklo poreikio. Tačiau taip įmontuotos saulės panelės nėra efektyviai išnaudojamos, todėl autoriai apžvelgė galimas priemones, leidžiančias padidinti energijos išgavimo efektyvumą: lygiagrečių fotovoltinių modulių jungimo būdą vietoj nuoseklaus, jas montuojant ant judančių „alkūnių“. Remiantis šioje srityje jau atliktais tyrimais, galima teigti, kad taikant pastarąjį saulės panelių montavimo būdą, energijos išgavimo efektyvumą galima padidinti iki 40 %.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Saulės panelės, saulės fotovoltiniai moduliai, elektros energija.

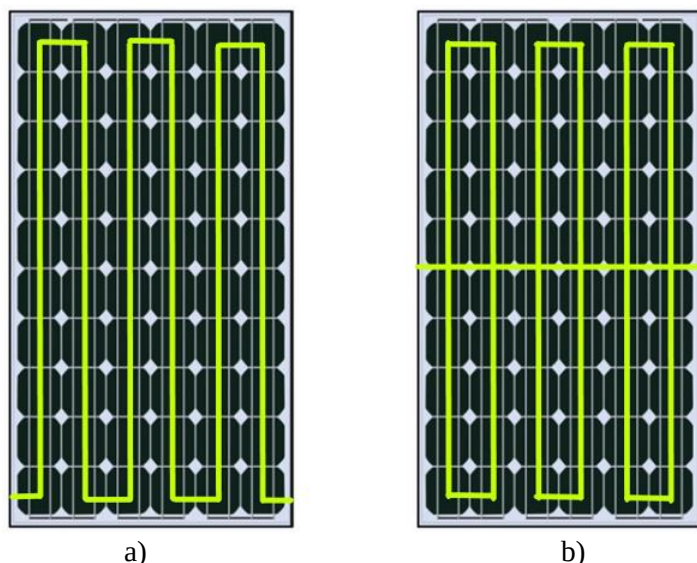
Įvadas

Saulės fotovoltiniai moduliai, kitaip saulės panelės jau nėra naujiena. Tai yra energijos rūšies keitimo įtaisas, verčiantis saulės energiją ar kito šaltinio šviesą į elektros energiją. Šį procesą įgalina fotovoltinis efektas [2], o šis efektas yra fizinis bei cheminis įtampos ir elektros srovės generavimas medžiagoje veikiant šviesai [1]. Visa tai pirmiausia buvo panaudota saulės elektrinėse, kurios išgaudavo energiją pasitelkdamos saulės šviesą. Vėliau jos buvo pritaikytos ir vartotojui, pavyzdžiui, nešiojamuose maitinimo šaltiniuose, lauko šviestuvuose. Kalbant apie pramoninį pritaikymą, saulės fotovoltinius moduliai taip pat naudojami priemiesčiuose esančiose meteorologinėse stotelėse, miesto šviestuvuose ir t.t. Vėliau saulės panelės atsirado ir ant automobilių stogų, kad nereikėtų naudoti akumuliatoriaus energijos tam tikroms jų funkcijoms. Ant gyvenamųjų namų stogų esančios saulės panelės naudojamos vandens ar pačių namų pašildymui, jų apšvietimui. Sukūrus elektromobilius, pradėtos statyti įkrovimo stotelės su saulės moduliais, kad šios galėtų pakrauti automobilius nenaudojant energijos iš miesto elektros tinklų. Taip atsirado galimybė tokias stoteles statyti nepriklausomai nuo miesto infrastruktūros, nes saulės fotovoltiniams moduliams nereikia papildomo energijos šaltinio, kad jie galėtų krauti akumuliatorius, esančius elektromobiliuose. Būtina atsižvelgti į tai, kad šie moduliai didžiausią naudingumo koeficientą turi dienos metu, tada, kai į juos tiesiogiai patenka saulės spinduliai. Tada jie gali pilnai atlikti savo funkcijas, t.y. pilnu pajėgumu krauti energijos reikalaujančius šaltinius. Kai temsta, jų efektyvumas labai sumažėja, o sutemus, pasidaro iš viso nebenaudingi. Tačiau ir dienos metu energijos generavimo efektyvumas kinta, priklausomai nuo debesuotumo ar kitų faktorių. Todėl, siekiant sumažinti energijos generavimo pokyčius, reikia aptarti galimus šios technologijos patobulinimo būdus.

Šiame straipsnyje galimi saulės panelių jungimo būdai aptariami skyrelyje „Saulės panelių jungimas“. Saulės panelių sudėtis didesniai saulės modulių efektyvumui, kaip ir panelių montavimo galimi būdai autorių aptariami „Saulės panelių efektyvumo padidinimas“ skyrelyje. Teorinės analizės išvalgos pateikiamos šio straipsnio dalyje „Išvados“, kartu nurodant tolimesnių tyrimų kryptis.

Saulės panelių jungimas

Įprastai, saulės panelės jungiamos nuosekliuoju būdu (1 pav. a)). Siekiant didesnio elektros energijos generavimo, galima sumontuoti papildomus saulės kolektorių modulius.



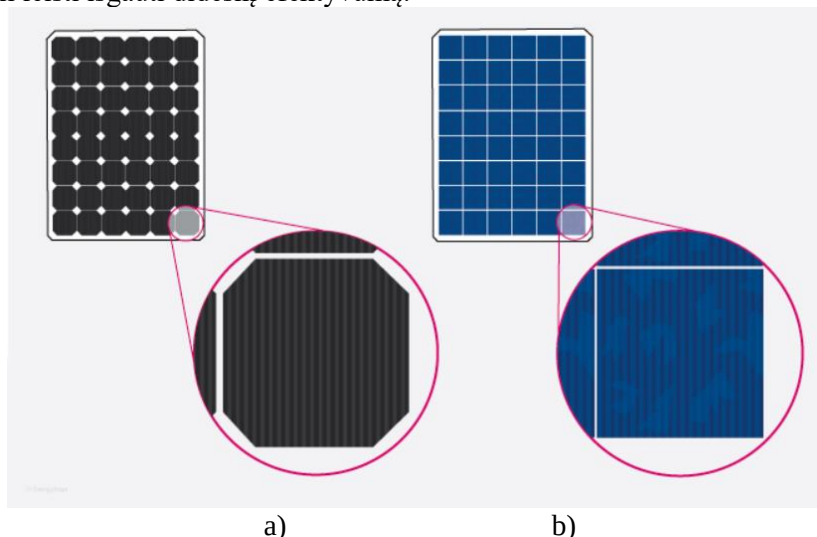
1 pav. Saulės fotovoltinių modulių jungimas, a) nuosekliu būdu, b) lygiagrečiu būdu [3]

Vis dėlto, jų efektyvumas nepadidėtų tiek, kiek galėtų pagal specifikacijas, nes jų generuojama energija būtų išgaunama tik dalį dienos. Saulės panelės sumontavus bendras generuojamos energijos kiekis padidėtų, bet nedidėtų atskiros panelės efektyvumas. Reikia nepamiršti, kad statant saulės panelės, turi būti įvertinama namo padėtis, aplinkos specifika, taip pat panelių orientavimas, siekiant išgauti didžiausią energijos kiekį dienos ar metų bėgyje. Nepaisant to, didesnio panelių skaičiaus sumontavimas ar jų sumontavimas ant abiejų, tarkime, namo stogo pusių norimo efekto neduos, nes tai nepadidins vienos saulės panelės generuojamos energijos kiekio.

Todėl, norint padidinti energijos išgavimo efektyvumą, pačius fotovoltinius modulius tikslinga būtų sujungti ne nuosekliai, o lygiagrečiu būdu (1 pav. b)). Sujungus saulės panelės lygiagrečiu jungimu, yra išsprendžiama pirmoji saulės panelių problema, t.y. kai jos yra užtemdomos, pvz., debesimis. Nes nuoseklaus saulės fotovoltinių modulių jungimo atveju generuojama įtampa nukrenta arba jos iš vis nebūna, ypač esant pilnam uždengimui. Lygiagretus jungimo būdas užtikrintų energijos generavimą bent dalies fotovoltinių modulių, tų, kurie nebūtų uždengti. Vien tik pats jungimo būdas leis efektyviau generuoti saulės energiją, nes energijos kaupimas nebus nutraukiamas net jei ir dalis saulės kolektoriaus būtų uždengiama.

Saulės panelių efektyvumo padidinimas

Kaip ir saulės panelių jungimo būdas, taip ir medžiaga, iš kurios kolektorius yra pagamintas, yra svarbi. Šiais laikais 95 % pasaulyje naudojamų modulių yra kristalinio silicio, kurie yra gaminami dviejų tipų - monokristaliniai ir polikristaliniai. Monokristaliniai moduliai yra efektyvesni, nes tas pats modulio kvadratinis plotas gali pagaminti daugiau energijos arba kitaip sakant, pasiekiamas didesnis našumas (daugiau kilovatvalandžių) (2 pav. a)). Šie moduliai yra tamsios spalvos ir vientisi, o polikristaliniai moduliai yra šviesesnio mėlyno atspalvio (2 pav. b)). Tačiau, atsižvelgus į finansines galimybes, dauguma renkasi polikristalinio tipo saulės fotovoltinius modulius, nes jų kaina yra žemesnė. Jau vien tik pati saulės fotovoltinio modulio sudėtis gali leisti išgauti didesnę efektyvumą.



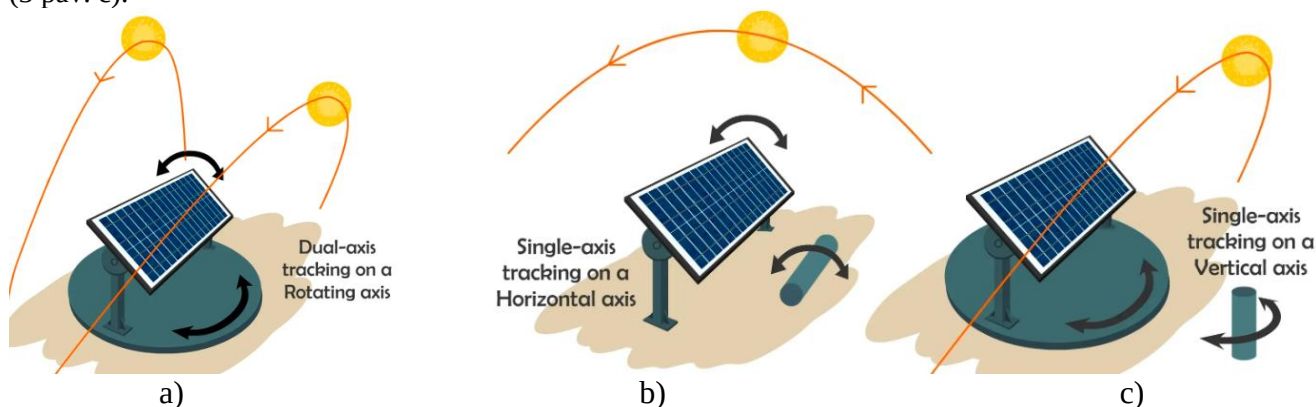
2 pav. Saulės fotovoltinių modulių sudėtis, a) monokristaliniai, b) polikristaliniai [4]

Esminis monokristalinių saulės modulių skirtumas nuo polikristalinių yra tas, kad užimdami tokį patį plotą, monokristaliniai moduliai yra nuo 17 % - 19 % efektyvesni už paprastus kolektorius, o polikristaliniai yra nuo 16 % iki 17 % efektyvesni, kelių procentų skirtumas, tačiau kai kalbame apie ribotą montavimo plotą, tai gali būti geresnis sprendimas generuoti elektros energiją, kadangi monokristalinių modulių reikės mažiau sumontuoti negu polikristalinių, norint išgauti tokį patį efektyvumą [4].

Saulės fotovoltiniai moduliai būtų nuo 25 % iki 40 % efektyvesni [5], jeigu jie būtų visu paros metu nukreipti į saulės pusę. Pastačius saulės kolektorių panelės ant judančių „alkūnių“ ir prijungus į saulės šviesą reaguojančius fotorezistorius arba fotodiodus, galima užtikrinti, kad, kintant šių elementų parametrų, saulės fotovoltiniai moduliai būtų pasukami saulės kryptimi. Tai galima būti įgyvendinti viena arba dvejomis ašimis. Viena ašis leistų saulės panelę sukti tokiu kampu, kad saulės kolektorius būtų nukreipti jos judėjimo kryptimi. Kita ašis leistų įrengimą sukti aplink savo ašį, kitaip sakant, į kairę ar dešinę pusę, kolektorių pastačius ant horizontalaus paviršiaus.

Energijos padidėjimas galimas ir pastačius panelę ant vienos kurios nors besisukančios ašies, nes yra keletas jų montavimo būdų. Pirmasis būtų toks, kad panelės būtų stacionariai pastatytos ir pritvirtintos ant žemės paviršiaus, o juda tik pats fotovoltinis modulis saulės judėjimo kryptimi (3 pav. a). Antrasis - tam tikru

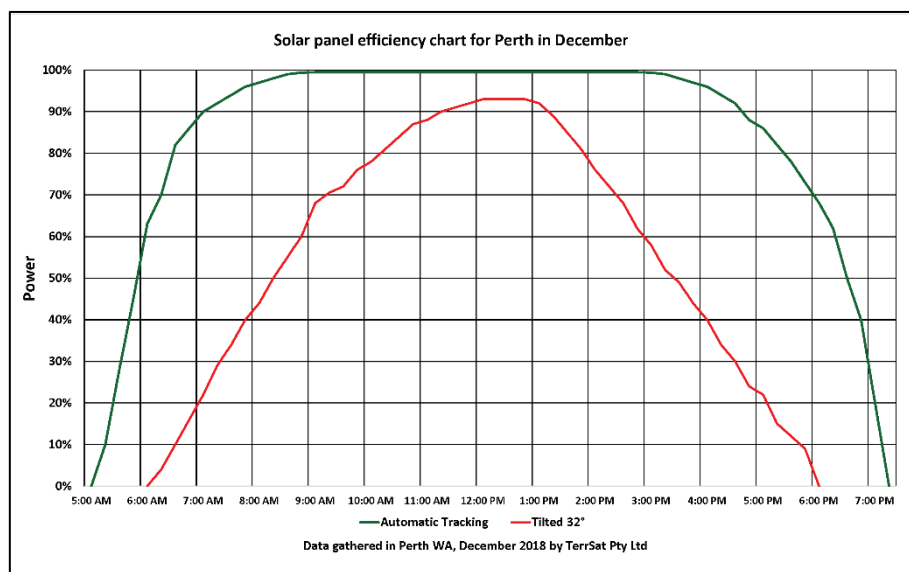
kampu judantis pagal horizontalią ašį saulės kolektorius (3 pav. b). Trečiasis apima abiejų būdų metodus: orientuojamas pagal saulę kolektorius (judantis pagal saulę) statomas ant horizontaliai besisukančio paviršiaus (3 pav. c).



3 pav. Saulės fotovoltinių modulių montavimas ant besisukančių ašių: a) montavimas ant dviejų ašių, b) montavimas ant vienos vertikalios ašies, c) montavimas ant vienos horizontalios ašies [5]

Saulės kolektorių efektyvumas ant besisukančių ašių

Didžiausią pranašumą elektros generavimui duoda jų montavimas ant besisukančių ašių. Taip yra todėl, kad kolektoriai, dienos metu generuodami elektros energiją, pasuka saulės fotovoltinius modulius šviesos kryptimi, todėl net ir saulei leidžiantis jų nukreipimas į šviesą vis vien leistų išgautų tam tikrą elektros energijos kiekį (žr. 4 pav.).



4 pav. Saulės kolektorių palyginimo grafikas, raudona – stacionarus saulės fotovoltinis modulis, juoda – saulės fotovoltinis modulis ant besisukančių ašių [6]

Nagrinėjant grafiką matoma, kad raudona linija pažymėtas stacionarus fotovoltinis modulis energiją pradeda generuoti valanda vėliau nei modulis ant besisukančių ašių, nes ašys jį pasukusios saulės šviesos kryptimi leidžia nuo pat jos atsiradimo horizonte generuoti elektros energiją. Dienos eigoje efektyvumas labai skiriasi, kadangi fiksuotas fotovoltinis modulis išgauna tik tiek energijos, kiek jį pasiekia saulės šviesos, tuo tarpu kai besisukantis modulis jau 9 valandą ryte pasiekia 100 % generuojamos energijos kiekį. Taip pat matoma, kad stacionarus kolektorius nepasiekia 100 % efektyvumo net ir vidurdienį, nes jis negali pasukti savo panelės, kuri šviestų tiesiai į saulę. Apibendrinant grafiką, saulės fotovoltinis modulis pradeda generuoti elektros energiją anksčiau, pasiekia 100 % efektyvumą greičiau ir net saulei leidžiantis generuoja kelis kartus didesnę energijos nei stacionarus modulis.

Taip galima būtų išgauti maksimalų energijos kiekį, kuris galėtų būti padidinamas apie 40 %, lyginant su tuo atveju, kai kolektorius montuojamas stacionariai (orientuotas viena kryptimi ir tam tikru kampu). Žinoma, reikėtų atsižvelgti ir į oro sąlygas, tačiau jos tokio tipo kolektoriams mažai turi įtakos dėl jų patikimo montavimo.

Išvados

1. Neturint plačių galimybių pilnu pajėgumu išnaudoti saulės fotovoltinių modulių, paprasčiausiai generuojamos elektros energijos kiekį galima padidinti saulės modulius sujungiant lygiagrečiu būdu.
2. Norint pakelti energijos išgavimo efektyvumą daugiau kaip 40 %, tikslinga saulės fotovoltinius modulius statyti ant besisukančių ašių - ant vienos arba dviejų, kad saulės kolektoriai visą dieną būtų nukreipti į šviesą.
3. Dar didesniam efektyvumui pasiekti, projektuojamai sistemai tikslinga parinkti monokristalinius saulės modulius, o ne daugiakristalinius, nes esant toms pačioms apšvietimo bei meteorologinėms sąlygoms, pats monokristalinio modulio ploto vienetas gali pagaminti daugiau energijos.

Literatūra

1. Fotovoltinis efektas. Prieiga per internetą: https://hmn.wiki/lt/Photovoltaic_effect
2. Saulės baterija. Prieiga per internetą: https://lt.wikipedia.org/wiki/Saul%C4%97s_baterija
3. Saulės elektrinė. Atsipirkimas ir veikimo principas. Prieiga per internetą: <https://energijaman.lt/naujienos/saules-elektrine/>
4. Saulės moduliai. Kaip tinkamai pasirinkti? Prieiga per internetą: <https://energijaman.lt/naujienos/saules-moduliai/>
5. What is a solar tracker and is it worth the investment? Prieiga per internetą: <https://www.solarreviews.com/blog/are-solar-axis-trackers-worth-the-additional-investment>
6. 1.5kW solar tracker supply install and service. Prieiga per internetą: <https://www.terrsat.com.au/product/1-5kw-solar-tracker/>

INVESTIGATING THE EFFICIENCY OF SOLAR PHOTOVOLTAIC MODULES

Summary

In this article, possible ways of connecting solar panels are discussed in the section "Connection of solar panels". Connecting solar panels in parallel is way better than connecting them in a row. This is because when solar panel is blocked by the sun it can still generate large amount of electricity because the path of electric flow is still available but when they are in a row, blocking the solar panel means that the flow of electricity is reduced meaning less energy. The material that solar panel itself is made from is also very important. There are two most popular types of solar panels that are monocrystalline which is darker in colour and has a smooth surface and polycrystalline which is blue in colour. The main difference is that monocrystalline can generate the same amount of power as polycrystalline by taking the exact same area space. The composition of solar panels for increased efficiency of solar modules as well as possible ways of installing the panels are discussed by the authors in the section "Improving the efficiency of solar panels". Placing solar panels on a moving axis means that the solar panel can be turned facing directly in to the sun. This means that it can generate it's maximum energy. Along the day solar panel would track the sun and generate as much power as it can improving it's efficiency by around from 25 % to 40 % compared to fixed solar panel.

Key words: Solar panels, solar photovoltaic modules, electricity.

RF SIŪSTUVO POZICIJOS DETEKTAVIMO GALIMYBĖS JUDANČIO OBJEKTO VALDYMUI

Andrius Kazanavičius¹, Rūta Jankūnienė², Paulius Tervydis^{2,3}

¹UAB „Kitron“, ²Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa,

³Kauno technologijos universitetas

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjama detektoriaus, skirto aptikti radijo signalu (RF) siųstuvą patalpoje, realizavimo galimybė. Analizuojamas fazių skirtumo metodas, kuriuo paremta RF siųstuvo paieškos sistema, taip pat pasiūlyta jo modifikacija. Aptariamas antenų matricos išdėstymas, sudaromos pagrindinės antenų išdėstymo geometrijos lygtys. Pasiūlyta naudoti keturias antenų poras, kad galima būtų įvertinti signalo sklaidimo kryptį. Pristatomas fazių skirtumams įvertinti skirtas AD8302 fazometro modulis. Praktinis detektoriaus prototipo derinimas atskleidė, kad jo fazės priėmimo grandinėse susidaro trukdžiai, sukuriantys paklaidas skaičiavimuose (dispersijos rodiklis 14 kartų didesnis). Išvadose pateikiamos įžvalgos, padėsiančios pašalinti esamus trūkumus.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Siųstuvo pozicijos detektorius, RF, pozicijos nustatymas patalpose, AoA.

Įvadas

Gamyboje dažnai pasitaiko, kad reikia pergabenti 20 – 30 kg svorio krovinį iš vienos vietos į kitą. Tiek sveriantį daiktą jau yra pavojinga kelti [10], todėl jį derėtų pervežti. Pervežimui patogų naudotis vežimėliu arba staliu su ratukais. Tačiau manevruoti su tokiu svoriu nėra patogų. Ergonomiškesnis sprendimas būtų elektrinis robotas ar vežimėlis, kuris sektų RF (angl. Radio Frequency) siųstuvą, t.y. būtų valdomas. Čia iškyla radijo bangas skleidžiančio šaltinio pozicijos radimo problema, su kuria žmonija susiduria jau nuo XX a. pradžios.

Yra sukurti keli pozicijos aptikimo būdai. Navigacijai atvirose vietovėse yra naudojama GPS sistema. Deja, patalpose negalima užtikrinti stabilaus ryšio su GPS palydovu. Todėl buvo sukurta daug skirtingų metodų autonominei robotų navigacijai [1] [8] [14]. Pavyzdžiui, judantis robotas pagal grindyse nubrėžtą liniją ar laidą, kuris naudojamas fabrikuose smulkiems kroviniams pergabenti pasikartojančiais maršrutais. Kitas navigacijos patalpose būdas – remtis odometriniais matavimais, kai judėjimo metu skaičiuojami ratų apsisukimai padeda nustatyti roboto judėjimo trajektoriją. Buityje dažnai sutinkamas ir lazerinis kliūčių aptikimo metodas. Jį naudojantys autonominiai dulkių siurbliai lazerinio matuoklio (LiDAR) pagalba randa pašalinius objektus ir juos apvažiuoja.

RF siųstuvo sekimo metodas, kuomet smulkius krovinius gabenantis, arba elektriniais varikliais varomas robotas juda patalpose, sekdamas radijo dažnio (sutrumpintai - RF) siųstuvo buvimo vietą, nėra populiarus ir dažnai taikomas. Todėl kyla praktinio jo pritaikymo įrenginio autonominiui valdymui patalpose galimybių klausimas.

Pats darbo objektas - RF siųstuvo pozicijos detektoriaus projektavimas, kurio rezultatas - sukurtas RF detektoriaus prototipas, tinkamai nustatantis radijo dažnį skleidžiančio siųstuvo poziciją.

Uždaviniai, numatyti šio tikslo įgyvendinimui, ir apsprendžia aprašomo tyrimo struktūrą. Pirmiausia būtina išanalizuoti RF siųstuvo vietos nustatymo patalpose metodus, siekiant įvertinti jų panaudojimo galimybes projektuojamame įrenginyje. Po to aptarti paties pozicijos detektoriaus konstrukciją, jo prototipo struktūrinę schemą bei veikimo algoritmą. Teorinių prielaidų patikrinimui tikslinga atlikti prototipo testavimą ir derinimą.

RF siųstuvo vietos nustatymo (pozicionavimo) patalpose metodai

RF siųstuvo pozicijos nustatymo problema žinoma jau nuo XX a. pradžios. Todėl yra sukurti keli pozicijos aptikimo būdai. Autoriai nusprendė ištirti visakryptės antenos ir fazių skirtumo metodų panaudojimo metodus.

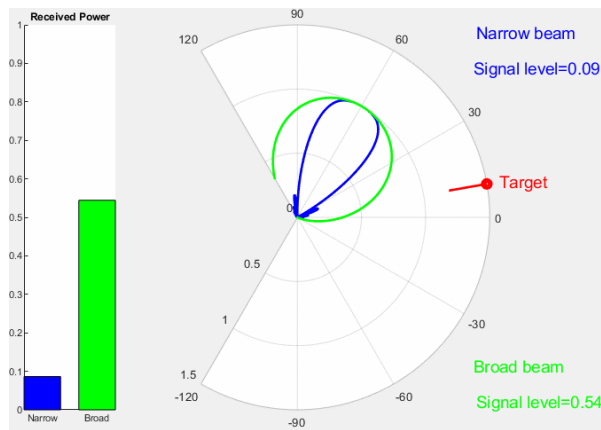
Visakryptės antenos metodas

Tai metodas, kurio metu kryptinė antena sukama aplink savo vidurio ašį [3]. Sukimo metu fiksuojama, ties kuriuo azimuto laipsniu buvo užfiksuotas aukščiausias signalo stiprumas.

Kryptinė - tokia antena, kurios priimamo signalo jautrumo ruožas yra siauresnis negu visakryptės. Todėl jos nuskaitomos vertės – kontrastingesnės. To pavyzdys – 1.6 paveiksle pateikti visakryptės ir kryptinės antenų parodymai. Kryptinės antenos fiksuojamas galios kiekis nuo taikinio pasisukus -50° yra 5 kartus mažesnis negu visakryptės antenos.

Teigiamos metodo savybės:

Nesudėtinga sistema - pakanka vieno imtuvo;



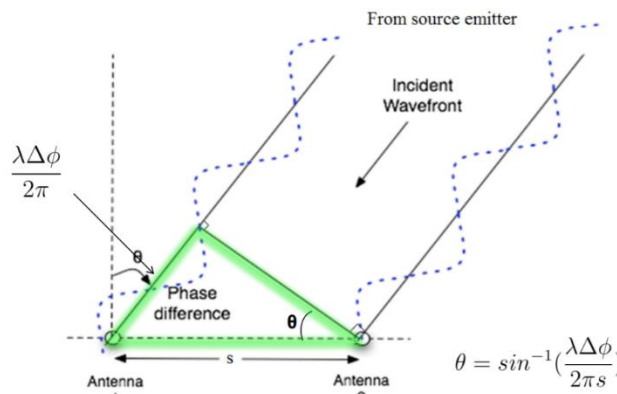
1 pav. Kryptinės ir visakryptės antenų jautrumas [3]

Trūkumai:

Lėtas sistemos darbas. Tam, kad būtų pasiektas tikslus rezultatas antena per vieną savo sukį turėtų atlikti pamatavimų skaičių, lygų laipsnių, kuriuos pasisuka, kiekiui. Sistema turėtų duomenis apie matavimus saugoti atmintyje ir su jais vykdyti matematinius veiksmus.

Specialūs komponentai. Reikalinga speciali kryptinė antena, nes naudojant visakryptę anteną smarkiai krinta lokatoriaus tikslumas.

Judančios dalys. Mechaninė sistema, skirta antenai sukti, naudoja papildomą energiją. Judančios dalys kelia pavojų žmogui, taip pat išauga galimybė sugadinti anteną, jai susidūrus su pašaliniu objektu.



2 pav. Fazių skirtumo metodas [13]

Fazių skirtumo metodas

Tai metodas, skirtas surasti AoA (angl. Angle of Arrival) – signalo sklidimo kryptį, matuojant fazių skirtumus tarp dviejų to paties signalo fazių [13]. Metodas grafiškai paaishklėtas 2 paveikslėlyje. Kadangi imtuvų antenų atstumas nuo spinduliavimo šaltinio būna nevienodas, todėl tas pats signalas antenas pasiekia skirtingu laiku. Susidaro fazių skirtumas (2 pav. „Phase difference“ linija). Nustačius fazių skirtumo kampą $\Delta\phi$, atstumą tarp antenų s ir naudojamo dažnio bangos ilgį λ , galima nustatyti, kokių kampų menama linija nuo taikinio kertasi su dvi antenas jungiančios linijos centru.

Privalumai:

Greitas nustatymas – nereikia atlikti daug duomenų poėmių;

Nejudanti konstrukcija – taupoma energija ir kyla mažesnė grėsmė sugadinti sistemos elementus.

Trūkumai:

Atsakymo daugiavariantiškumas – nustatytas kampas $\angle x^\circ$ gali būti teisingas du kartus - $\angle x^\circ$, arba $\angle x^\circ + 180^\circ$;

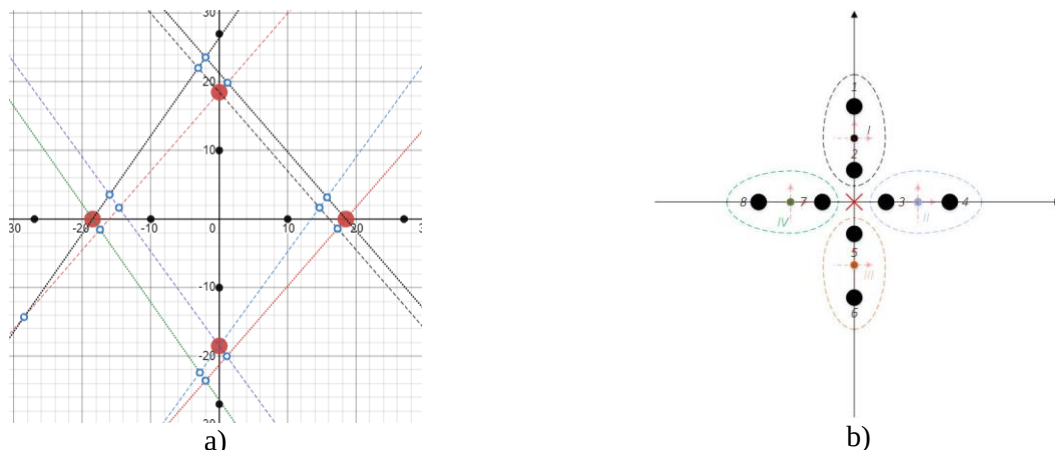
Negalima nustatyti atstumo iki taikinio.

Modifikuotas fazių skirtumo metodas

Aukščiau aptarti RF siųstuvo paieškos metodai neatitinka lūkesčių. Modifikuoto fazių skirtumo metodo antenų matrica pateikta 3 paveikslėlyje (a). Antenų matricą sudaro keturios fazių skirtumus matuojančios antenų poros. Antenos yra išdėstytos ant koordinačių plokštumos ašių, jų pozicijos pažymėtos juodais taškais. Tarpanteniniai taškai – vidurio taškai tarp antenų porų – raudonais taškais. Paveiksle matomos po dvi

punktyrines linijos, susikertančias kiekviename tarpantenyje. Tai – tarpantenio linijų poros. Tarpantenio linijų poros nurodo keturias galimas taikinio buvimo kryptis iš tarpantenio taško. Balti taškai su mėlynu apvažu yra tarpantenio linijų porų susikirtimo vietos.

3 paveikslėlio dešinėje pusėje (b) pateikiama antenų ir AP (antenų porų) numeracija. Kaip matyti, pirma ir antra antenos sudaro pirmą AP, trečia ir ketvirta – antrą AP, penkta ir šešta – trečią AP, septinta ir aštunta – ketvirtą AP. Svarbu paminėti, jog pirma AP yra dislokuota ant nulinės arba ataskaitinės ašies – tai ašis, nuo kurios skaičiuojamas AoA kampas. Raudonas x simbolis žymi konstrukcijos geometrinį centrą. Antenų matricos veikimo laukas yra dalinamas į ketvirčius geometrinio centro atžvilgiu. Koordinačių plokštumą galima išvesti ir iš kiekvieno tarpantenio; paveiksle tai atlikta rausvos spalvos rodyklėmis.



3 pav. Fazių skirtumo metodas, naudojant aštuonias antenas
Šaltinis: sudaryta autorių

Šio metodo esmė – rasti tarpantenio linijų porų susikirtimo taškus. Metodas remiasi fazometrų pateikiamais skirtumais tarp dviejų fazių. Tie skirtumai negali viršyti 90° . Tam, jog būtų gautas AoA kampas, fazių skirtumo kampą įrašoma į lygtį (1):

$$\theta = \sin^{-1} \frac{\lambda \Delta \varphi}{2\pi s}, \quad (1)$$

čia λ – bangos ilgis, m., $\Delta \varphi$ – fazių skirtumas, s – atstumas tarp antenų, m. Vienas iš būdų surasti tarpantenio linijų porų kampus – naudoti šias pozicijas: θ , $180 - \theta$, $180 + \theta$, $360 - \theta$.

Tarpantenio linijų porų kampus galima rasti ir kitu metodu - brėžiant linijas, kertančias tarpantenio tašką. Pirmam tarpanteniiui naudojamos lygtys (2,3):

$$y_{12f} = \operatorname{tg}(a) x + 18,5; \quad (2)$$

$$y_{12s} = \operatorname{tg}(180 - a) x + 18,5, \quad (3)$$

čia a – pirmo tarpantenio AoA kampas; y_{12f} – pirma atkarpa, kertanti pirmą tarpantenį; y_{12s} – antra atkarpa, kertanti pirmą tarpantenį.

Antrajam tarpanteniiui naudojamos lygtys (4, 5):

$$y_{34f} = \operatorname{tg}(b) x - 18,5; \quad (4)$$

$$y_{34s} = \operatorname{tg}(180 - b) x - 18,5, \quad (5)$$

čia b – antro tarpantenio AoA kampas; y_{34f} – pirmoji atkarpa, kertanti antrąjį tarpantenį; y_{34s} – antroji atkarpa, kertanti antrąjį tarpantenį.

Trečiajam tarpanteniiui naudojamos lygtys (6, 7):

$$y_{56f} = \operatorname{tg}(c) (x + 18,5); \quad (6)$$

$$y_{56s} = \operatorname{tg}(180 - c) (x + 18,5), \quad (7)$$

čia c – trečiojo tarpantenio AoA kampas; y_{56f} – pirmoji atkarpa, kertanti trečiąjį tarpantenį; y_{56s} – antroji atkarpa, kertanti trečiąjį tarpantenį.

Ketvirtajam tarpanteniiui naudojamos lygtys (8, 9):

$$y_{78f} = \operatorname{tg}(d) (x - 18,5); \quad (8)$$

$$y_{78s} = \operatorname{tg}(180 - d) (x - 18,5), \quad (9)$$

čia d – ketvirtjo tarpanteninio AoA kampas; y_{78f} – pirmoji atkarpa, kertanti ketvirtąjį tarpantenį; y_{78s} – antroji atkarpa, kertanti ketvirtąjį tarpantenį. Visais atvejais 18,5 – tai atstumas (cm) nuo geometrinio detektoriaus centro iki tarpantenio vidurio taško.

Toliau ieškomi tarpantenio linijų porų susikirtimo taškai (24 galimi susikirtimai) (1 lentelė).

Galimi susikirtimai

	y12f	y12s	y34f	y34s	y56f	y56s	y78f	y78s
y12f			x	x	x	x	x	x
y12s			x	X	x	x	x	x
y34f					x	x	x	x
y34s					x	x	x	x
y56f							x	x
y56s							x	x

Šaltinis: sudaryta autorių

Kiekvienas jų (1 lentelė) aprašomas lygtimi (10-34):

$$y_{12f} | y_{34f} = \left(\frac{-18,5*2}{tg(a)-tg(b)}, tg(a) * \left(\frac{-18,5*2}{tg(a)-tg(b)} \right) + 18,5 \right) \quad (10)$$

$$y_{12s} | y_{34f} = \left(\frac{18,5*2}{tg(b)-tg(180-a)}, tg(b) * \left(\frac{18,5*2}{tg(b)-tg(180-a)} \right) - 18,5 \right) \quad (11)$$

$$y_{12f} | y_{34s} = \left(\frac{18,5*2}{tg(180-b)-tg(a)}, tg(a) * \left(\frac{18,5*2}{tg(180-b)-tg(a)} \right) + 18,5 \right) \quad (12)$$

$$y_{12s} | y_{34s} = \left(\frac{-18,5*2}{tg(180-a)-tg(180-b)}, tg(180-b) * \left(\frac{-18,5*2}{tg(180-a)-tg(180-b)} \right) - 18,5 \right) \quad (13)$$

$$y_{12f} | y_{56f} = \left(\frac{(tg(c)*18,5)-18,5}{tg(a)-tg(c)}, tg(a) * \left(\frac{(tg(c)*18,5)-18,5}{tg(a)-tg(c)} \right) + 18,5 \right) \quad (14)$$

$$y_{12s} | y_{56f} = \left(\frac{(tg(c)*18,5)-18,5}{tg(180-a)-tg(c)}, tg(c) * \left(\frac{(tg(c)*18,5)-18,5}{tg(180-a)-tg(c)} + 18,5 \right) \right) \quad (15)$$

$$y_{34f} | y_{56f} = \left(\frac{(-18,5*tg(c))-18,5}{tg(c)-tg(b)}, tg(b) * \left(\frac{(-18,5*tg(c))-18,5}{tg(c)-tg(b)} \right) - 18,5 \right) \quad (16)$$

$$y_{34fs} | y_{56f} = \left(\frac{(-18,5*tg(c))-18,5}{tg(c)-tg(180-b)}, tg(c) * \left(\frac{(-18,5*tg(c))-18,5}{tg(c)-tg(180-b)} + 18,5 \right) \right) \quad (17)$$

$$y_{12f} | y_{56s} = \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))+18,5}{tg(180-c)-tg(a)}, tg(a) * \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))+18,5}{tg(180-c)-tg(a)} \right) + 18,5 \right) \quad (18)$$

$$y_{12s} | y_{56s} = \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))+18,5}{tg(180-c)-tg(180-a)}, tg(180-a) * \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))+18,5}{tg(180-c)-tg(180-a)} \right) + 18,5 \right) \quad (19)$$

$$y_{34f} | y_{56s} = \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))-18,5}{tg(180-c)-tg(b)}, tg(b) * \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))-18,5}{tg(180-c)-tg(b)} \right) - 18,5 \right) \quad (20)$$

$$y_{34s} | y_{56s} = \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))-18,5}{tg(180-c)-tg(180-b)}, tg(180-b) * \left(\frac{(-18,5*tg(180-c))-18,5}{tg(180-c)-tg(180-b)} \right) - 18,5 \right) \quad (21)$$

$$y_{12f} | y_{78f} = \left(\frac{(18,5*tg(d))+18,5}{tg(d)-tg(a)}, tg(a) * \left(\frac{(18,5*tg(d))+18,5}{tg(d)-tg(a)} \right) + 18,5 \right) \quad (22)$$

$$y_{12s} | y_{78f} = \left(\frac{(18,5*tg(d))+18,5}{tg(d)-tg(180-a)}, tg(180-a) * \left(\frac{(18,5*tg(d))+18,5}{tg(d)-tg(180-a)} \right) + 18,5 \right) \quad (23)$$

$$y_{34f} | y_{78f} = \left(\frac{(18,5*tg(d))-18,5}{tg(d)-tg(b)}, tg(b) * \left(\frac{(18,5*tg(d))-18,5}{tg(d)-tg(b)} \right) - 18,5 \right) \quad (24)$$

$$y_{34s} | y_{78f} = \left(\frac{(18,5*tg(d))-18,5}{tg(d)-tg(180-b)}, tg(180-b) * \left(\frac{(18,5*tg(d))-18,5}{tg(d)-tg(180-b)} \right) - 18,5 \right) \quad (25)$$

$$y_{56f} | y_{78f} = \left(\frac{(18,5*tg(d)+18,5*tg(c))}{tg(d)-tg(c)}, tg(c) * \left(\frac{(18,5*tg(d)+18,5*tg(c))}{tg(d)-tg(c)} + 18,5 \right) \right) \quad (26)$$

$$y_{56s} | y_{78f} = \left(\frac{(18,5*tg(d))+18,5*tg(180-c)}{tg(d)-tg(180-c)}, tg(180-c) * \left(\frac{(18,5*tg(d))+18,5*tg(180-c)}{tg(d)-tg(180-c)} + 18,5 \right) \right) \quad (27)$$

$$y_{12f} | y_{78s} = \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5}{tg(180-d)-tg(a)}, tg(a) * \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5}{tg(180-d)-tg(a)} \right) + 18,5 \right) \quad (28)$$

$$y_{12s} | y_{78s} = \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5}{tg(180-d)-tg(180-a)}, tg(180-a) * \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5}{tg(180-d)-tg(180-a)} \right) + 18,5 \right) \quad (29)$$

$$y_{34f} | y_{78s} = \left(\frac{(18,5*tg(180-d))-18,5}{tg(180-d)-tg(b)}, tg(b) * \left(\frac{(18,5*tg(180-d))-18,5}{tg(180-d)-tg(b)} \right) - 18,5 \right) \quad (30)$$

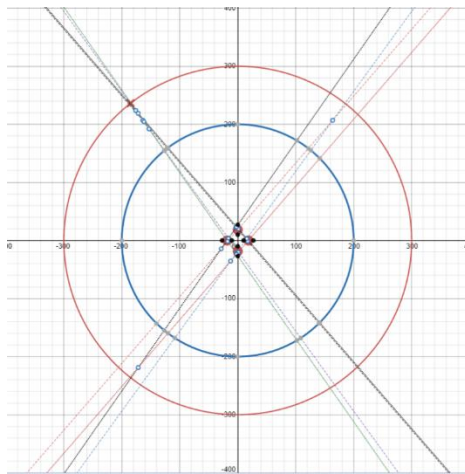
$$y_{34s} | y_{78s} = \left(\frac{(18,5*tg(180-d))-18,5}{tg(180-d)-tg(180-b)}, tg(180-b) * \left(\frac{(18,5*tg(180-d))-18,5}{tg(180-d)-tg(180-b)} \right) - 18,5 \right) \quad (31)$$

$$y_{56f} | y_{78s} = \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5*tg(c)}{tg(180-d)-tg(c)}, tg(c) * \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5*tg(c)}{tg(180-d)-tg(c)} + 18,5 \right) \right) \quad (32)$$

$$y_{56s} | y_{78s} = \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5*tg(180-c)}{tg(180-d)-tg(180-c)}, tg(180-c) * \left(\frac{(18,5*tg(180-d))+18,5*tg(180-c)}{tg(180-d)-tg(180-c)} + 18,5 \right) \right) \quad (33)$$

a , b , c ir d reikšmės (10-33) gautos parodymus įstačius į 1 lygtį. Užrašus “ $x|y$ ” skaityti taip: “ x linijos kirtimosi su y linija koordinatės”.

Visų skaičiavimų atvaizdavimas pateikiamas grafinio kalkuliatoriaus DESMOS lange (4 pav.) Dekarto koordinatinių sistemoje. Jos centras sutampa su detektoriaus geometrinio centru.



4 pav. Grafinio kalkuliatoriaus DESMOS parodymai

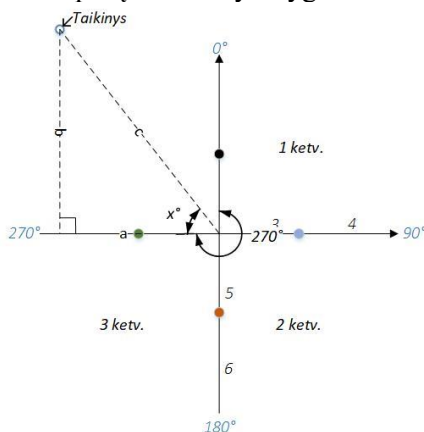
Šaltinis: sudaryta autorių

Tarpanteniai yra pažymėti raudonais taškais. Iš jų išeinančios atkarpos – tarpantenių linijų poros - rodo tikras ir dėl fazometro netobulumo atsiradusias menamas kryptis iki siūstuvo (4 pav.). Mėlynas ir raudonas apskritimai vaizduoja veiklos regioną – plotą, kuriame aptikti taškai laikomi potencialiomis taikinio buvimo vietomis. 4 pav. parodytas veiklos regionas yra ribose nuo 200 iki 300 cm nuo geometrinio centro. Balti taškai mėlynais apvadais žymi linijų susikirtimus. Didelė susikirtimų koncentracija matoma netoli centro. Tai atsitiktinai susidarę taškai, kitaip vadinami parazitininiais. Jie eliminuojami iš skaičiavimų, parenkant regiono pradinį atstumą. Raudonas x simbolis vaizduoja menamą taikinio vietą. Tai 270 cm nutolęs, 323° kampu nuo ataskaitinės ašies pasisukęs objektas. Per jį turi praeiti keturios tarpantenių porų linijos. Matmeniui a esant 49° , b esant 54° , c esant 55° , d esant 49° , matomi penki aplink taikinį išsidėstę mažo tarpusavio sklaidos susikirtimo taškai.

Siekiant tiksliai nustatyti objekto buvimo vietą reikia:

- Eliminuoti iš skaičiavimų parazitinius taškus, esančius arti geometrinio centro;
- Ieškoti koordinatinių ketvirčio su didžiausiu susikirtimo taškų kiekiu;
- Nustatyti taškų grupę su mažiausiu išsisklaidymu;
- Išvesti atrinktų taškų koordinatinių vidurkį;
- Pagal Pitagoro teoremą nustatyti įžambinės ilgį ir kampą tarp I statinio ir įžambinės ($\sin$ teorema).

Taikinio pozicijos nustatymas grafiškai pateikiamas 5 paveikslėlyje. Išvedus vidurkį iš aptiktų potencialių taškų koordinatinių, gaunamas menamas taškas (5 pav. nurodytas pavadinimu “Taikiny”). Jei yra laikoma, kad taškas su abscisių ir ordinačių ašimis sudaro statųjį trikampį, kurio statinių ilgių yra “Taikinio” x ir y koordinatės, tai tokio stačiojo trikampio įžambinė yra lygi atstumui iki taikinio.



5 pav. Taikinio pozicijos nustatymas

Šaltinis: sudaryta autorių

Ižambinė (pagal Pitagoro teoremą) (34):

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}. \quad (34)$$

Taip pat svarbu rasti kampą tarp c ir a (35):

$$\sin x = \frac{b}{c}. \quad (35)$$

Metodo privalumai:

- nejudanti konstrukcija;
- rezultatų invariantiškumas;
- nustatomi tiek atstumas, tiek kryptis.

Trūkumai:

- lėtas darbas dėl būtino didelės apimties skaičiavimų;
- neapibrėžtas atsakymas, kuomet taikiny s ties 0° , 90° , 180° , 270° .

2 lentelė

RF siųstuvo pozicijos nustatymų metodų charakteristikų palyginimas

	Objekto radimo greitis	AoA	Judanti konstrukcija	Vienas teisingas atsakymas
Vienos kryptinės antenos metodas	-	-	+	+
Fazių skirtumo metodas	+	+	-	-
Modifikuotas fazių skirtumo metodas	-	+	-	+

Šaltinis: sudaryta autorių

Matyti, kad RF siųstuvo pozicijos nustatymų metodai turi tam tikrus trūkumus (2 lentelė). Įvertinus, kad esminiai kriterijai efektyviam judančių objektų nustatymui yra kryptiškumo parametras AoA ir pozicijos parametru invariantiškumas, RF siųstuvo aptikimui pasirinktas siūlomas modifikuotas fazių skirtumo metodas. Teigiama, kad, remiantis šiuo metodu, galima sukurti naujos konstrukcijos antenų matricą, kurios dėka bus galima tinkamai detektuoti RF siųstuvą (praktiškai užtikrinti reikiamas aukščiau išvardintas savybes).

RF siųstuvo pozicijos detektoriaus konstrukcija

RF siųstuvą sudarytas iš keturių antenų porų (AP), išdėstytų ant kryžiaus formos pagrindo (6 pav.).



6 pav. RF siųstuvo pozicijos detektoriaus antenų išdėstymas

Šaltinis: sudaryta autorių

Konstrukcinius sprendimus lėmė veiksniai, susiję su sukurtu matematiniu moduliu. Antenų matricą laikančiam pagrindui parinkta kryžiaus forma, nes tai mažiausiai medžiagų reikalaujanti konstrukcija, pajėgi palaikyti antenų išdėstymą. Taip pat nesudėtinga identifikuoti „kryžiaus“ centrą. Detektoriaus „kryžiaus“ sparno ilgis parinktas atsižvelgiant į 433 MHz bangos ketvirčio ilgį – 17,10 cm. Parinktas – 25 cm ilgio sparnas, ant kurio galima išdėstyti antenas 17,10 cm nuotoliu ir turėti bent 5 cm nuo geometrinio centro nutolusias antenų poras.

Ant „kryžiaus“ sparno esančių antenų porų išėjimai yra sujungti su AD8302 fazės detektoriaus modulio įėjimais. Pastarieji fiksuoja antenas pasiekiančio signalo fazių skirtumus, siunčia informaciją į mikrovaldiklį. Pagal gaunamą informaciją yra apskaičiuojama AoA, t.y. kryptis, kuria sklinda signalas. Mikrovaldiklis, atsižvelgęs į gautus skaičiavimus, gali generuoti roboto variklių valdymo signalus, kreipti robotą nustatytos pozicijos link. Tam, kad judėjimas būtų saugus, detektoriuje tikslinga įdiegti kliūčių aptikimo jutiklį.

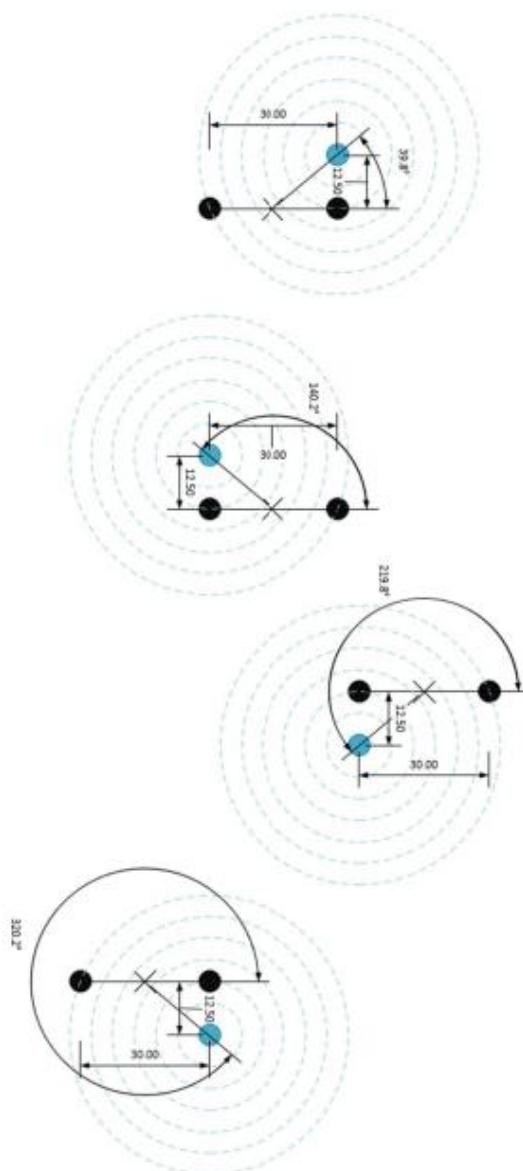
Techniniai tokio RF siųstuvo pozicijos detektoriaus parametrai: maitinimo įtampa – 9 VDC (aukščiausia maitinimo įtampa). Tokį pasirinkimą lemia detektoriuje naudojami matuokliai; siųstuvą, kurį seka prietaisas, taip pat turi būti maitinamas 9 VDC, nes taip kuriamas pakankamai platus antenos spinduliuojamas elektromagnetinis laukas. Darbo dažnis – 433 MHz. Tai – nekomercinis radijo dažnis, kuriam nereikia pirkti patento. Mažiausias siųstuvo aptikimo atstumas – 1 metras. Darbo trukmė – iki 4 valandų. Vartotojo sąsaja –

TFT LCD ekranas. Ekrane nurodoma informacija apie matavimo rezultatus. Garsinis signalas skirtas pranešti apie prietaiso operacijas.

Funkcijos:

- 433 MHz dažnį skleidžiančio siųstuvo krypties radimas;
- elektrinių variklių valdymo signalų generavimas;
- informacijos apie matavimų rezultatus, sustojimo dėl kliūties grafinis pateikimas;
- perspėjamųjų garsinių signalų pateikimas;
- kliūčių aptikimas ir susidūrimo su pašaliniu objektu vengimas.

Jau minėta, kad fazių skirtumo metodo matavimų metu susidaro dvigubas atsakymas - $\angle x^\circ$, ir $\angle x^\circ + 180^\circ$. Tačiau, naudojant AD8302, antras atsakymas susidaro jau $\angle x^\circ + (90^\circ - x)$ taške. Tai yra nulemta AD8302 negalėjimo nustatyti pirmaujančios fazės. Taip susidaro keturi galimi atsakymai, grafiškai paaiškinti 7 paveikslėlyje.



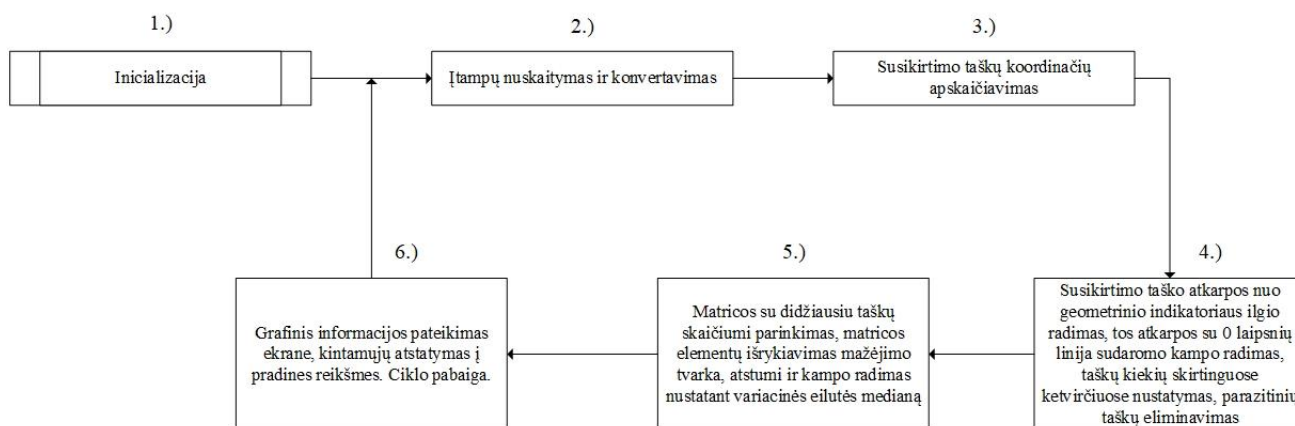
7 pav. Atsakymai, gaunami fazių skirtumo metodu

Šaltinis: sudaryta autorių

Taikinys (mėlynas taškas) suformuoja $39,8^\circ$ AoA kampą tarp savęs ir antenas jungiančios linijos vidurio taško, pažymėto „X“ (7 pav.). Tačiau identiškas atsakymas gaunamas ir tada, kuomet AoA yra $320,2^\circ$. Kadangi fazometras AD8302 negeba nustatyti pirmaujančios arba atsiliekančios fazės, vadinasi, $39,8^\circ$ rezultatas realybėje gali būti atvirkščias - $140,2^\circ$, o $320,2^\circ$ gali būti atvirkščias ir iš tiesų - $219,8^\circ$.

Detektoriaus struktūrinė schema

Struktūrinės schemos grafinis vaizdas išskirstytas į tris atskiras grandines (8 paveikslėlis).



9 pav. Programos žingsniai

Šaltinis: sudaryta autorių

Pagrindiniai programos žingsniai

1. Inicializacija. Nurodomos naudojamos trečiųjų šalių bibliotekos, konstantos, kintamieji, kintamųjų matricos, konstruktoriai, inicializuojama funkcija I2C žinutės perdavimui į motoro ar kitą valdiklį, ryšio užklausos atveju;

2. Įtampų nuskaitymas ir konvertavimas, (trukmė – 40,9 ms). I2C ryšiu iš ADS1115 modulio gaunami 16 bitų įtampos atitikmenys ADK išvaduose A0, A1, A2, A3. Reikšmės konvertuojamos į dešimtainės sistemos skaičius, atitinkančius realias įtampas reikšmes, kurios, savo ruožtu, konvertuojamos į fazių skirtumus. Fazių skirtumai perskaičiuojami į kiekvienos antenų poros AOA.

3. Susikirtimo taškų koordinatinių apskaičiavimas (trukmė – 2,98 ms). Naudojant tangentų lygtis (10 – 33) ir linijų lygtis (2 – 9), nustatomos visų įmanomų susikirtimo taškų koordinatės.

4. Susikirtimo taško atkarpos ilgio, tos atkarpos su 0 laipsnių linija sudaromo kampo, taškų kiekių skirtinguose ketvirčiuose nustatymas, parazitinių taškų eliminavimas (trukmė – 1,8 ms). Menamos atkarpos, einančios nuo geometrinio indikatorius centro iki vieno iš dvidešimt keturių galimų susikirtimo taškų ilgis yra nustatomas naudojant Pitagoro teoremą. Kampas, kuris susidaro tarp tos menamos ir nulinės atkarpos, randamas pagal sinusų teoremą. Taškai į ketvirčių matricas išskirstomi pagal koordinatinių ženklus. Parazitiniai taškai eliminuojami pagal atkarpos ilgio reikšmę, kuri patenka į veikimo zoną.

5. Matricos su didžiausiu taškų skaičiumi parinkimas, matricos elementų išrykiavimas mažėjimo tvarka, atstumo ir kampo nustatymas, įvertinus variacinės eilutės medianą (trukmė – 8 μs). Ankstesniame žingsnyje, skirstant taškus į ketvirčius, papildomai buvo užfiksuotas kiekvieno ketvirčio potencialių taškų kiekis. Šie kiekiai palyginami tarpusavyje. Identifikuojama matrica, turinti daugiausia narių. Su ta matrica atliekamos tolesnės operacijos. Matricos nariai išrikiuojami mažėjimo tvarka, taip sukuriant atstumų ir kampų variacines eilutes. Nustatomos eilučių medianos. Tai ir yra galutiniai rezultatai.

6. Grafinis informacijos pateikimas ekrane, kintamųjų atstatymas į pradinės reikšmes. Ciklo pabaiga. Naudojant trečiųjų šalių bibliotekų komandas, informacija pateikiama grafiniu būdu ekrane. Atstatomos kintamųjų pradinės reikšmės, kad naujajame skaičiavimų cikle nebūtų iškraipomi rezultatai. Ciklas kartojamas.

Programos optimizavimas

Verta pažymėti, kad programa sugeneruoja daug perteklinių duomenų. Matematiniai veiksmai (1 – 5 žingsniai), užtrunka apie 0,045688 s. Daugiausiai sugaištama skaičiuojant parazitinius taškus, kurie vėliau yra eliminuojami. Pertekliniai duomenys padeda ieškant klaidų programos veikime, suteikia daugiau duomenų gilinantis į įrenginio veikimą esant netipinėms situacijoms. Tačiau papildomi skaičiavimai sulėtina gaminio ciklo laiką, užima daugiau atminties.

Norint optimizuoti kodą, svarbu koreguoti šiuos aspektus:

- Mažinti skaičiavimų kiekį 2-e žingsnyje. 16 bitų pavertimą į AoA galima atlikti vienos lygties pagalba ir bus išvengiama duomenų perrašymo į dvi papildomas matricas.
- Stebėti ribinių atvejų modeliavimą; kai kuriais jų dviejuose ketvirčiuose susidaro simetriškas taškų išsidėstymas. Simetriją tikrinanti paprogramė turėtų eliminuoti tolesnius skaičiavimus, susietus su tais ketvirčiais, nes yra žinoma, kad juose taikinio nėra.
- Dažniausiai keturi arba penki mažo tarpusavio išsisklaidymo taškai parodo ketvirtį, kuriame yra taikiny. Vadinasi, jei programa yra radusi keturis arba penkis potencialius taškus ketvirtyje, likusius skaičiavimus galima praleisti.

- Taško koordinatų nustatymo lygtyse atliekama daug atimties ir geometrijos veiksmų. Dažnai jie kartojasi. Yra žinoma, kad mikrovaldikliai atimtį atlieka neefektyviai laiko atžvilgiu, trigonometrinėms funkcijoms taip pat reikia daug papildomų ciklų. Siekiant sumažinti šių procesų neigiamą įtaką skaičiavimų apimčiai, tikslinga dažnai pasikartojančias atimties ir trigonometrinių funkcijų skaičiavimo dalis perkelti prieš 3-jį žingsnį.

Parinktas variacinės eilutės ir medianos metodas daugeliu atvejų yra patikimas. Šis metodas, lyginant su vidurkio skaičiavimu, yra tikslesnis, nes apsaugo nuo taško „paklydėlio“ (yra tame pačiame ketvirtyje, kaip ir pagrindinė taškų grupė, bet daug tolimesnis) įtakos. Bet neverta atmesti atvejo, kai šis taškas išties gali būti variacinės eilutės mediana.

Suprojektuoto prietaiso testavimas ir derinimas

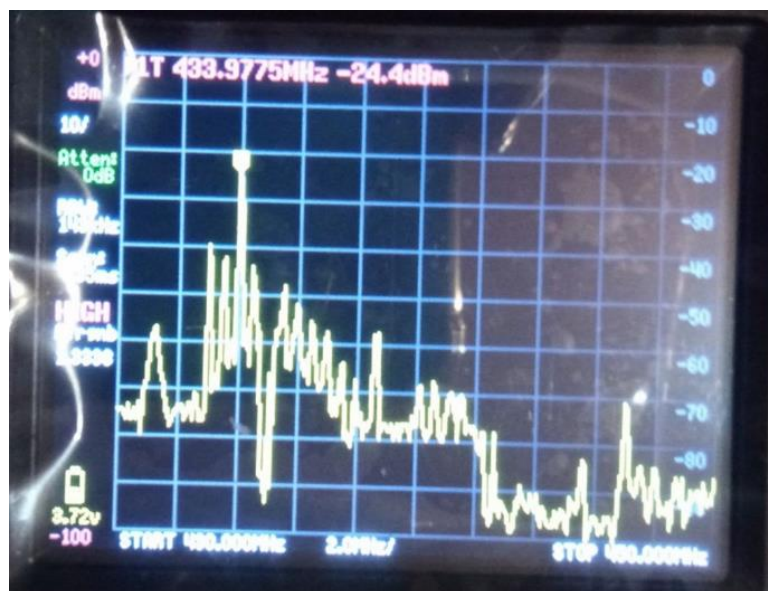
433MHz siųstuvo, naudoto sistemos derinimui, vaizdas pateikiamas 10 paveikslėlyje.



10 pav. 433MHz dažnio ASK radijo modulis [21]

Naudojamas RF siųstuvo modulis yra 433 MHz dažnio AM tipo. Siųstuvo galia siekia 10 mW, arba 10 dBm. Galia svyruoja priklausomai nuo maitinimo įtampos, kuri gali kisti nuo 3 V iki 12 V. Siekiant, kad modulis generuotų 433 MHz nemoduliuotą nešlį, į jo DATAir VCC įėjimus paduodama 9V įtampa. GND išvadas prijungiamas prie maitinimo šaltinio žemės.

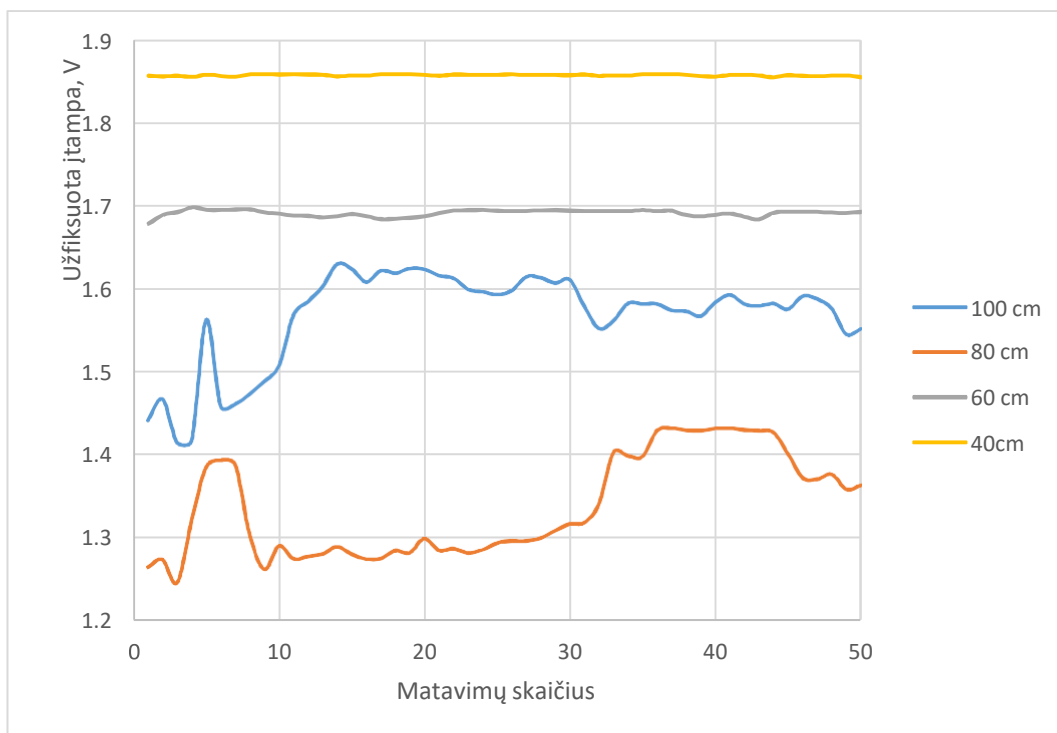
Imtuvo, nutolusiame nuo siųstuvo 1 m atstumu, signalo stiprumo nustatymui jo įėjimo taške yra naudojamas spektro analizatorius tinySA, kurio darbinis diapazonas yra nuo 240 MHz iki 960 MHz. Tarp antenos ir spektro analizatoriaus yra įjungiamas stiprintuvas. tinySA ekrano parodymai pateikiami 11 paveikslėlyje.



11 pav. Spektro analizatoriaus tinySA parodymai, siųstuvui nutolus per 1 metrą

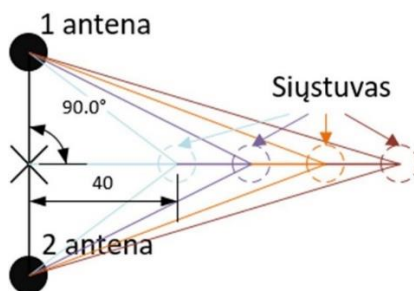
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 11 pav. Matyti, kad spektro analizatoriaus įėjime susidaro -24,4 dBm dydžio 433,98 MHz dažnio vyraujantis signalas. Signalas atitinka reikalavimus, nes viršija -30 dBm lygį – fazometro jautrumo ribą. Artimiausios trukdžių signalo dedamosios nesiekia -30 dBm ribos.



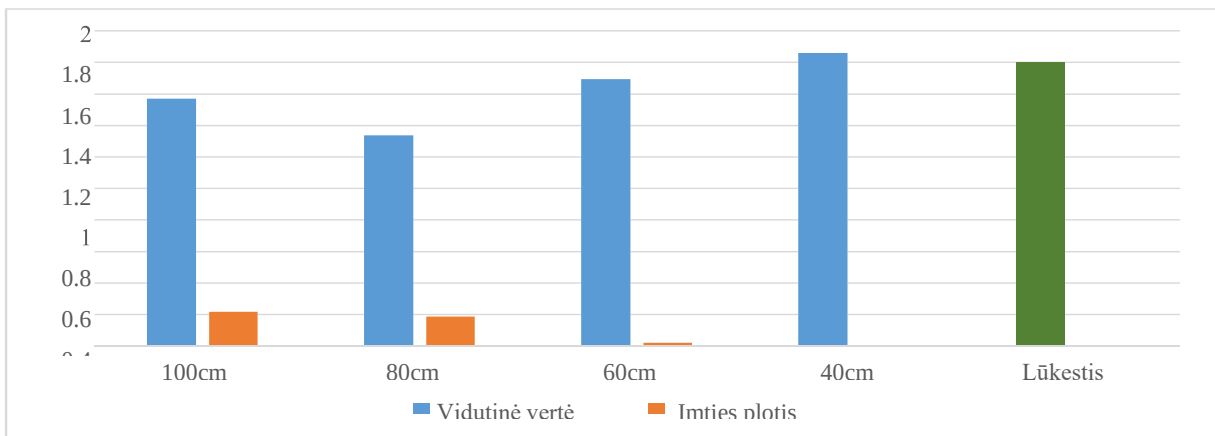
12 pav. Įtampos pastovumo išlaikymas, esant skirtingiems nuotoliams tarp siųstuvo ir detektoriaus
Šaltinis: sudaryta autorių

Derinant sistemą, svarbu yra nustatyti, ar nekintant sąlygoms (pvz. atstumui tarp detektoriaus ir siųstuvo), įtampos, nurodančios fazių skirtumą, VPHS reikšmė išlieka pastovi. Tam atliekamas šis matavimas: siųstuvas yra pozicijoje, vienodai nutolusioje nuo abiejų antenų, ir yra nutolęs nuo detektoriaus centro per 40 cm, 60 cm, 80 cm ir 100 cm (įrangos išdėstymas pateikiamas 13 paveikslėlyje). VPHS buvo matuojama ADS1115 ir ARDUINO MEGA pagalba, 0,5 s laiko intervalais.



13 pav. Siųstuvo antena, sudaranti lygiašonį trikampį su imtuvo antenomis
Šaltinis: sudaryta autorių

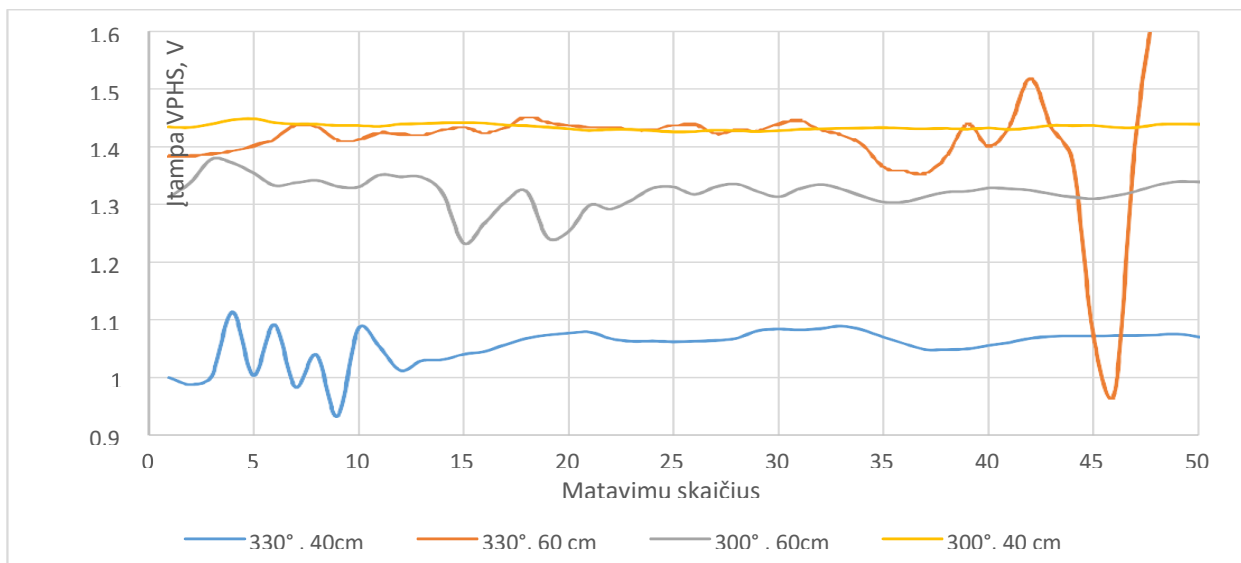
Atliekant šį matavimą, fazių skirtumas turi nekisti. Tikėtina, kad įtampos vidutinės reikšmės išliks vienodos visais atvejais. Matavimo duomenys (vidurkiai ir imčių dydžiai) pateikiami 14 paveikslėlyje. Įtampa beveik nekinta 40 ir 60 cm atvejais. Skirtumas tarp didžiausios ir mažiausios jos verčių išlieka sąlyginai mažas – atitinkamai, 0,0039 V ir 0,0197 V. 80 cm ir 100 cm atvejais įtampos pokyčiai yra ženkliai didesni – imties plotis, atitinkamai, yra 0,1863 V ir 0,2154 V. Vidurkių reikšmės nėra lygios: 40 cm - 1.8580 V, 60 cm - 1.6913 V, 80 cm - 1.3369 V, 100 cm - 1.5670 V. Matoma, jog įtampa kinta keičiantis atstumui (14 pav.). Tai nepageidautinas, lūkesčio neatitinkantis veiksnys.



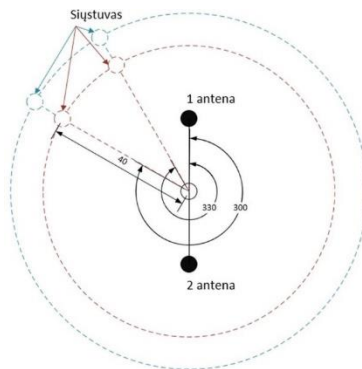
14 pav. Matavimo metu gautų įtampų VPHS vidutinės vertės ir imčių dydžiai
Šaltinis: sudaryta autorių

Matuojama įtampa VPHS, siųstuvui esant skirtinguose kampuose. Siekiama nustatyti, ar įtampa mažėja judant aplink antenų matricą. Gaunami rezultatai pateikiami 15 paveikslėlyje.

Šiuo matavimu siekiama patikrinti, ar, judant pagal laikrodžio rodyklę, nuo pradinio matavimo taško iki taško $\pi/2$, 40 cm ir 60 cm spinduliu, įtampa kris nuo 1,8 V iki 0,9 V. Tokius lūkesčius diktuoja AD8302 charakteristika: pradiniam matavimo taške fazių skirtumas turi būti $\sim 0^\circ$, VPHS siekiant 1,8 V. Apskritimo taške $\pi/2$ įtampa turi siekti 0,9 V, nes, antenoms esant vienoje tiesėje ir nutolus per $\lambda/4$, susidaro 90° fazių skirtumas. Tikėtina, kad imties dydis nesvyruos daugiau negu 0,02 – 0,03 V.

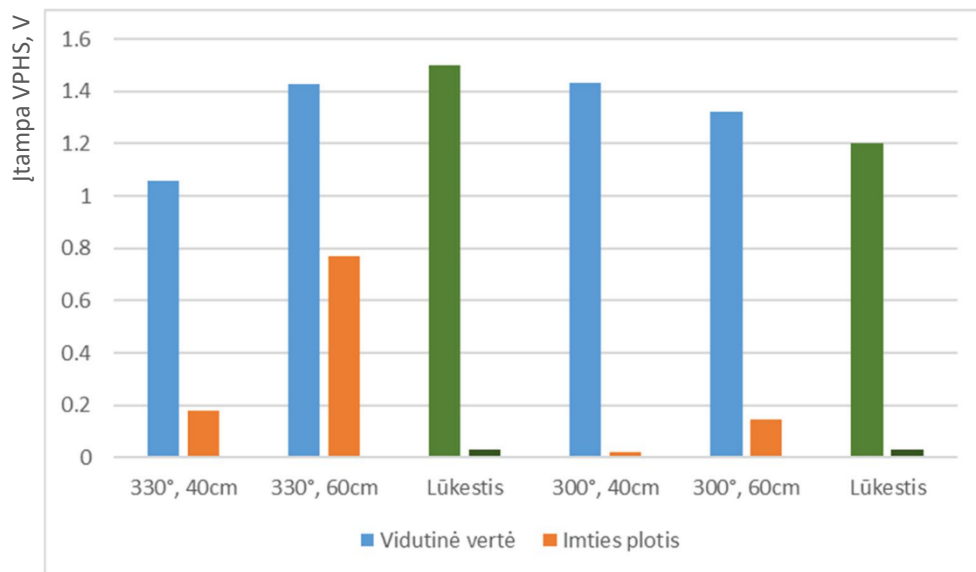


15 pav. Įtampos pokyčiai, esant skirtingiems atstumams ir skirtingiems AoA kampams
Šaltinis: sudaryta autorių



16 pav. Siųstuvo pozicija antenų poros atžvilgiu, jam esant ties 330-uoju ir 300-uoju azimuto laipsniu
Šaltinis: sudaryta autorių

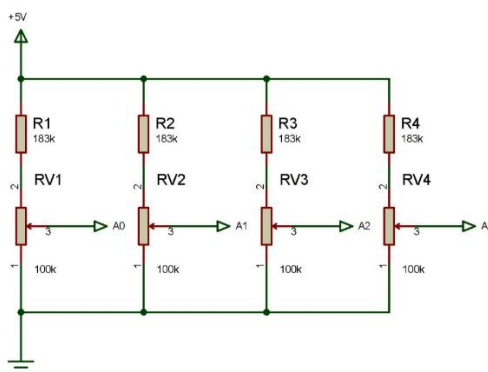
330° azimuto taške, 40 cm atstumo atveju įtampos vidurkis siekia 1.0568 V, imties plotis - 0.1809 laipsnius. Tai rezultatai, kurie neatitinka tikrovės: jų išsisklaidymas 14 kartų didesnis, negu užsibrėžtas. 330° azimuto taške, 60 cm atstumo atveju įtampos vidurkis siekia 1.4298 V. Dydis atitinka lūkesčius, tačiau didelis imties plotis - 0.7714 V parodo, jog tai atsitiktinai gauta reikšmė. Todėl greičiausiai tai yra atsitiktinės reikšmės, nulemtos ne siųstuvo, bet trukdžių. Matuotų įtampų vidurkiai ir imties dydžiai pateikiami 17 paveikslėlyje.



17 pav. VPHS įtampų vidurkiai ir imties pločiai, esant skirtingoms pozicijoms azimute
Šaltinis: sudaryta autorių

Remiantis šiais matavimais, galima teigti, jog gaminiui parinkta įranga nėra pakankamai tiksli matuoti AoA ir atstumą iki taikinio. Tikėtina, jog matavimo netikslumai yra lemiami triukšmų arba visakrypčių antenų tarpusavio rezonanso. Todėl detektorius su jam iškeltais funkcionalumo reikalavimais negali būti sukurtas.

Likusių gaminio mazgų funkcionalumas yra įrodomas ryšio priėmimo grandinę pakeičiant įtampos dalikliu, kuriuo būtų galima parinkti fazometro charakteristikas atitinkančias įtampos vertes. Įtampos daliklio, skirto imituoti fazometro reikšmes, elektrinė schema pateikiama 18 paveikslėlyje.



18 pav. Įtampos daliklis
Šaltinis: sudaryta autorių

Antenų tarpusavio rezonansas, priimamų signalų dažnius ir amplitudes iškraipantis reiškinys, susidaro, kuomet antenos viena nuo kitos yra nutolusios per mažesnę, nei vienas bangos ilgis, atstumą (prietaiso atveju antenos yra nutolusios per 1/4 bangos ilgio). Rezonanso tarp antenų reiškinys slopinamas naudojant rezonatorius. Vienas jų – trūkčio žiedo rezonatorius [22].

Išvados

1. Sukurtas modifikuotas fazių skirtumo metodas, pagrįstas kryptiškumu ir pozicijos parametrų invariantiškumu. Šis metodas papildė jau esančių autonominio valdymo metodų grupę.

2. Taikinio pozicijos nustatymui parinktas variacinės eilutės ir medianos metodas daugeliu atvejų yra patikimas, nes, lyginant su vidurkio skaičiavimu, yra tikslesnis, ir apsaugantis nuo taško „paklydėlio“ įtakos.

3. Detektoriaus prototipo testavimas atskleidė, tiriant fazometro pateikiamos įtampos (VPHS) priklausomybę nuo siųstuvo pozicijos pokyčio, jog didelės imties VPHS pokytis vyksta netgi siųstuvui išliekant toje pačioje pozicijoje. Šie VPHS duomenys yra chaotiški ir jų neįmanoma panaudoti siųstuvo pozicijai rasti. Tokį nepastovumą gali lemti fazės priėmimo grandinėje susidarantys triukšmai (pvz., stiprintuvo). Kita galima priežastis – antenų tarpusavio rezonansas.

4. Tęsiant Rf siųstuvo pozicijos detektoriaus kūrimą, siūloma integruoti rezonansą mažinančius elementus.

Literatūra

1. A comprehensive study for robot navigation techniques. [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2019.1632046>
2. AD8302 Amplitude Phase RF Detector Module IF 2.7GHz Phase Detection for Ham Radio Amplifiers Board for Arduino. reklaminis katalogas; [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: https://www.aliexpress.com/item/32915820872.html?spm=a2g0o.search0304.0.0.69c5de57FXFz5X&algo_pvid=9cdebcb3-b9eb-4ae9-89d5-5e0a0d129230&algo_exp_id=9cdebcb3-b9eb-4ae9-89d5-5e0a0d129230-0
3. An Introduction to Radio Direction Finding. [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: <https://www.alarisantennas.com/blog/an-introduction-to-radio-direction-finding/>
4. Indoor positioning system – edukacinis straipsnis; [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_positioning_system
5. Įstatymas „DĖL ERGONOMINIŲ RIZIKOS VEIKSNIŲ TYRIMO METODINIŲ NURODYMŲ PATVIRTINIMO“; priedas „ERGONOMINIŲ RIZIKOS VEIKSNIŲ KLASIFIKACIJA IR MATAVIMO METODIKOS“ [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.260443?jfwid=bkaxm1kb>
6. Phase interferometry direction finding – pateiktis; [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: <https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-101012-211424/unrestricted/DirectionFindingPresentation.pdf>
7. Robot navigation – edukacinis straipsnis; [žiūrėta 2022. 01. 10]. Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Robot_navigation
8. „RF SIŪSTUVO IR IMTUVO RINKINYS 433MHz bevieliam ryšiui“ – pateiktis prekybos kataloge; [žiūrėta 2022. 05. 19]. Prieiga per internetą: <https://rcl.lt/products/abrf433-rf-siustuvo-ir-imtuvo-rinkinys-433mhz-bevieliam-rysiui>
9. „SPLIT RING RESONATOR (SRR) STRUCTURE WITH PLANAR ANTENNAS“ – schema iš mokslinio straipsnio; [žiūrėta 2022. 12. 15]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/figure/Split-Ring-Resonator-SRR-structure-with-planar-antennas_fig1_321841560

RF TRANSMITTER POSITION DETECTION POSSIBILITIES FOR CONTROLLING A MOVING OBJECT

Summary

The article examines the possibility of realizing a detector for detecting a radio signal (RF) transmitter in a closed environment. The phase difference method, which is based on the RF transmitter search system, is analyzed, and its modification is also proposed. The arrangement of the antenna array is discussed, the basic geometry equations of the antenna arrangement are drawn up. It is proposed to use four pairs of antennas to estimate the direction of signal propagation. AD8302 phase meter module for measuring phase differences is introduced. Testing of the detector prototype revealed some interferences in its phase reception circuits, which create errors in the calculations (dispersion index 14 times higher). This VPHS data is chaotic and cannot be used to find the position of the transmitter. Such instability can be caused by noises generated in the phase receiving circuit (e.g. amplifier). Another possible reason is resonance between the antennas. The authors provide some insights to address existing gaps, i.e. using of the resonance reducing elements.

Key words. Transmitter Position Detector, RF, Indoor Positioning, AoA.

APSAUGOS JUTIKLIŲ IR LINIJOS GEDIMŲ EKVIVALENTINIŲ SCHEMŲ ANALIZĖ

Arminas Gružas, Skirmantas Adomavičius

Kauno Technikos Kolegija, Elektronikos technikos studijų programa

Anotacija

Apsaugos signalizacijos sistema šiuo metu yra neatsiejama buities dalis. Elektroninė apsaugos sistema neleidžia nesankcionuotai patekti į patalpą, ją saugo, signalizuoja apie artėjanti/įvykusį neleistiną veiksmą saugomoje teritorijoje ar ištikusią avariją. Visų svarbiausia, ši signalizuojanti sistema įvykus nelaimingam incidentui, praneša apie tai apsaugos/priešgaisrinėms institucijoms. Studijuojant ar montuojant apsaugos sistemas, gedimo paieška yra svarbi tokių sistemų supratimui. Siekiant išsiaiškinti gedimo priežastis ir rasti sprendimo būdą, reikia, pirmiausia, išmanyti gedimo nustatymo galimybes. Tuo tikslu darbe aptartas apsaugos sistemų jutiklio veikimo principas ir pagal nuoseklaus jutiklio jungimo schemą (nurodyta „Jutiklio linijos prijungimas“ skyrelyje) sukurta jų veikimo imitavimo grandis, naudinga „Apsaugos ir gaisrinių sistemų“ praktinių darbų atlikimu.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Apsauga, sistema, grandis, signalizacija, schema.

Išvadas

Daugeliu atvejų, montuojant apsaugos signalizacijos sistemas, pasitaiko gedimų. Dažniausi jų – linijos gedimai. Analoginėse grandinėse gedimų ar klaidų aptikimas įvyksta, kai sistema nuskaityta tam tikros sujungtos grandinės vertę ar talpą. Šiuo atveju dauguma apsaugos valdiklių naudoja EOL rezistorius (dažniausiai anglies sudėties), įrenginių nuskaitymui ir gedimų aptikimui. Atlikinėjant praktinius darbus su mokomuoju apsaugos signalizacijos stendu, galima į jį integruoti imitavimo grandines su grandinei reikalingais komponentais.

Sukurta grandinė, apžvelgiama „Gedimo imitavimo schemos sudarymas“ skyrelyje, imituoja linijos gedimo arba tam tikrą apsaugos jutiklio suveikimo skiltį, kurios gedimas yra imituojamas. Šis būdas gali leisti besimokančiam asmeniui greičiau ir efektyviau perprasti ne tik paties jutiklio suveikimo principą, bet ir išmanyti su juo susijusius gedimus ir, svarbiausia, greičiau išsiaiškinti, kuris iš jutiklių neveikia tinkamai. Taip pat nustatant kurioje skiltyje yra gedimas, galima daug greičiau išspręsti problemą. Prieš pradėdant gilintis į imitavimo grandinę, tikslinga apžvelgti apsaugos signalizacijos valdiklio veikimo sistemas: jutiklius ir jų veikimo principus, jutiklio linijos prijungimo specifiką, galimą apsaugos valdiklio funkcijų nuskaitymą ir aptikimo būdą.

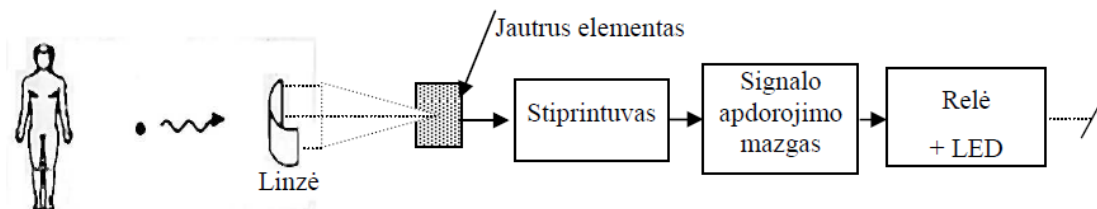
Apsaugos signalizacijos valdiklis ir jo veikimo sistema

Sistema susideda iš siunčiamo signalo, kuris dažniausiai analoginėse sistemose dviejų laidinių gyslų pagalba siunčiamas į signalizacijos valdiklio („centralės“) įėjimus (angl. „Zone Input“). Nuolatinį signalą siunčia jutikliai. Šie sujungimo linijomis ir tam tikra elektronine grandine praneša apie situaciją patalpoje signalizacijos valdikliui. Būtent š pagrindinė programuojama (parametrizuojama) dalis apsaugos sistemose atlieka budinčio „sargų“ vaidmenį. Valdiklį galima susikongigūruoti pagal patalpos savininko poreikius. Apsaugos sistemos turi labai platų pasirinkimą pagal signalizacijos veikimo funkcijas. Analoginis valdiklis priima signalą NO – normaliai atviru kontaktu ir NC – normaliai uždaru kontaktu, kurio reikšmės signalizacijos sistemose aptiriamos „Apsaugos signalizacijos jutikliai ir jų veikimo principas“ skyrelyje.

Apsaugos signalizacijos jutikliai ir jų veikimo principas

Jutikliai – įrenginiai, kurie sugeba stebėti saugomą aplinką ir praneša apie jos pakitimus. Apsaugos jutiklių suveikimo metu išėjimo signalas yra vienodas, reikia suprasti, kaip veikia patys paprasčiausi ir dažniausiai patalpose naudojami jutikliai.

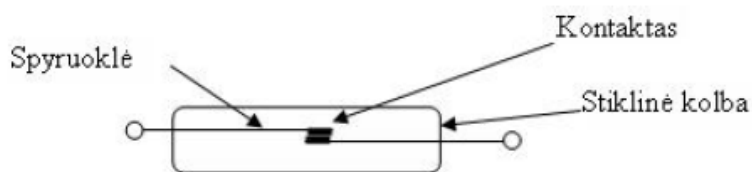
PIR (piroelektriniai) judesio jutikliai, kurie fiksuoja greitus IR (infraraudonųjų) spindulių lygio pokyčius. Struktūrinė veikimo schema parodyta 1 paveikslėlyje. Judesio jutikliai turi linzę, kuri formuoja jutiklio matymo lauką; šis laukas, aptinkamas jautriu elementu kintant IR spinduliams, generuoja elektros signalą, kuris vėliau siunčiamas į stiprintuvą, tada į signalo apdorojimo mazgą. Sugeneravęs signalą, mazgas siunčia (dažniausiai) analoginį signalą NC (normaliai uždaro kontakto) relėi. Suveikimo metu relės išėjimas pasidaro NO (normaliai atviro kontakto). Tada šis jutiklio išėjimo signalas perduodamas į anksčiau minėtą signalizacijos valdiklį.



1 pav. Judesio jutiklio struktūrinė veikimo schema

Šaltinis: Pleskas S. Mokomoji knyga „Elektroninės saugos sistemos“

Magnetiniai kontaktai – herkoniniai kontaktai kartu su magnetu, kurie daugiausiai yra naudojami apsaugos signalizacijose, norint stebėti daikto padėties būseną. Korpusas parodytas 2 paveikslėlyje. Herkono kontakto jutiklį sudaro viduje esantis stiklinis korpusas su dviem feromagnetinėmis spyruoklėmis, kurių kontaktų galai paausuoti. Kai magnetas toli (apie 3 – 4 cm), kontaktas - atsijungęs, tai yra NO, o kai magnetas priartėja, tie kontaktai susijungia ir atsiranda NC.



2 pav. Magnetinio kontakto korpusas

Šaltinis: Pleskas S. Mokomoji knyga „Elektroninės saugos sistemos“

Taigi, jutikliai praneša apie pakitimus sudaromais kontaktais (NC ar NO) signalo išėjimo skiltyje. Šie dažniausiai jungiami su išėjimo kontaktu dvejomis laidų gyslomis. Jutikliai leidžia signalizacijos valdikliui suprasti:

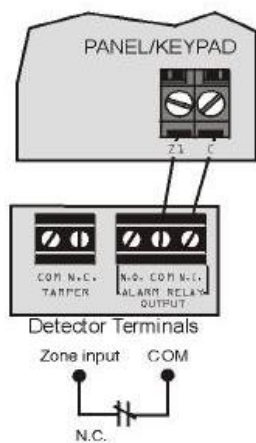
1. NO – stebimoje patalpoje yra užfiksuotas pakitimas, įjungtoje objekto apsaugoje aptiktas neleistinas judesys, magnetinio kontakto jutikliuose – durys/langai atviri;
2. NC – stebimoje patalpoje neužfiksuotas pakitimas, įjungtoje objekto apsaugoje – nepastebėtas neleistinas judesys, magnetinio kontakto jutikliuose – durys/langai uždari.

Jutiklio linijos prijungimas

Aptarti jutikliai, nepriklausomai nuo jų gamintojo, „bendrauja“ su įvairiausiais signalizacijos gamintojų valdikliais. Jų jungimo schemas dažniausiai yra identiškos. Jutikliai, apart magnetinio kontakto, turi tam tikrus jų veikimui reikalingus nurodymus. Jutiklio prijungimo kontaktai pateikti 9 ir 10 paveikslėliuose. Jutiklių prijungimo prie linijos vietoje dažniausiai sutinkami kontaktai yra:

1. „+ -“ – įvardijama jutiklio maitinimo (maitinimo įtampa priklauso nuo jutiklio bei valdiklio gamintojo) kontaktų prijungimo vietos;
2. „Tamper“ – įvardijama „Tamper“ kontakto prijungimo vieta. Tai trikdys, kuris neleidžia atidaryti jutiklio ar kito įrenginio, nepranešus sistemos valdikliui. Atidarius jutiklį, sistema iš karto įsijungia į avarinį režimą, nepriklausomai ar apsaugos sistema yra tuo metu įjungta/išjungta;
3. NC arba NO – jutiklio signalo būsenos išėjimo kontaktų prijungimo vieta.

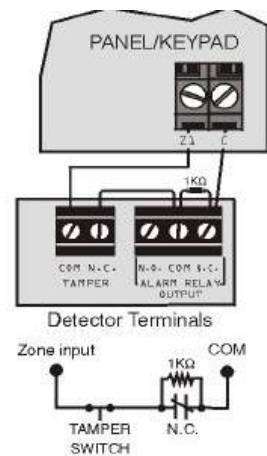
Jutiklių prijungimui prie linijos naudojama anksčiau minėto „Paradox“ gamintojo deklaruojama jungimo schema. Verta paminėti, kad jungimo schemoje yra naudojami rezistoriai, kitaip dar apsaugos sistemose vadinami EOL (linijos pabaigos rezistoriaus laidai). Jie skirti signalizacijos sistemos „Tamper“ trikdžio grandinei stebėti, taip pat aptikti ir nuskaityti jutiklio funkcionavimą arba gedimą. Jų skirtingas vertes nustato valdiklių gamintojai ir šios vertės pateiktos valdiklio dokumentacijoje. Tikslinga išskirti dažniausiai pasitaikančias jutiklio signalo prijungimo schemas (3, 4 pav.). Čia PANEL - valdiklis ir jo įėjimo prijungimo kontaktai, Detector Terminals - jutiklio išėjimo prijungimo kontaktai.



3 pav. Jutiklio prijungimo schema Nr.1

Šaltinis: Autorius – „Paradox industries“

<https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalerio/Paradox/Magelan/MG5000/MG5000SP6000.pdf>



4 pav. Jutiklio prijungimo schema Nr.2

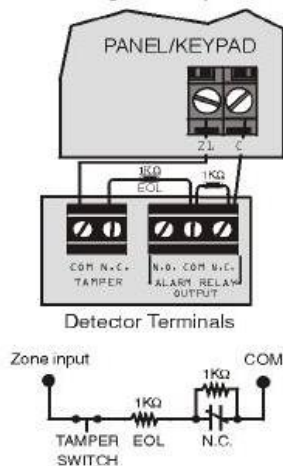
Šaltinis: Autorius – „Paradox industries“

<https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalerio/Paradox/Magelan/MG5000/MG5000SP6000.pdf>

Pirmoji jungimo schema skirta judesio stebėjimo funkcijos realizavimui. Sujungiamos dvi laidinės gyslos pagal 3 pav. nurodytą schemą lygiagrečiai su NC relės išėjimo kontaktais. Schema yra viena iš paprasčiausių, todėl neturi „Tamper“ ir linijos gedimo nustatymo funkcijos.

Antroji jungimo schema atlieka judesio stebėjimo ir „Tamper“ atpažinimo funkciją. Prijungus 1000 Ω rezistorių (4 pav.), signalizacijos valdiklis atpažįsta suveikusį trikdį ir iš karto reaguoja pranešdamas apie neleistiną veiksmą. Ši schema yra patikimesnė ir labiau rekomenduojama, nes turi apsaugos signalizacijos įrenginiui naudingą trikdžio funkciją.

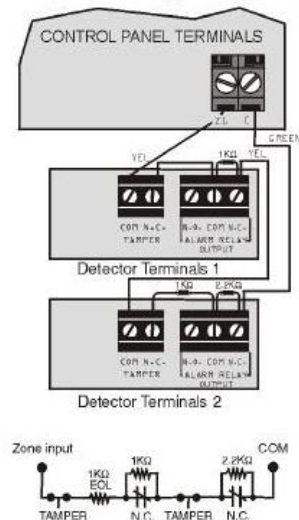
Trečioji jungimo schema skirta judesio stebėjimo, „Tamper“ trikdžio, linijos gedimo atpažinimo funkcijoms. Pagal nurodymus prijungiami du 1000 Ω ir 2200 Ω rezistoriai (5 pav.), kurių pagalba valdiklio programinė sistema gali atlikti jau minėtas funkcijas.



5 pav. Jutiklio prijungimo schema Nr.3

Šaltinis: Autorius – „Paradox industries“

<https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalerio/Paradox/Magelan/MG5000/MG5000SP6000.pdf>



6 pav. Jutiklio prijungimo schema Nr.4

Šaltinis: Autorius – „Paradox industries“

<https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalerio/Paradox/Magelan/MG5000/MG5000SP6000.pdf>

Ketvirtoji jungimo schema (4 pav.) yra naudojama, norint sujungti du jutiklius, turinčius tokias pat dvi laidines gyslas. Ji atlieka identiškas funkcijas, kaip ir trečioji jungimo schema. Naudojami trys rezistoriai - 2 po 1000 Ω ir vienas 2200 Ω - kurių pagalba valdiklio programinė įranga gali aptikti ir priskirti jutiklius į skirtingas zonas.

Apsaugos valdiklio funkcijų nuskaitymo ir aptikimo būdas jutikliams

Aprašomas trečiosios jungimo schemos funkcijų nuskaitymo ir aptikimo būdas. Kaip jau buvo minėta anksčiau (nurodyta „Jutiklio linijos prijungimas“ skyrelyje), analoginėse grandinėse valdiklis nuskaityto jutiklio funkcijas naudojamų rezistorių vertėmis.

Funkcijų aptikimui būdai dažniausiai būna trys:

1. Kai sistema veikia tinkamai ir judesio jutiklis yra suaktyvintas (pakitusioje būsenoje), signalizacijos valdiklis nuskaityto 2200 k Ω varžą, nes naudojami dveji 1000 Ω nominalo rezistoriai. Valdiklis interpretuoja ir informuoja per kompiuterinę programą arba valdymo pultą, kad zona yra atvira, joje užfiksuotas judesys, bet trikdys nėra suveikęs bei nėra linijos gedimo klaidos. Gedimo atveju, jei sistemos veikimas yra testuojamas ir patalpoje nėra įvykusio judesio, sistema leidžia suprasti, jog judesio jutiklio NC kontaktuose yra gedimas.

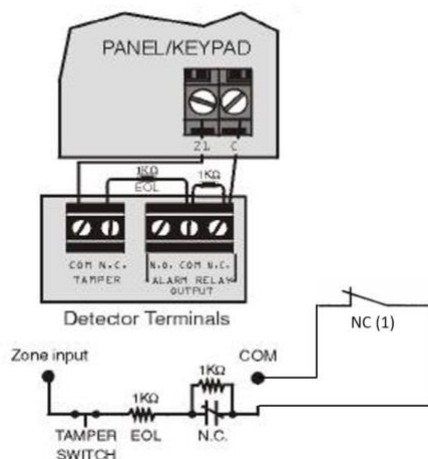
2. Jei judesio jutiklis nėra suaktyvintas, o yra savo įprastoje NC būsenoje, valdiklis nuskaityto 1000 Ω varžą, kompiuterinės programos dėka arba per valdymo pultą vartotojas yra informuojamas, jog zona yra nepakitusi, jokių neleistinų judesių nėra užfiksuota, vėlgi trikdys nėra suveikęs, taip pat neaptiktas linijos gedimas.

3. Jeigu aktyvuojamas „Tamper“ trikdys, valdiklis nuskaityto arti 0 Ω varžą, kas reikštų NO, sistema siunčia pranešimą į kompiuterinę programą arba valdymo pultą, pranešdama apie „Tamper“ funkcijos suaktyvinimą, interpretuojant tai kaip įsibrovimą. Gedimo atveju, jei sistemos veikimas yra testuojamas ir patalpoje esančio jutiklio niekas neaktyvavo (neatidarė jo korpuso), sistema informuoja, jog valdiklis nemato ryšio su jutikliu ir yra aptiktas linijos gedimas. Taip pat, jeigu įvyksta linijos gedimas, kas nutinka, pavyzdžiui: netyčiniu atveju nupjovus laidus, sistema informuoja apie linijos gedimą arba „Tamper“ funkcijos klaidą. Tačiau, jei „Tamper“ funkciją turintis jutiklis yra nepalietas ir sujungtas teisingai, sistema padeda montuotojui suprasti, kad problema yra linijoje (kabelyje).

Gedimo imitavimo schemos sudarymas

Žinant, kaip veikia apsaugos sistemose naudojami jutikliai, kaip vyksta jų funkcionalumo nuskaitymas galima gilintis į sudarytą jų gedimo imitavimo grandinę. Norint sudaryti imitavimo schemą, kuri padėtų mokymosi tikslams, atliekant praktinius darbus su apsaugos sistemomis, naudoti galima „NC“ (normaliai uždaro kontakto) tipo jungiklius arba rėles.

Pirmas imitavimas – linijos gedimo imitavimas (nurodyta „7 pav.“ paveikslėlyje). „NC (1)“ gedimo imitavimo jungiklio pirmas kontaktas prijungiamas prie paskutinio jutiklio „NC“ kontakto, kartu su „EOL“ varža, kuri normaliu atveju jungiama į „COM“ (bendrą) valdiklio kontaktą, kitas „NC (1)“ jungiklio kontaktas jungiamas į valdiklio „COM“ kontaktą. Šiuo principu nuspaudus jungiklio „NC“ (normaliai uždarą kontaktą), signalizacijos valdiklis nuskaitys „NO“ (normaliai atvirą kontaktą) ir sistema praneš, kad linijoje yra gedimas, kitaip sakant – kabelyje.



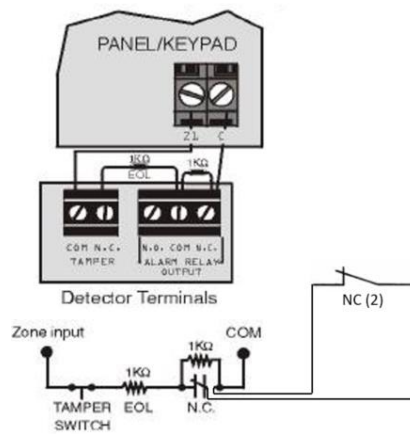
7 pav. Jutiklio linijos gedimo imitavimo schema Nr.3

Šaltinis: „Paradox industries“

<https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalierio/>

[Paradox/Magelan/MG5000SP6000.pdf](https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instalierio/Paradox/Magelan/MG5000SP6000.pdf)

Perdaryta – Gružauskas A



8 pav. Jutiklio gedimo imitavimo schema Nr.3

Šaltinis: „Paradox industries“

[https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalierio/Paradox/Magelan/](https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalierio/Paradox/Magelan/MG5000SP6000.pdf)

[MG5000/MG5000SP6000.pdf](https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalierio/Paradox/Magelan/MG5000SP6000.pdf)

Perdaryta – Gružauskas A

Antrasis imitavimas – jutiklio gedimo imitavimas (nurodyta 8 paveikslėlyje). NC (2) gedimo imitavimo jungiklio pirmasis kontaktas prijungiamas prie paskutinio jutiklio NC kontakto, kitas jungiklio kontaktas

prijungiamas prie 1000 Ω varžos antrojo išvado, tuomet šis sujungimas pasiekia COM valdiklio kontaktą. Šiuo principu nuspaudus NC (2) jungiklį, valdiklis nuskaitys 2000 Ω varžą ir sistema aptiks ir praneš apie atvirą zoną, o tai reikštų judesio jutiklio neveikimą.

Jutiklių būsenos imitavimo metu pranešamos kompiuterinėje programoje arba signalizacijos valdymo pulte. Atlikinėjant praktinius darbus apsaugos signalizacijos stende, sumontavus šias imitavimo grandines, tai būtų lyg „pagalbininkas“, apmokantis dirbti ne tik su apsaugos signalizacijos sistema, jos veikimu ir sujungimu, bet ir kompiuterine programa, skirta valdiklio programavimui (parametrizavimui) ir sistemos veikimo stebėjimui. Tai leis dar labiau praplėsti žinias apie apsaugos sistemas.

Reikalavimai

Aprašomos komponentų rūšys skirtos jutiklių prijungimui prie valdiklio imitavimo grandinės sudarymui. Nurodomos rezistorių vertės, maitinimo įtampos.

1 lentelė

Valdiklio ir jutiklio techniniai reikalavimai

1.	Maitinimo įtampa valdikliui: AC ~230V
2.	Transformatorius valdikliui: AC ~230V/ AC~16V
3.	Maitinimo įtampa jutikliui: DC +12V
4.	Rezistoriai jutikliui: 1000 Ω ; 2200 Ω ;
5.	Signalai: analoginiai
6.	Kabelis 6x0.22mm ²

Šaltinis: Paradox industries

Prieiga per internetą:

<https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalerio/Paradox/Magelan/MG5000/MG5000SP6000.pdf>

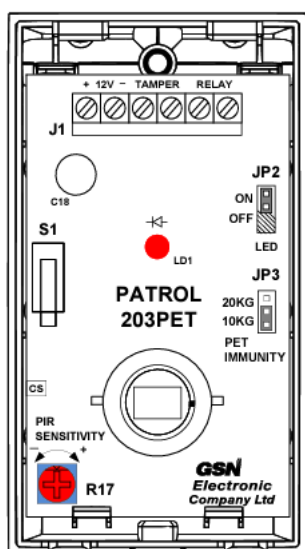
2 lentelė

Imitavimo grandinės techniniai reikalavimai

1.	NC tipo relė
2.	NC tipo jungiklis
3.	Kabelis 4x0.22mm ²
4.	Signalai: analoginiai

Šaltinis: sukurta autorių

Papildomi paveikslėliai



9 pav. Judesio jutiklio montažinė plokštė su komponentais

Šaltinis: „GSN Electronics Ltd“

„GSN Patrol 203PET“ dokumentacija

https://www.spectrabaltic.lt/atsisiuntimui/PATROL-203PET_VER_1_ENG.pdf



10 pav. Judesio jutiklio prijungimo kontaktai

Šaltinis: „GSN Electronics Ltd“

„GSN Patrol 203PET“ dokumentacija

https://www.spectrabaltic.lt/atsisiuntimui/PATROL-203PET_VER_1_ENG.pdf

Išvados

1. Išnagrinėtas NC/NO apsaugos signalizacijos signalo nuskaitymo būdas, pagal kurį jutiklis sugeba pranešti valdikliui apie patalpoje pakitusią būseną.
2. Išanalizuotos 3-jų jutiklių linijų jungimo schemos, aptartas jų panaudojimas ir funkcionalumas. Aptarus schemas, galima daryti išvadą, jog trečioji jungimo schema yra geriausia bei plačiausiai panaudojama, kadangi turi daugiausiai signalizacijos aktyvavimo funkcijų.
3. Įvardintas analoginėse grandinėse naudojamas rezistoriaus verčių nustatymo būdas, pagal kurį valdiklis nuskaityto jutiklio būseną ir trikdžio režimą.
4. Sukurta jutiklio ir jo linijos gedimų imitavimo schema ir pateikti techniniai reikalavimai, jungimo grandinė, kaip šią schemą realizuoti. Grandis pritaikyta trečiajai jutiklio linijos prijungimo schemai, kuri pavaizduotoje perdarytoje schemoje NO (normaliai atviru) kontaktu realizuoja imituojamą jutiklio grandinės nutukimo ar gedimo įvykį.
5. Sukurta grandinė, remiantis „Paradox“ kompanijos signalizacijos valdikliais, tačiau ją nesunkiai galima pritaikyti ir platesnei valdiklių grupei.

Literatūra

1. Ahmad MB, Ahmad MB, Abdullahi AA, Muhammad AS, straipsnis „The Various Types of sensors used in the Security Alarm system“ [Išleista 2019] [žiūrėta 2022-12-12] Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/profile/Usman-Bukar-Usman/publication/340479748_The_Various_Types_of_sensors_used_in_the_Security_Alarm_system/links/5efcfc5792851c52d60d23f1/The-Various-Types-of-sensors-used-in-the-Security-Alarm-system.pdf
2. Bransby M, mokomoji knyga „IEE Control Engineering Series“ [Išleista 2001] [žiūrėta 2022-12-12] Prieiga per internetą: https://books.google.lt/books?hl=lt&lr=&id=exZed9bOhZUC&oi=fnd&pg=PA207&dq=what+is+alarm+system&ots=rBINZKCM1p&sig=wve9bRIGf-ztF0T7Vh_b0kWjrMo&redir_esc=y#v=onepage&q=what%20is%20alarm%20system&f=false
3. GSN Electronics Ltd dokumentacija „GSN Patrol 203PET“ [žiūrėta 2022-12-14] Prieiga per internetą: https://www.spectrabaltic.lt/atsisiuntimui/PATROL-203PET_VER_1_ENG.pdf
4. Pleskas S, mokomoji knyga „Elektroninės saugos sistemos“ [žiūrėta 2022-12-12] Prieiga per internetą: https://eif.viko.lt/media/uploads/sites/5/2015/03/Elektronines_saugos_sistemos_new.pdf
5. Paradox industries. Platintojas – Bkgrupe [žiūrėta 2022-12-13] Prieiga per internetą: <https://bkgrupe.lt/uploads/docs/Apsauga/Instrukcijos/Instalerio/Paradox/Magelan/MG5000/MG5000SP6000.pdf>
6. Melis T, Simeu E, Auvray E, mokomoji knyga „Automatic Fault Simulators for Diagnosis of Analog Systems“ [Išleista 2020] [žiūrėta 2022-12-12] Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9159747>

ANALYSIS ABOUT ALARM SYSTEM SENSORS AND THEIR WIRING LINE'S FAULT IMITATION

Summary

The security alarm system is currently an integral part of the household. The electronic security system prevents unauthorized access to the premises, protects it, signals the impending/occurring unauthorized action in the protected area, or the occurrence of an accident. Most importantly, this signaling system notifies security and fire authorities in the event of an unfortunate incident. When studying, installing security systems, fault finding is an important part. To find out the causes of the failure and find a solution, before that you need to understand and know the methods of determining the failure. This can be done by reviewing the principle of operation of the sensor of security systems and creating simulation circuits according to the sensor connection diagrams to help with practical work, which can later be good practice before carrying out security alarm installation work.

Key words: alarm, signal, system, sensor, simulation.

DI GALIMYBIŲ PANAUDOJIMAS ŽMONIŲ SRAUTO ĮVERTINIMUI

Deividas Rimkus¹, Paulius Tervydis^{1,2}, Rūta Jankūnienė¹

¹Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa, ²Kauno technologijos universitetas

Anotacija

Žmonių kiekio įvertinimas uždaroje patalpoje – labai aktuali problema. Nuspręsta sukurti sistemą, kuri gebėtų atpažinti žmones, remiantis kameros duomenimis. Siekiant maksimalaus tikslumo, pasitelktas dirbtinis intelektas (DI), kuris leidžia klasifikuoti judančius objektus ir taip atskirti žmones nuo kitų judančių objektų. Kaip tinkamiausias pasirinktas žmogaus kontūro atpažinimo DI metodas. Duomenų perdavimui į „debesis“ pasirinkta WiFi duomenų perdavimo technologija. Pasiūlytas programos algoritmas, apsprendžiantis sistemos veikimo logiką. Parašyta programa Python kalba, kurios dėka iš kameros gaunamų vaizdų atpažįstami judantys žmonės. Pagal nustatytas sistemos charakteristikas bei sistemos veikimo algoritmą sudaryta sistemos struktūrinė schema, parinkta elementinė bazė, atlikti testavimo ir derinimo darbai, parengta vartotojo instrukcija. Sistemos projektavimo rezultatai apibendrinti šio straipsnio išvadose.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Dirbtinis intelektas (DI), veido atpažinimas, kontūro atpažinimas, WiFi, Python.

Įvadas

Pandemijos laikotarpiu visame pasaulyje atsirado daugybė naujų ribojimų, vienas tokių – žmonių skaičiaus ribojimas uždaroje patalpoje. Prekybos centrai, verslo uostai, ir kitos uždaroje patalpoje veikiančios viešosios įstaigos riboja žmonių skaičių uždaroje patalpoje. Dažniausiai šiems ribojimams įgyvendinti prie įėjimų paskiriami papildomi darbuotojai, kurių pagrindinės darbo funkcijos yra stebėti ir riboti įeinančių ir išėinančių žmonių srautus. Siekiant tinkamai įgyvendinti darbuotojams pavestas funkcijas yra pasitelkiamos papildomos skaičiavimo priemonės, tokios kaip prekybos krepšelių, žetonų ar kitų išduodamų daiktų politika, kuri susieja įėjusių ir išėjusių žmonių skaičių su išdalinamų ir surenkamų krepšelių, žetonų ar kitų išduodamų daiktų skaičiumi. Taigi išaugus darbo krūviams ir atsiradus žmonių skaičiavimo ir srautų ribojimo įrenginių paklausai vis dažniau diskutuojama apie išmaniųjų technologijų ir technologinių sprendimų integravimą ir panaudojimą žmonių srautams skaičiuoti.

Siekiant sumažinti žmogiškųjų išteklių panaudojimą žmonių srauto ribojimui siūlytina pasitelkti žmonių atpažinimo įrenginių panaudojimą. Pažymėtina, kad šiuo metu šių įrenginių paklausa yra ypač išaugusi, dėl rinkoje esančios mažos pasiūlos, vyrauja aukštos minėtų įrenginių kainos ir mažas prieinamumas.

Dirbtinis intelektas (DI), jo algoritmai vis plačiau taikomi įvairiose mūsų gyvenimo srityse. Labai perspektyvi sritis - DI panaudojimo galimybė žmonių srautų įvertinime, nes DI dėka žmonės būtų tinkamai atpažinti nuo kitų judančių kūnų (pvz., prekybos centro vežimėlių, augintinių ir t.t.). Šie duomenys leistų stebėti situaciją realiu laiku arba pasitarnautų statistinei analizei.

Kadangi šio tyrimo objektas yra žmonių srauto skaitiklis su DI funkcijomis (toliau sistema), būtina nustatyti, kokie inžineriniai sprendimai leistų atpažinti žmones, išlaikant projektuojamos sistemos paprastumą ir kompaktiškumą. Tai ir apsprendė straipsnio struktūrą: apžvelgti judančių objektų atpažinimo metodai, taip pat išanalizuotos duomenų perdavimo bei stebėjimo realiu laiku technologijos, leidžiančios užtikrinti realaus laiko atsaką. Sudarytas programos algoritmas, apsprendžiantis sistemos veikimo logiką. Parašyta programa Python kalba, kurios dėka iš kameros gaunamų vaizdų atpažįstami judantys žmonės. Pagal nustatytas sistemos charakteristikas bei sistemos veikimo algoritmą sudaryta jos struktūrinė schema, parinkta elementinė bazė, atlikti sistemos testavimo ir derinimo darbai, parengta vartotojo instrukcija. Sistemos projektavimo rezultatai aptariami išvadose.

Projektuojamos sistemos pagrindinių funkcijų realizavimo būdų apžvalga ir analizė

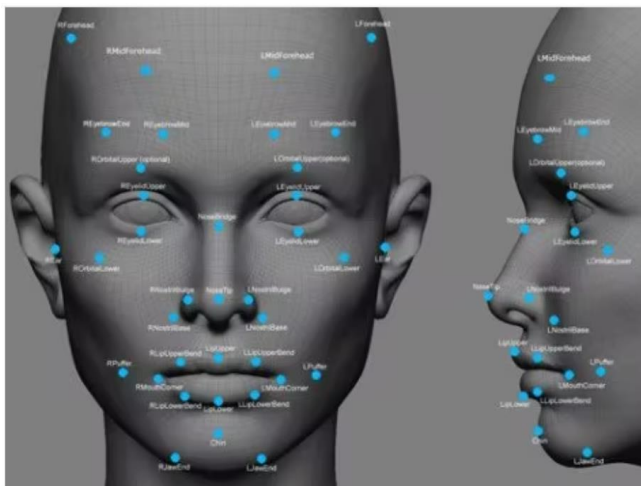
Projektuojamas žmonių srauto skaitiklis gali atlikti ir daugiau funkcijų, tačiau apžvelgiamos tik pagrindinės: objektų atpažinimas ir duomenų perdavimas bei stebėjimas realiu laiku.

Siekiant maksimalaus tikslumo objektų atpažinime būtina įvertinti visus galimus scenarijus, kadangi sistema gali fiksuoti klaidą, t. y. nepastebėti žmogaus arba palaikyti žmogumi negyvą objektą. Tam, kad sistema veiktų ypatingai tiksliai, galima panaudoti dirbtinį intelektą (DI), kuris funkcionuotų tik pagal pasirinktus požymius, būdingus žmogui, ir fiksuotų išskirtinai tik juos. Priešingu atveju atsirastų netikslumai, pvz., jeigu sistema užfiksuotų žmogų prekybos centre, kuris stumia prekių vežimėlį ir šį vežimėlį traktuotų kaip žmogų.

Galimi objektų atpažinimo būdai:

1. **Veido atpažinimas** – tai automatinis skaitmeninių vaizdų, kuriuose yra žmonių veidai, apdorojimas, siekiant identifikuoti ar patikrinti juos, naudojant veido šablonus. Iš esmės, veido atpažinimo sistemos veikimo principą galima būtų suskirstyti į tris žingsnius – veido aptikimą (sistema atpažįsta ir suranda

žmogaus veidą vaizdiniuose ar vaizdo įrašuose), veido fiksavimą (žmogaus veidas, jo veido bruožai yra transformuojami į skaitmeninės informacijos (duomenų) rinkinį) ir veidų atitikimo procesą (šio proceso metu tikrinama, ar du veidai priklauso tam pačiam asmeniui) [9].



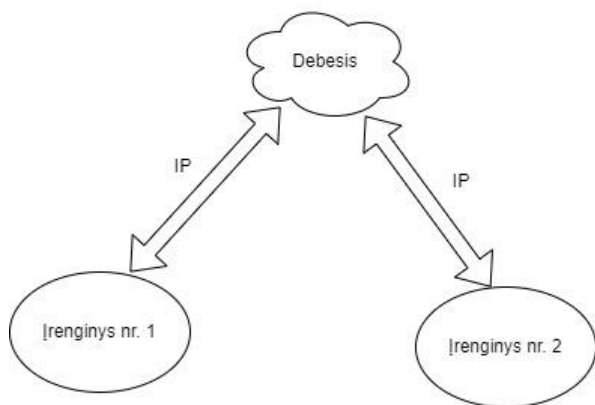
1 pav. Veido atpažinimas [2]

Kontūro atpažinimo būdas pasirinktas kaip labiausiai tinkamas, nes, kai žmonių srautas juda, sistema turi spėti apdoroti daugybę vaizdų vienu metu, taip pat ji turi suspėti užfiksuoti juos. Aktualu tai, kad veido atpažinimas užtrunka gerokai ilgiau negu kontūro atpažinimas. Kitas svarbus aspektas yra tai, kad viešo naudojimo aplinkose kaupti duomenis apie asmenis be jų sutikimo yra draudžiama.

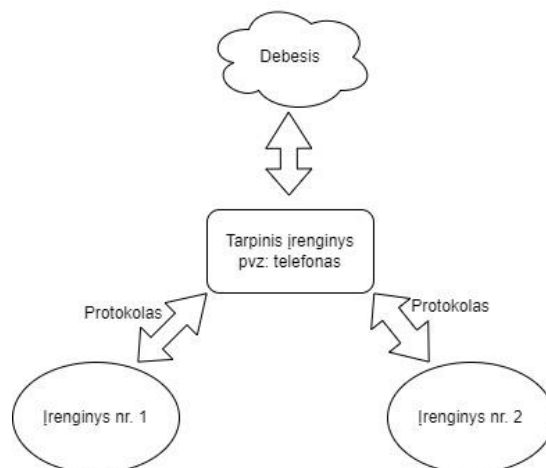
1. Įrenginio komunikavimas su kitu įrenginiu. Tai įrenginių tarpusavio komunikavimo ryšys, kai du ar daugiau įrenginių komunikuoja vienas tarp kito (3 pav.). Jie gali bendrauti įvairiais tinklais, įskaitant IP tinklus ar internetą, tačiau dažniausiai naudoja tokius protokolus kaip Bluetooth, Z-Wave ar ZigBee. Dažniausiai toks komunikavimo būdas naudojamas, kuomet duomenys nėra bendrinami su keliais žmonėmis, o yra susieti tarp nešiojamų įrenginių, kurie palaiko sąsają vienas su kitu.

3 pav. Įrenginio komunikavimo su kitu įrenginiu modelis [8]

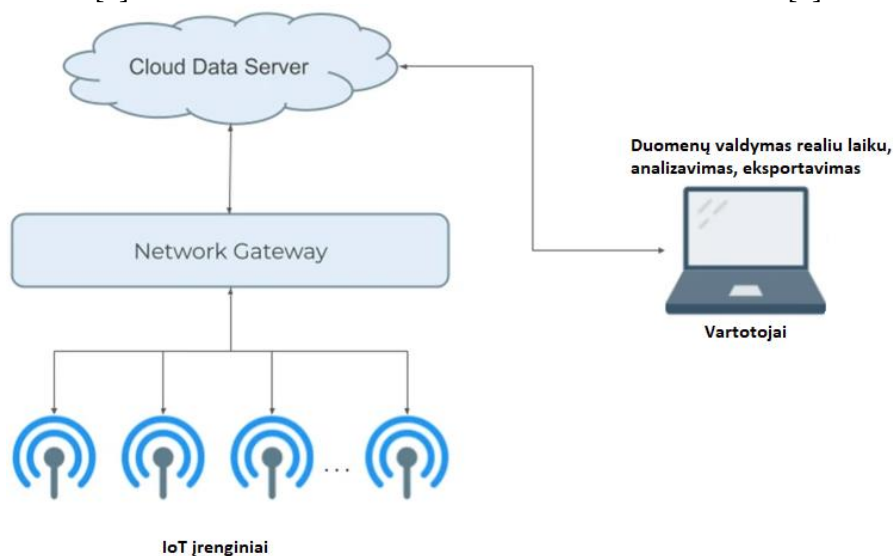
3. Įrenginio komunikavimas per tinklo sąsają. Šiame komunikavimo modelyje (5 pav.) įrenginiai jungiasi prie tarpinio įrenginio, kad galėtų pasiekti „debesies“ paslaugą. Šis modelis dažniausiai apima taikomąją programinę įrangą, veikiančią vietiniame įrenginyje, kuris veikia kaip tarpininkas tarp vartotojo interneto įrenginio ir „debesies“ paslaugos.



4 pav. Įrenginio komunikavimo su debesiu modelis [8]



5 pav. Įrenginio komunikavimo su tinklų sąsaja modelis [8]



6 pav. Duomenų bendrinimo su „debesimi“ paslaugos modelis [7]

Atlikus galimų duomenų perdavimo būdų analizę ir siekiant pasirinkti tinkamiausią duomenų perdavimo būdą, sudaryta lyginamoji lentelė.

1 lentelė

Lyginamoji duomenų perdavimo būdų lentelė

Lyginamos sritys	Duomenų rinkimas	Nuotolinis įrenginio valdymas	Duomenų stebėjimas ir analizavimas realiu laiku
Duomenų perdavimo būdas			
Įrenginio komunikavimas su kitu įrenginiu	-	-	-
Įrenginio komunikavimas su „debesimi“	-	+	-
Įrenginio komunikavimas su tinklų sąsaja	-	+	-
Duomenų bendrinimas su „debesies“ paslauga	+	+	+

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad tinkamiausias duomenų perdavimo būdas – duomenų bendrinimas su „debesies“ paslauga. Taikant šį būdą, fiksuojamus sistemos duomenis būtų galima kaupti ir analizuoti „debesyje“, kas suteiktų pačiai sistemai lankstumo, o vartotojui patogų duomenų stebėjimo būdą.

Sistemos charakteristikos ir struktūrinės schema

Projektuojamai sistemai keliama šie funkciniai reikalavimai:

Maitinimo šaltinis – 12V maitinimo šaltinis, kad sistema visada galėtų veikti sklandžiai. Naudojant įtampos stabilizatorių, bus tiekiamas pastovus maitinimas mikroprocesoriui.

Įtampos stabilizatorius – stabilizatoriaus paskirtis - iš 12V maitinimo šaltinio stabilizuoti pastovią 5V įtampą įrenginio maitinimui. Stabilizatoriaus panaudojimas užtikrina, kad, esant apkrovoms, sistema visada turės maitinimą.

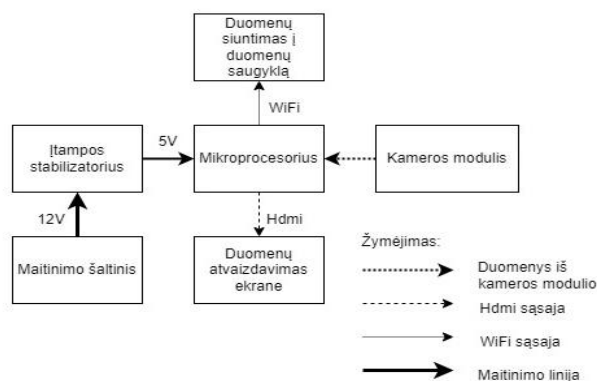
Mikroprocesorius – leis nuskaityti kameros vaizdus ir įvertinti įeinančių ir išeinančių žmonių kiekį, taip pat šis mikrokompiuteris turi „WiFi“ ir „HDMI“ sąsajas, per kurias bus galima perduoti duomenis į duomenų saugyklą ir atvaizduoti juos ekrane.

Duomenų saugykla – tikslinga duomenis kaupti duomenų saugykloje; tai leis juos analizuoti ir stebėti nuotoliniu būdu.

Duomenų atvaizdavimas ekrane – duomenų atvaizdavimas ekrane leis gyvai stebėti įrenginio užfiksuotus rodmenis.

Kameros modulis – kameros modulis perteikia vaizdinę medžiagą iš vietos, kurioje įrengta sistema. Vaizdai iš kameros modulio apdorojami mikrokompiuteryje. Iš apdorotų vaizdų gaunami duomenys, kurie pavaizduojami ekrane ir kaupiami duomenų saugykloje.

Pagal nustatytas sistemos charakteristikas sudaroma jos struktūrinė schema (7 pav.).



7 pav. Projektuojamos sistemos struktūrinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Sistemos elementinės bazės parinkimas

Pagal sudarytą sistemos struktūrą, parenkama jos elementinė bazė. Pasirinktas „Rasberry Pi 3b“ mikrokompiuteris, kaip turintis daugybę funkcijų, reikalingų gaminamos sistemos realizavimui, todėl jo naudojimas sumažina gaminamos sistemos išlaidas. Dėl to išsprendžiamos problemos, susijusios su WiFi sąsaja sistemoje, ir su sistemos gebėjimu veikti pagal sudarytą algoritmą (7 pav.), kadangi, atliekant keletą funkcijų vienu metu, reikalingas didelio galingumo procesorius, kurį turi „Rasberry Pi“ mikrokompiuteris.

Taip pat, naudojantis „Rasberry Pi 3b“, galima panaudoti HDMI sąsają, kuri reikalinga, norint atvaizduoti duomenis ekrane.

Vaizdų fiksavimui naudojamas Pi kameros modulis, kuris su mikrokompiuteriu komunikuoja juostiniu kabeliu. Tokio kameros modulio naudojimas pravartus tuo, kad galima įsigyti aukštos kokybės kamerą už prieinamą kainą.

LM7805 – tai pagrindinis komponentas, kuris naudojamas stabilizavimo grandinėje. Naudojant LM7805 įtampos reguliatorių, įtampa stabilizuojama ir tampa pastovi, dėl ko galima tiekti pastovią 5V įtampą mikrokompiuteriui.

LM7812 – siekiant turėti 12V įtampos maitinimo šaltinį, buvo pasirinktas LM7812 įtampos reguliatorius. Sistemos maitinimui buvo pasirinktas 12V maitinimo šaltinis tam, kad būtų galima stabilizuoti pastovią 5V įtampą mikrokompiuteriui ir taip pat panaudoti 12V šaltinį korpuso ventiliavimui. Tam buvo suprojektuota atskira jungtis ventiliatoriui, kuri aušintų korpusą traukdama orą iš aplinkos į korpusą. Maitinimo šaltinio pagrindiniai komponentai yra LM7812 įtampos reguliatorius ir 2955 tranzistoriai.

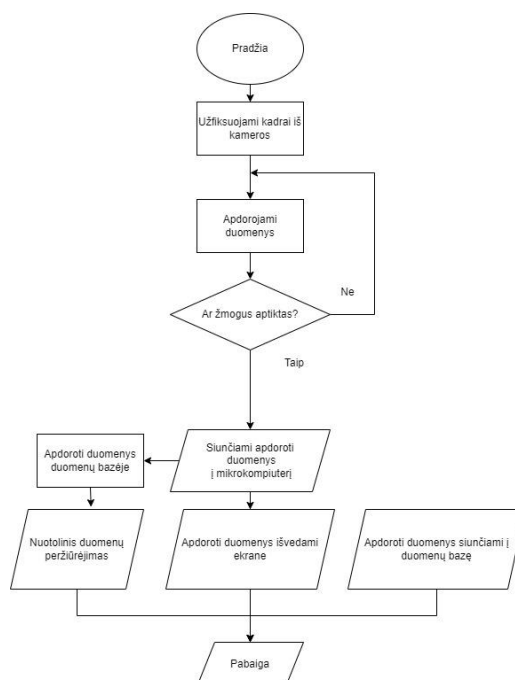
Sistemos techninis aprašas

Žmonių srauto skaitiklis tai sistema, panaudojanti dirbtinį intelektą, kuri atpažįsta žmones ir skaičiuoja žmonių srautą, kirtusį virtualią liniją, ir surinktus duomenis atvaizduojanti ekrane bei kaupianti duomenų bazėje.

Sistemos specifikacija: vaizdo raiška – 720/1080p, kamera – 5 megapikselių plataus kampo matymo, stebėjimo kampas - 130 laipsnių, matavimo atstumas – 2-3 m, tvirtinimo aukštis – 2,5- 3 m, maitinimas – 230 V 12/5V 2A.

Programos algoritmo sudarymas

Programos algoritmas (8 pav.) sudarytas taip, kad mikrokompiuteryje paleidus programinį kodą, programa iš gaunamų vaizdų iš kameros modulio atpažintų įeinančius ir išeinančius iš pastato žmones.



8 pav. Projektuojamos sistemos programos veikimo algoritmas

Šaltinis: sudaryta autorių

Apdoroti duomenys pavaizduojami ekrane ir siunčiami į duomenų saugyklą, iš kurios galima juos stebėti nuotoliniu būdu.

Prietaiso (sistemos) testavimas ir derinimas

Atlikti testai, siekiant išsiaiškinti ar sistema atpažįsta žmogaus kūno kontūrą (9 pav.).



9 pav. Įrenginio testavimas

Šaltinis: sudaryta autorių

Sekančiu etapu buvo tiriama ar sistema geba suskaičiuoti aptiktus žmones. Pritvirtinus įrenginį prie lubų, buvo imituotas žmonių srautas, judantis pro kameros fiksuojama plotą ir įsitikinus, kad sistema geba skaičiuoti sąlyginai lėtai judantį žmonių srautą, buvo pereita prie kito etapo: žmonių srautas buvo stebimas ne iš realaus laiko kameros, o iš vaizdo įrašo, siekiant įsitikinti, ar sistema gali veikti (atpažinti žmones) net ir esant dideliame žmonių srautui.

Atlikus anksčiau išvardintus testavimo etapus, pastebėta, kad, jei sistema veikia pagal pasiūlytą algoritmą, labai apkraunamas jos mikrokompiuterio procesorius, dėl ko pradeda kilti pastarojo temperatūra ir paties įrenginio veikimas pradeda trikti. Sumontavus papildomus aušimo ventiliatorius įrenginio korpuse, įrenginys geba atsiaušinti.

Išvados

1. Pagrindiniai suprojektuotos žmonių srauto skaičiavimo sistemos parametrai: vaizdo raiška – 720/1080p, 5 megapikselių plataus kampo matymo kamera, 130 laipsnių stebėjimo kampas, 2-3 m matavimo

atstumas, 2,5- 3 m tvirtinimo aukštis, 230V 12/5V 2A maitinimas. Sistemos prototipui artimiausias analogas yra „HPC008“, nes jame naudojama įmontuota į įrenginį vaizdo stebėjimo kamera, skirta žmonių aptikimui.

2. Suprojektuota sistema turi įdiegtą objektų atpažinimo funkciją, realizavus žmogaus kontūro atpažinimo metodą DI. Sistemai buvo parašyta speciali programinė įranga (*Phyton*).

3. Surinkti duomenys vaizduojami ekrane bei kaupiami duomenų bazėje. Tinkamiausias duomenų perdavimo būdas į duomenų bazes - duomenų bendrinimas su „*debesies*“ paslauga dėl suteikiamo lankstumo ir patogaus duomenų stebėjimo būdo (per interneto naršyklę).

4. Pasirinktas Raspberry Pi 3b+ kompiuteris, turintis galimybę komunikuoti su kameros moduliui ir gebantis vaizdą HDMI jungties pagalba pateikti į pasirinktą išvestį.

5. Atlikus sistemos testavimą, nustatyta, jog labai apkraunamas sistemos mikrokompiuterio procesorius, dėl ko jis pradeda kaisti. Tikslinga šią problemą šalinti, sumontavus papildomus aušinimo ventiliatorius įrenginio korpuse arba tobulinant pačios sistemos algoritmą.

6. Sudaryta vartotojo instrukcija ir sistemos techninis aprašas. Siekiant pagerinti sistemos efektyvumą, rekomenduojama naudoti didesnės atminties mikrokompiuterį.

Literatūra

1. Contour Detection using OpenCV (Python/C++). 2021. [žiūrėta 2021-12-11]. [Interaktyvus] <https://learnopencv.com/contour-detection-using-opencv-python-c/>
2. Face Detection using Raspberry Pi and Smartphone. 2021. [žiūrėta 2021-12-11]. [Interaktyvus] <https://www.hackster.io/keval-doshi/face-detection-using-raspberry-pi-and-smartphone-19f1f2>
3. HPC008 Camera People Counting. 2021. [žiūrėta 2021-11-28]. [Interaktyvus] https://www.peoplecounter.cn/hpc-camera-people-counting-545.html?gclid=CjwKCAiAhreNBhAYEiwAFGGKPKJAIZok4mZUC1k4y8LDSdzKsCR0fdvPovyarEUXGf9Onx35HbcSHRoCbVsQAvD_BwE
4. HX-HE2 Infrared wifi visitor counters / people counting system. 2021. [žiūrėta 2021-11-28]. [Interaktyvus] https://www.alibaba.com/product-detail/Counters-People-HX-HE2-Infrared-Wifi_1600307631982.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.7c1640c8Qga8MC&s=p
5. Micromu Infrared People Counting System/ Customer Counter/Retail People Counter. 2021. [žiūrėta 2021-11-28]. [Interaktyvus] <https://micromutech.en.made-in-china.com/product/lwFtdOYUfRrD/China-Micromu-Infrared-People-Counting-System-Customer-Counter-Retail-People-Counter.html>
6. Raspberry Pi 4B / 3B+ 5 megapikselių plataus kampo naktinio matymo kamera su 15 cm kabeliu. 2021. [žiūrėta 2021-11-27]. [Interaktyvus] <https://www.anodas.lt/raspberry-pi-4b-3b-5-megapikseliu-priartinimo-plataus-kampo-naktinio-matymo-kamera-su-15-cm-kabeliu>
7. Role of Artificial Intelligence in the Internet of Things (IoT) cybersecurity. 2021. [žiūrėta 2021-12-12]. [Interaktyvus] <https://link.springer.com/article/10.1007/s43926-020-00001-4>
8. THE FOUR INTERNET OF THINGS CONNECTIVITY MODELS EXPLAINED. 2021. [žiūrėta 2021-12-12]. [Interaktyvus] <http://www.inetservicescloud.com/the-four-internet-of-things-connectivity-models-explained/>
9. Veido atpažinimo technologijos – europietiško požiūrio formavimo procesas. 2021. [žiūrėta 2021-12-11]. [Interaktyvus] <https://www.teise.pro/index.php/2021/02/28/veido-atpazinimo-technologijos-europietisko-poziuoro-formavimo-procesas/>

DI POSSIBILITIES FOR PEOPLE FLOW ASSESSMENT

Summary

Estimating the amount of people in closed rooms is a very relevant. The system designed uses camera and artificial intelligence (AI) method of human contour recognition and calculate the flow of people. It also displays the collected data on the screen and stores them in the database. Main system parameters: video resolution - 720/1080p, 5-megapixel wide-angle camera, 130 degree viewing angle, 2-3 m measuring distance, 2.5-3 m mounting height, 230V 12/5V 2A power supply. Data transmission for the system being designed is sharing data with a "cloud" service due to the flexibility provided to the system and a convenient way of monitoring data (via an Internet browser). WiFi data transmission technology is chosen for data transmission to the "cloud". The closest analogue to the system prototype is the HPC008, as it uses a video surveillance camera built into the device, so it must be mounted on a ceiling or bracket to record people from above. A program algorithm is proposed, which determines the logic of the system's operation. A program is written in *Python*, thanks to which moving people are recognized in the images received from the camera. According to the established system characteristics and the system operation algorithm, the system structural diagram was drawn up, the elemental base was selected, testing and tuning of the system was performed, and the user manual was prepared. The results of the system design are summarized in the conclusions of this article.

Key words: Artificial Intelligence (AI), Face Recognition, Contour Recognition, WiFi, Python.

TALPINIO JUTIKLIO PANAUDOJIMAS VANDENS LYGIO MATAVIMUI

Edvinas Norvilas, Darius Kybartas

Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa

Anotacija

Vandens lygio matavimas naudojant talpinius jutiklius nėra naujas matavimo būdas. Tai gana paprasti matavimo būdai, skirti įvairių skysčių lygio nustatymui reikalingose talpose, stebint jutiklio talpos kitimą. Tokio tipo jutiklių eksploatavimą apsunkina sudėtingi jutiklio talpos matavimo būdai, todėl tikslinga pasiūlyti talpos matavimo būdus, leisiančius supaprastinti jų eksploataciją. Autoriai pasiūlė jutiklio konstrukcijai naudoti bendraašį kondensatorių dėl to, kad jie yra uždaresni, savyje subalansuoja vandens lygį, yra atsparesni išoriniam poveikiui. Pažymėtina, kad talpinio jutiklio įtampa turi būti detektuojama tik už buferinio stiprinimo kaskado dėl didelio išėjimo impedanso. Siekiant sumažinti matavimų paklaidas, patartina rinktis idealų pikų detektorių su žemu dažniu filtru išėjime, garantuojančią mažiausias pulsacijas (0,01V).

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Talpinis jutiklis, vandens lygio matavimas, talpos matavimas.

Įvadas

Yra nemažai būdų matuoti vandens lygį[4]. Tam naudojami tiek jutikliai su judančiomis mechaninėmis dalimis, tiek be jų. Vienas iš daugelio galimų jutiklių, kuris neturi jokių judančių mechaninių dalių, tai talpinis jutiklis. Šio tipo jutiklio panaudojimas vandens lygio stebėjimui yra vienas iš tinkamiausių dėl paprastos konstrukcijos. Tokio tipo jutikliai neturi judančių dalių, todėl galimybė, kad jis nustos veikti dėl mechaninių bėdų labai sumažėja.

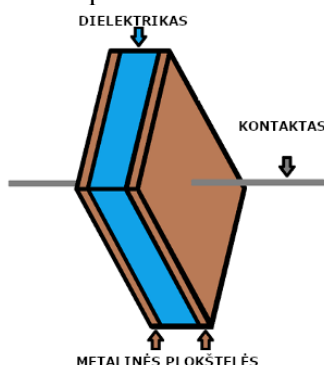
Todėl tyrimo tikslas – atlikus įvairių galimų talpos matavimo metodų analizę, pasiūlyti tinkamą talpinio jutiklio realizavimo būdą.

Straipsnio skyrelyje „Talpinio jutiklio struktūra“ trumpai aprašomas tokio tipo jutiklio veikimo principas. Talpinio jutiklio galimybės matuoti vandenį, jo privalumai ir trūkumai, kaip ir galimi realizavimo būdai aptarti skyreliuose „Vandens lygio matavimas su talpiniu jutikliu“, „Talpinio jutiklio privalumai ir trūkumai“, „Talpinio jutiklio tipai“ bei pasirinktas realizuotinas talpinio jutiklio būdas - (skyrelis „Bendraašės konstrukcijos talpinio jutiklio privalumai“). Galimi talpos matavimo būdai, aptariant jais gautus rezultatus, pateikti skyrelyje „Talpos matavimo būdai“. Atlikto tyrimo išvalgos ir rekomendacijos pateiktos šio straipsnio išvadose.

Talpinio jutiklio struktūra

Talpinis jutiklis tai atviras kondensatorius, kurio talpa kinta priklausomai nuo plokštelių ploto, atstumo tarp plokštelių ir užpildančio tarpą tarp plokštelių dielektriko.

Kiekviena medžiaga turi savo dielektrinę konstantą. Priklausomai nuo medžiagos tarp plokštelių ir jos užpildymo, jutiklyje kinta ir kondensatoriaus talpa.



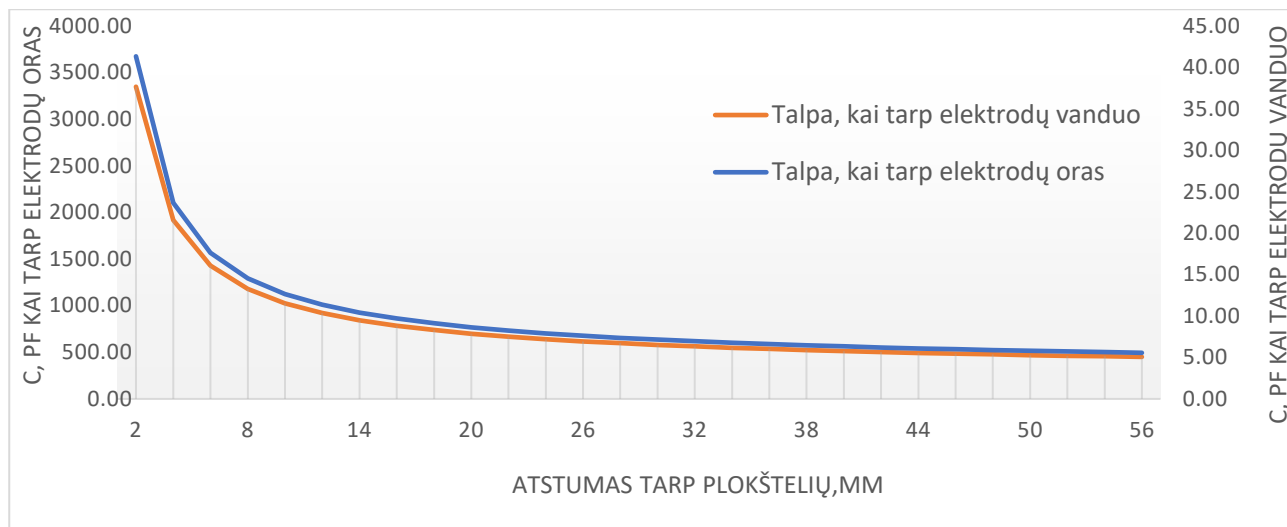
1 pav. Kondensatoriaus struktūra

Šaltinis: prieiga per internetą <https://learn.sparkfun.com/tutorials/capacitors/all> (žiūrėta 2022-12-13)

Vandens lygio matavimas su talpiniu jutikliu

Nedistiliuotas vanduo dėl jame ištirpusių druskų nėra dielektrikas ir puikiai praleidžia elektros srovę, todėl, norint stebėti vandens lygį, panaudojant talpinius jutiklius, reikia gerai izoliuoti kondensatoriaus elektrodus. Per izoliaciją elektros srovė neteka ir taip dirbtinai sukuriamas dielektrikas, vanduo nesudaro trumpo jungimo tarp elektrodų. Tokiu būdu, tampa įmanoma stebėti ir elektrai laidžių medžiagų lygį. Priklausomai nuo to, kiek vanduo yra užpildęs jutiklį, keičiasi ir kondensatoriaus talpa. Atsižvelgus į skirtingas vandens ir oro dielektrines konstantas[3], galime matuoti talpos pokytį jutiklyje ir tai pritaikyti stebint vandens

lygi. Palyginus jutiklio talpumą, kai jis apsemtas arba ne, matomas labai didelis skirtumas (2 pav.). Talpumas, vandeniui apsemtus jutiklį, išauga 80 kartų lyginant su neapsemtu. Taip yra todėl, kad oro dielektrinė skvarba yra 1, o vandens net 80.



2 pav. Talpų skirtumas, kai kondensatorius užpildytas oru arba vandeniu

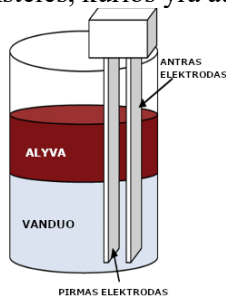
Šaltinis: sudaryta autorių

Talpinio jutiklio privalumai ir trūkumai

Talpinis jutiklis gali būti plačiai naudojamas dėl šių jo privalumų: neturi judančių dalių, kurios galėtų pastrigti, yra mechaniškai atsparus, lengvai kalibruojamas. Nepaisant privalumų, jutiklis turi ir vieną trūkumą: naudojant su atviro tipo elektrodais, jis yra jautrus išoriniams trukdžiams. Dėl šios priežasties reikia keisti jutiklio konstrukciją ir naudoti bendraašį (koaksialinį) elektrodų išdėstymo būdą.

Talpinio jutiklio tipai

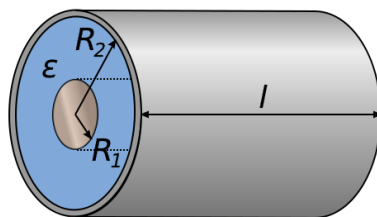
Yra keletas galimų talpinio jutiklio elektrodų išdėstymo būdų, tiksliau - kondensatoriaus tipų. Pirmasis - tai pats paprasčiausias dviejų paralelių plokštelių kondensatorius. Jo sandara labai parasta. Kaip ir pats pavadinimas nusako tai dvi lygiagrečios plokštės, kurios yra atskirtos tarpu (3 pav.).



3 pav. Plokštelinio tipo jutiklis

Šaltinis: prieiga per internetą https://www.researchgate.net/figure/Possible-configurations-of-the-capacitance-probe-for-interface-measurement-a-with-one_fig10_221917809 (žiūrėta 2022-12-13)

Kitas galimas jutiklio tipas - tai bendraašis arba cilindrinis kondensatoriaus tipas. Šio tipo kondensatorius yra tokios pat struktūros kaip ir bendraašis kabelis. Aplink vidurinę elektrodą yra montuojamas antrasis elektrodas, kurį nuo pirmojo skiria tarpas (4 pav.).



4 pav. Bendraašės konstrukcijos kondensatoriaus struktūra

Šaltinis: prieiga per internetą <http://engineersworld.co.in/2021/01/29/cylindrical-capacitor> (žiūrėta 2022-12-13)

Bendraašio kondensatoriaus talpą galima apskaičiuoti pagal formulę (1):

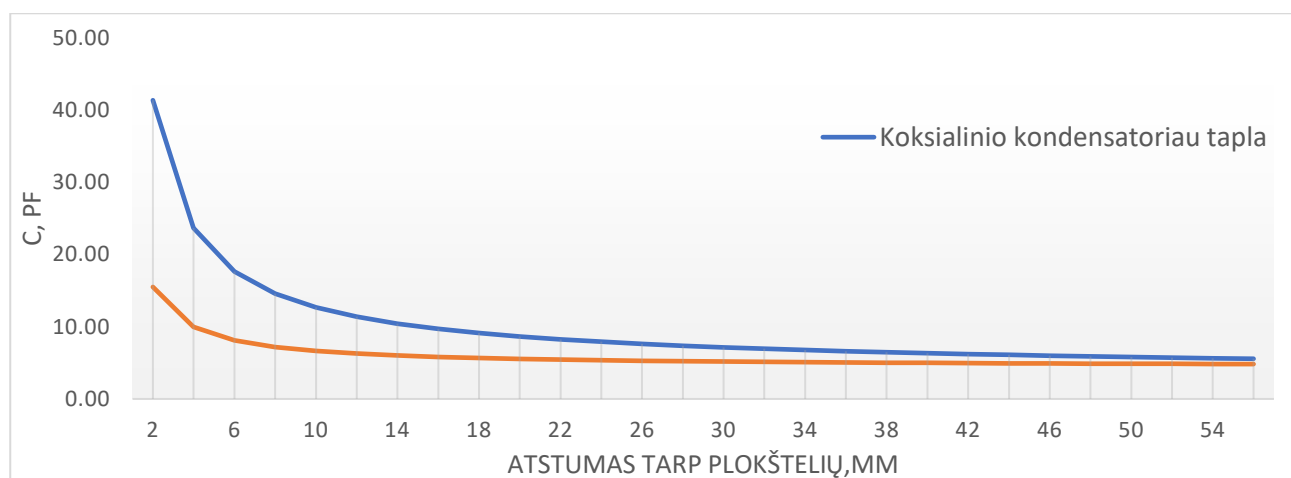
$$C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln(R2/R1)}, \quad (1)$$

čia C - kondensatoriaus talpa, ϵ - dielektrinė konstanta, l - kondensatoriaus ilgis, R1 - vidinis skersmuo, R2 - išorinis skersmuo.

Bendraašės konstrukcijos talpinio jutiklio privalumai

Nors cilindro formos talpinis jutiklis struktūriškai yra sudėtingesnis, bet vandens lygio matavimui jis tinkamas labiau. Toks jutiklis tikslesnis aplinkoje, kai matuojamo vandens lygį veikia išoriniai veiksniai. Jutiklio viduje skystis stabilizuojasi ir trumpalaikiai greiti lygio pokyčiai, tokie, kaip, pavyzdžiui, bangavimas ar nežymus teliuškavimas, turi mažiau įtakos. Tai leidžia gauti tikslesnius matavimus ir užtikrinti sklandesnį jutiklio darbą.

Palyginus panašių parametrų plokštelinį ir bendraašį kondensatorių, matomas talpų skirtumas (5 pav.). Cilindrinio kondensatoriau talpa yra didesnė, nei plokštelinio, todėl jis labiau tinka naudoti jutikliui dėl to, kad galima būtų pakankamai tiksliai išmatuoti talpą ir jos pokytį keičiantis vandens lygiui, reikia nemažos talpos kondensatoriaus. O naudojant bendraašės konstrukcijos jutiklį, gaunama didesnė talpa nedidindami paties jutiklio matmenų.



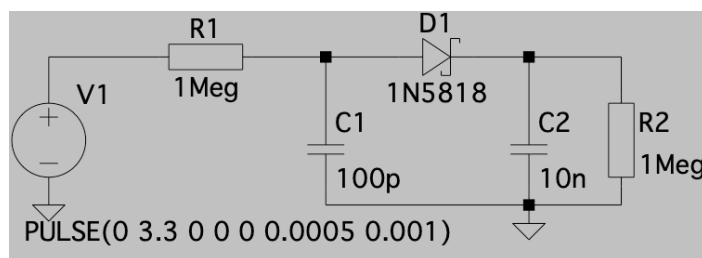
5 pav. Talpų palyginimas tarp plokštelinio ir cilindrinio jutiklio

Šaltinis: sudaryta autorių

Talpos matavimo būdai

Yra ne vienas būdas, skirtas kondensatorių talpos matavimui. Kai kurie jų yra komplikuoti (tokie, kaip talpos matavimas su CDC mikroschemomis) dėl sudėtingo programavimo proceso, tad tikslinga pasiūlyti paprastesnius sprendimus, kuriais būtų galima išmatuoti jutiklių talpas. Renkantis matavimo metodą, būtina atsižvelgti ir į tai, kad matuojamų kondensatorių talpų diapazonas labai didelis (svyruoja nuo 50 pF iki 4000 pF).

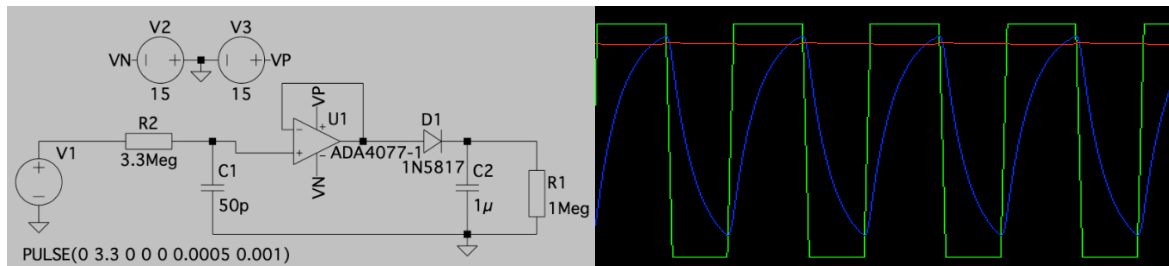
Vienas iš galimų būdų jutiklio talpai matuoti - tai schemą su RC filtru naudojimas (6 pav.). Realiai tokia schema nėra tinkama dėl per didelių jutiklio talpų. Todėl ją būtina modifikuoti ir pritaikyti dirbti plačiame talpų matavimo diapazone.



6 pav. Talpos matavimo schema matavimui naudojant RC filtrą

Šaltinis: prieiga per internetą <https://thecavepearlproject.org/2020/10/27/hacking-a-capacitive-soil-moisture-sensor-for-frequency-output> (žiūrėta 2022-12-13)

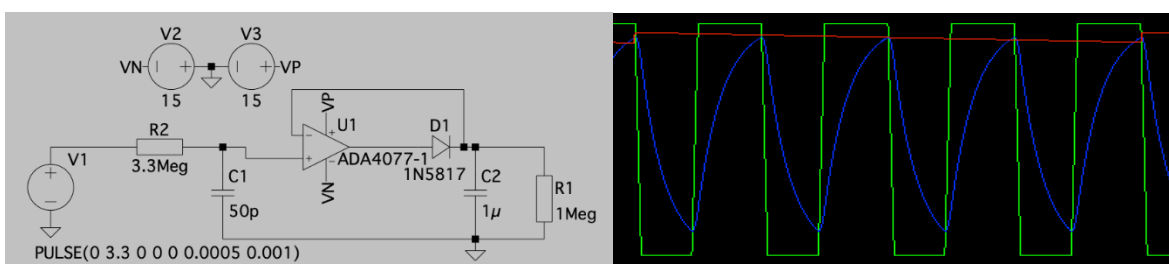
Pirmas būdas - pertvarkyti schemą į megaominių detektorių su žema įėjimo varža. Schemoje yra panaudojamas operacinis stiprintuvas, kuris veikia kaip buferinis stiprinimo kaskadas (7 pav.). Naudojant tokią schemą, pulsacijos siekia 0,03 V.



7 pav. Megaominis detektorius su žema įėjimo varža ir jo pulsacijos

Šaltinis: sudaryta autorių

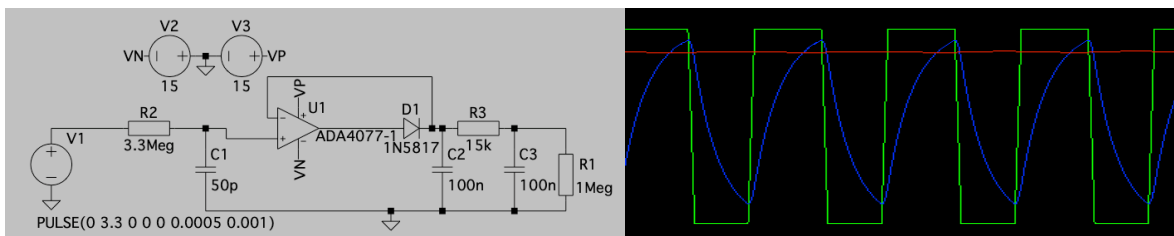
Kitas būdas- panaudoti operacinį stiprintuvą ir taip realizuoti idealų signalų pikų detektorių (8 pav.). Šia schema atskiriame matuojančią dalį nuo kaupiančiosios, bet pulsacijos išauga. Jos jau siekia 0,14 V.



8 pav. Idealus signalų pikų detektorius ir jo pulsacijos

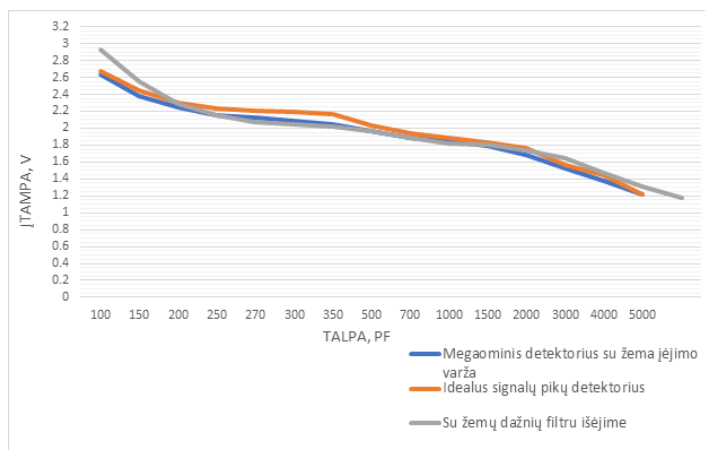
Šaltinis: sudaryta autorių

Norint sumažinti pulsacijas ir gauti dar geresnį rezultatą, idealaus pikų detektoriaus schemą reikia dar papildyti jo išėjime panaudojant žemų dažnių filtrą. Taip yra sumažinamos matavimo neapibrėžtys. Filtro nukirtimo dažnis 1006 Hz. Taip pat šis filtras padeda sumažinti ir nepageidaujamas pulsacijas net iki 0,01 V.



9 pav. Idealus signalų pikų detektorius su žemų dažnių filtru jo išėjime ir jo pulsacijos

Šaltinis: sudaryta autorių



10 pav. Išėjimo įtampų palyginimas, naudojant skirtingas talpos matavimo schemas

Šaltinis: sudaryta autorių

Visų trijų schemų išėjimo įtampos panašios ir skiriasi labai nežymiai (10 pav.). Kintant talpai, išėjimo įtampa mažėja. Pagrindinis skirtumas tarp schemų (7-9 pav.) - gaunamos skirtingos pulsacijos išėjime. Mažesnės pulsacijos nulemia ir mažesnes matavimų paklaidas. Taigi, siekiant geriausių rezultatų, geriausia rinktis schemą su mažiausiomis pulsacijomis t.y. idealų pikų detektorių su žemu dažniu filtru išėjime (9 pav.). Šios schemos pulsacijos siekia tik 0,01 V. Tai turėtų žymiai pagerinti matavimo rezultatus ir sumažinti paklaidas.

Išvados

1. Panašių matmenų bendraašio kondensatoriaus talpa yra didesnė lyginant su paralelių plokštelių kondensatoriumi. Jo dėka galima atlikti tikslesnius matavimus. Šie kondensatoriai yra uždaresni, savyje subalansuoja vandens lygį, yra atsparesni išoriniam poveikiui. Tyrimui naudotas bendraašis kondensatorius, kurio ilgis 25 cm ir skersmuo 4 cm. Jo talpa svyruoja nuo 50 pF iki 4000 pF, keičiantis kondensatoriau užpildymo santykiui tarp oro ir vandens.

2. Dėl didelio išėjimo impedanso, kuris kinta dėl didelės kondensatoriaus talpos, svyruojančios nuo 50 pF iki 4000 pF, talpinio jutiklio įtampa turi būti detektuojama tik už buferinio stiprinimo kaskado.

3. Naudojant operacinį stiprintuvą, gali būti realizuojamas idealus signalo pikų detektorius, kuris atlieka ir buferinio stiprintuvo funkciją, todėl yra įmanoma išmatuoti ir didelės kondensatoriaus talpas.

4. Žemų dažnių filtro panaudojimas pikų detektoriaus išėjime leidžia gauti matuojamą įtampą su mažesnėmis pulsacijomis. Pulsacijos, lyginant pikų detektoriaus schemą be žemų dažnio filtro, sumažėja nuo 0,14V iki 0,01V. Tai leidžia sumažinti ir matavimo paklaidas.

Literatūra

1. Capacitance of a Coaxial Structure prieiga per internetą <https://www.circuitbread.com/textbooks/electromagnetics-i/electrostatics/capacitance-of-a-coaxial-structure> (žiūrėta 2022-12-13)
2. How Does Capacitive Level Sensing Work prieiga per internetą <https://www.gillsc.com/newsitem/51/how-does-capacitive-level-sensing-work-> (žiūrėta 2022-12-13)
3. Relative Permittivity – the Dielectric Constant prieiga per internetą https://www.engineeringtoolbox.com/relative-permittivity-d_1660.html (žiūrėta 2022-12-18)
4. What Is Water Level, and Why Is It Measured? prieiga per internetą <https://www.ysi.com/parameters/level> (žiūrėta 2022-12-18)

CAPACITIVE SENSOR IN WATER LEVEL MEASUREMENT

Summary

Capacitive sensors are not new measurement method to measure water level. But it's easy to work with them, they have simple construction and don't have movements parts. There are two popular capacitive sensor constructions variations: parallel plate and co-axial. The biggest problem working with this sensor is hard measurement methods; therefore, you need to find alternative simple capacitive measurement methods. One of possible measurement methods is to use an operational amplifier a few different ways: megaohm detector with small input resistance, ideal peak signal detector and ideal peak signal detector with low frequency filter.

Key words: Capacitive sensor, water level measurement, capacity measurement.

AUTOMATINĖ SISTEMA AUGALŲ VEGETACIJOS PALAIKYMUI

Justas Černevičius

Kauno technikos kolegija, Elektronikos technikos studijų programa

ANOTACIJA

Automatinė sistema augalų vegetacijos palaikymui, naudojama norint padidinti augalų augimo greitį bei derlių. Automatinė sistema reiškia, kad yra būtini jutikliai, bei automatiškai valdomos mechaninės dalys. Tai gali reikšti didesnes išlaidas sistemos įrengimo pradžioje. Tačiau ilguoju laikotarpiu sumažėja eksploatacijos išlaidos bei pasiekiamas didesnis našumas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Automatika, jutikliai, dirbtinės šviesos, augalų vegetacija.

Įvadas

Automatinė augalų vegetacijos palaikymo sistema aktuali dėl poreikio efektyviai išnaudoti esamus išteklius. Šios sistemos dėka augalai auginami hidroponikos principu, kuris yra jau pakankamai plačiai ištirtas ir naudojamas praktikoje. Tačiau automatinės hidroponikos sistemos dar mažai naudojamos ir tik labai stambių įmonių. Tad kaip galima būtų realizuoti automatinę sistemą, paremtą hidroponikos principu, nedideliam vartotojui, pvz., sodininkui mėgėjui, jam norint išgauti didesnę produktyvumą ir našumą (produkcijos kiekis ir auginimo trukmė).

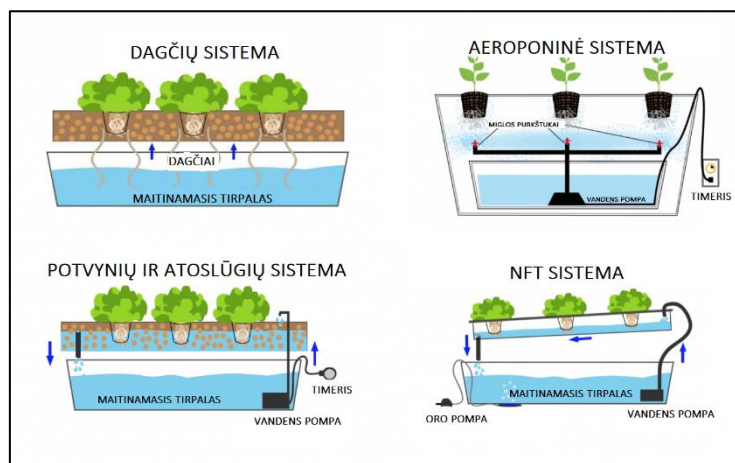
Tokiai sistemai būtinas įvairių reikšmingų augalų vegetacijai parametrų sekimas: vandens srauto, temperatūros, mineralinių medžiagų, išorinės temperatūros sekimas, taip pat automatinis mineralinių medžiagų padavimas.

Todėl tikslas - ištirti automatinės sistemos augalų vegetacijos palaikymui poveikį augalų augimui ir derliui lyginant su neautomatine sistema.

Šiame straipsnyje įvairūs hidroponikos principai trumpai aptarti skyrelyje „Hidroponikos sistemos“, augalų auginimo efektyvumas juos auginant dirvožemyje ir hidroponikos sistemoje aptartas skyrelyje „Dirvožemio ir hidroponika paremtos sistemos įtakos augalams tyrimas“. Autoriaus siūlomos automatinės hidroponikos sistemos galimas realizavimas, jos sudėtinės dalys aptariamose skyrelyje „Automatinė hidroponikos sistema“. Šios sistemos realizavimo įžvalgos pateiktos straipsnio išvados.

Hidroponikos sistemos

Projektuojama sistema yra pagrįsta hidroponikos principu. Hidroponika yra augalų auginimas vandenyje, praturtintame mineralinėmis medžiagomis, nenaudojant dirvožemio. Toks auginimo metodas leidžia sunaudoti netgi 10 kartų mažiau vandens, nes vanduo yra surenkamas ir panaudojamas vėl iš naujo. Hidroponika paremtų sistemų yra įvairių: dagčio, potvynio ir atoslūgio, NFT (angl. Nutrient Film Technique), aeroponikos sistemos (1 pav.) [Hidroponikos sistemų rūšys]. Dagčio sistemoje augalų šaknys auga žemyn per terpę, o absorbcinis „dagtis“ iš vandens rezervuaro į šaknų sistemos zoną traukia maistingųjų medžiagų pripildytą vandenį. Per auginimo terpę į šaknis patenka oro (deguonies). Ji yra labai lengvai tvarkoma ir lengvai pakeičiamos dagtys, tačiau nedera su didesniais augalais. Potvynio ir atoslūgio sistemoje augalų šaknys auga per terpę. Maistingųjų medžiagų pripildytas vanduo dažnai (pvz., kas 30 min.) pumpuojamas į šaknų zonos sritį ir leidžiamas nutekėti atgal į vandens rezervuarą. Ji efektyviai naudoja vandenį ir yra viena iš lengviau pritaikomų sprendimų. Tačiau šaknys gali greitai išdžiūti, jei aplinkos sąlygos yra netinkamos arba sugenda siurblys ar laikmatis. Ir reikia nemažai auginimo terpės, todėl dirvožemio nenaudojimo privalumas nėra toks ryškus. NFT sistemoje augalai išdėstomi ant plūduriuojančio paviršiaus, kabančio šiek tiek pakreiptame lovyje. Augalų šaknys kabo taip, kad viršutinė šaknų sistemos dalis būtų veikiamą oro (deguonies). Apatinė šaknų dalį veikia maistingųjų medžiagų pripildytas vanduo, kuris pumpuojamas į lovėlį viršutiniame (aukštesniame) gale. Vanduo teka per kitas šaknų sistemas (žemyn) ir grįžta į vandens rezervuarą. Pagrindinis NFT privalumas yra tas, kad tai labai veiksmingas maistinių medžiagų teikimo šaknimis būdas, nes dėl nuolatinės vandens ir maistinių medžiagų tirpalo cirkuliacijos susidaro nedaug atliekų arba jų visai nėra. Pagrindinis trūkumas yra tas, kad gali būti sunku palaikyti tinkamą drėgmės lygį aplink šaknis, todėl gali kilti tokių problemų kaip šaknų puvinys. Aeroponikos sistemoje augalų šaknys patalpinamos uždaroje erdvėje ir veikiamos oro (deguonies), į kurią dažnai (pvz., kas 30 min.) per uždara erdvę maistingųjų medžiagų pripildytas vanduo purškiamas dulksna. Ši sistema užima mažai vietos, sunaudoja mažiausiai vandens ir maistinių medžiagų ir šaknis veikia daug daugiau deguonies nei kitais būdais. Purkštuvai gali lengvai užsikimšti šaknimis. Sugedus purkštuvui, visas derlius gali žūti per kelias valandas.

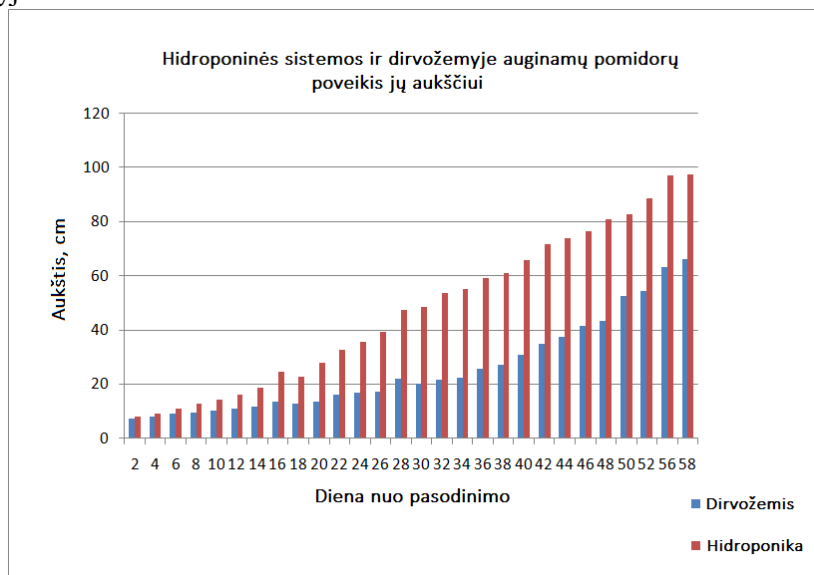


1 pav. Hidroponikos sistemų rūšys

Šaltinis: Prieiga per Internetą <https://modernfarmer.sg/what-are-the-6-types-of-hydroponics/> (žiūrėta 2022-12-13)

Dirvožemio ir hidroponika paremtos sistemos įtakos augalams tyrimas

Palyginus hidroponika paremtą pomidorų auginimo rezultatus su dirvožemyje augintais pomidorais. Iš 2 paveikslėlio matyti, kad augalai augo 40-50 proc. greičiau ir užauginti 30 proc. daugiau produkcijos nei augantys dirvožemyje.



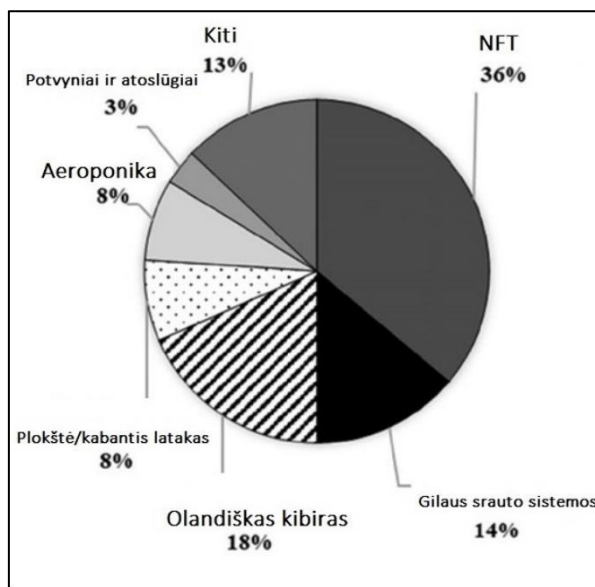
2 pav. Sistemos poveikis auginamų pomidorų aukščiui

Šaltinis: Prieiga per Internetą <https://sites.google.com/site/hydroponicandsoiltomatogrowth/data> (žiūrėta 2022-12-13)

Hidroponikos sistemos rezultatai (2 pav.) yra gauti naudojant neautomatinę sistemą. Tačiau tikimasi, kad automatinė sistema užtikrintų dar didesnę augalų auginimo efektyvumą dėl tinkamo ir savalaikio reikiamų parametrų užtikrinimo.

Projektuojama automatinė hidroponikos sistema

Tokia sistema naudotų NFT principu grįstą auginimą. Tai mažai atliekų reikalaujantis recirkuliacinis metodas. Augalams nereikia auginimo terpės. Tokiam auginimui reikia ne tik praturtinto įvairioms medžiagoms vandens, tačiau dirbtinio šviesos šaltinio, tinkamos temperatūros ir pastovios vandens cirkuliacijos. Iš diagramos (3 pav.), atskleidžiančios 2017 m. JAV hidroponinio auginimo augintojų apklausoje dalyvavusių respondentų, naudojančių kiekvienos rūšies auginimo sistemą, duomenų matyti, jog NFT sistemos yra daugiausiai paplitusios, lyginant su kitomis hidroponikos sistemomis.



3 pav. Hidroponika paremtų sistemų paplitimas

Šaltinis: Prieiga per Internetą https://www.researchgate.net/figure/The-proportion-of-hydroponic-production-systems-used-by-respondents-of-a-2017-US_fig3_341033384 (žiūrėta 2022-12-13)

Ši sistema jautikliais turi sekti medžiagų vandenyje kiekį, temperatūrą, srautą ir išorinę temperatūrą. Taip pat tokia sistema turi reguliuoti šviesos galingumą. Būtina, esant nepageidaujamiems pokyčiams, pavyzdžiui, medžiagų trūkumui, nepakankamai temperatūrai ar vandens srautui, kad būtų realizuojama perspėjimo funkcija.

Vandens kokybės sekimui būtų naudojami EC (elektrinio laidumo) ir pH jutikliai. EC parodo turimų maistinių medžiagų kiekį. Jei EC rodiklis išlieka toks pat, tai rodo, kad augalas sunaudoja tiek pat vandens, kiek ir maistinių medžiagų, ir jo mityba yra subalansuota. Jei EC rodiklis sumažėja, tai reiškia, kad augalas sunaudoja daugiau maistinių medžiagų nei vandens. Ir priešingai, jei EC rodiklis padidėja, tai reiškia, kad augalas naudoja daugiau vandens nei maistinių medžiagų ir negauna jų būtino kiekio.

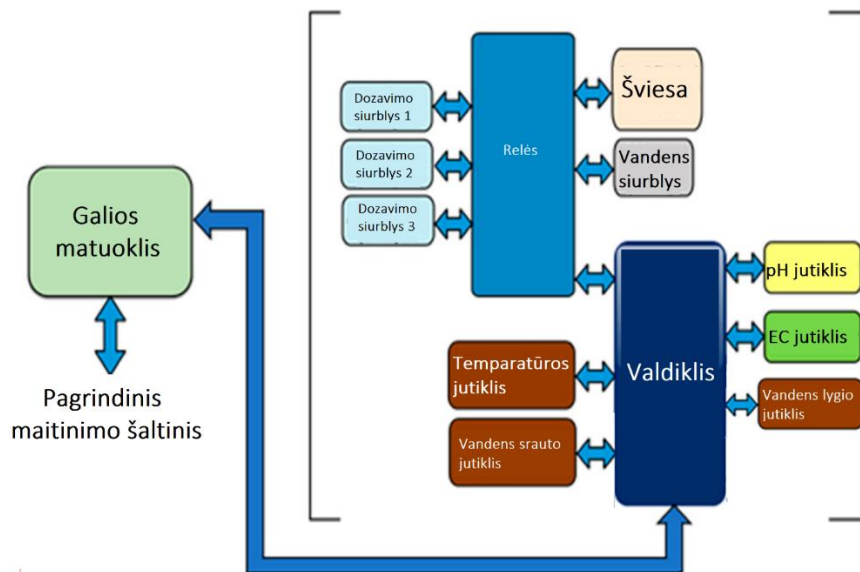
Norint, kad augalai augtų kuo geriau, labai svarbu stebėti maistinių medžiagų tirpalo pH, nes nuo pH priklauso, kaip veiksmingai augalų šaknys įsisavina maistines medžiagas. Maistinių medžiagų tirpalų pH turi būti nuo 5 iki 6 (paprastai 5,5), kad šaknų aplinkoje būtų palaikomas 6-6,5 pH. Tai pH intervalas, kuriame maistinės medžiagos augalams yra lengviausiai prieinamos.

Šviesa, kuri šviečia 24 valandas per parą, turi vieną didelį trūkumą, augalai neturi poilsio laiko. Kai jie yra tamsoje, fotosintezė sustoja ir daugiausia dėmesio augalas skiria tik kvėpavimui. Jiems to reikia, kad galėtų tinkamai augti. Kvėpavimo metu cukrus verčiamas energija. Šią energiją kartu su deguonimi ir vandenyje esančiomis maistinėmis medžiagomis augalai naudoja įvairiems gyvybiniams procesams.

Efektyviausias būtų LED tipo apšvietimas, nes jis ilgalaikis, generuojama plataus spektro šviesa, neskleidžia per daug šilumos.

Įvertinus tai, kas pasakyta aukščiau, projektuojamai automatinei hidroponinei sistemai, suformuluojami šie reikalavimai:

- Energijos šaltinis – 230 VAC namų tinklo įtampa, naudojant energijos adapterį.
- Palaikoma temperatūra tarp 18 °C ir 26 °C.
- Panardinamas vandens siurblys 12V.
- Auginimo LED šviesos 45W.
- EC jutiklis 5V, 1-20ms/cm diapazonas, $\pm 10\%$ paklaida.
- pH jutiklis 5V, 0-14pH diapazonas, ± 0.1 pH paklaida.
- Temperatūros jutiklis 5V, diapazonas -55°C - +125°C, paklaida $\pm 0.5^\circ\text{C}$.
- Vandens srauto jutiklis, veikia 4,5-24V diapazone, 0,5-30 l/min srauto diapazonas.
- Vandens lygio jutiklis 5V.
- Valdiklis.



4 pav. Automatinės hidroponinės sistemos blokai
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Tad pačią sistemą sudarytų jutikliai, valdiklis, mechaninės dalys, auginimo šviesos. Tokiai sistemai būtini EC, pH, vandens temperatūros, išorės temperatūros, vandens srauto jutikliai (4 pav.). Valdiklis sektų jutiklių siunčiamus signalus, kurie informuotų apie sistemos parametrus. Maistinių medžiagų koncentraciją vandenyje būtų stebima automatiškai. Taip pat būtų sumažinamos arba išjungiamos augimo šviesos, stebint konkrečius augalus. Įvykus sistemos gedimui, apie tai būtų pranešama tam, kad išvengti nuostolių.

Išvados

1. Projektuojama automatinė hidroponikos sistema naudotų NFT principu grįstą auginimą. Tai yra recirkuliacinis metodas, kuriame susidaro mažas atliekų kiekis. Tokios sistemos savybės: auginimui naudojamas praturtintas įvairiomis medžiagomis vanduo, dirbtinės šviesos šaltinis, pastovią vandens cirkuliaciją ir tinkamą jo temperatūrą užtikrinantys įrenginiai.
2. Naudojant automatinę hidroponikos sistemą, vandens nuostolius įmanoma sumažinti iki 10 kartų, kas yra labai aktualu sausringuose regionuose.
3. Ši sistema leidžia derlių užauginti per trumpesnę laiką, t.y. augalų auginimo našumas padidėja net iki 45 proc. Minėtą našumą galima pasiekti ir sunaudojant mažesnę trąšų kiekį (iki 60 proc.), nes jis kontroliuojamas pagal poreikį.
4. Automatinėje hidroponikos sistemoje tikslinga realizuoti ir perspėjimo funkcijas ne tik apie auginimo terpės momentinę sudėtį, bet ir apie pačios sistemos gedimus. Tai leistų užtikrinti kuo trumpesnes sistemos prastovas, ir sumažinti tiek augalų, tiek ir eksploatacinių medžiagų nuostolius.

Literatūra

1. 7 Different Types Of Hydroponic Systems. [Žiūrėta 2022-12-13]. Prieiga per Internetą: <<https://www.nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>>.
2. Electrical Conductivity and pH Guide for Hydroponics. [Žiūrėta 2022-12-13]. Prieiga per Internetą: <<https://extension.okstate.edu/fact-sheets/electrical-conductivity-and-ph-guide-for-hydroponics.html>>.
3. Historical, Current, and Future Perspectives for Controlled Environment Hydroponic Food Crop Production in the United States. [Žiūrėta 2022-12-13]. Prieiga per Internetą: <https://www.researchgate.net/figure/The-proportion-of-hydroponic-production-systems-used-by-respondents-of-a-2017-US_fig3_341033384>.
4. Should Grow Lights be Left on all the Time?. [Žiūrėta 2022-12-13]. Prieiga per Internetą: <<https://www.saferbrand.com/articles/faq-hydroponic-grow-lights-on#:~:text=A%3A%20In%20general%2C%20you%20should,taking%20a%20break%20from%20growing>>.
5. The Effect of Use of Hydroponic System and soil on Holland Hybrid Tomato Plants. [Žiūrėta 2022-12-13]. Prieiga per Internetą: <<https://sites.google.com/site/hydroponicandsoiltomatogrowth/>>.

6. Why EC Is Important In Hydroponics. [Žiūrėta 2022-12-13]. Prieiga per Internetą:<
<https://hollandhorticulture.co.uk/news/why-ec-is-important-in-hydroponics/#:~:text=In%20hydroponics%2C%20EC%20is%20the,the%20quantity%20of%20available%20nutrients>>.

AUTOMATIC SYSTEM FOR PLANT VEGETATION SUPPORT

Summary

An automatic hydroponic care system for plant vegetation monitors plants 24 hours a day. It is designed to increase plants growth and yield. Such system belongs to the automated NFT systems that uses various sensors and have mechanical parts. The system to be designed consists of sensors, a controller, mechanical parts, and grow lights. It is necessary to use EC, pH, water temperature, external temperature, and water flow sensors. They helps reduce water and fertilizer usage. The parameters monitored are such: water temperature, water level and flow, the amount of concentration of nutrients in the water etc. All those parameters must be monitored automatically. Therefore, the controller must follow the signals sent by the sensors. User is alerted by the system about any changes; this must prevents any damage. Lights for growing process must be regulated differently for various plants. In such a way, the material resources could be saved automatically. It is possible to reduce water loss up to 10 times, which is very relevant in dry climate regions. This system allows to grow plants in a shorter time, i.e. the productivity of plant cultivation increases even up to 45 percent. The mentioned performance could also be achieved with the consumption of a lower amount of fertilizer (up to 60%) because it is controlled according to demand.

Key words: Automation, sensors, artificial lights, plant vegetation.

IŠMANIOJO NAMO ELEKTROS TINKLO DARBO TYRIMAS

Deividas Balynas, Gediminas Daukšys

Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programa

Anotacija

Atliekamas tyrimas, analizuojantis būdus ir metodus su kuriais būtų galima parinkti išmaniojo namo sistemas, sudaryti namo apkrovų grafikus, suprojektuoti apšvietimo tinklą ir sumažinti elektros energijos suvartojimą. Darbe atlikti elektrotechniniai skaičiavimai, kurių metu nustatyta objekto apkrova, parinkti nauji šviestuvai bei automatinės apsaugos priemonės, instaliacijos elementai. Sudarytos kintamos srovės elektros tinklo schemos, pateikti šviestuvų išdėstymo objekte brėžiniai. Taip pat atliekama elektros tinklo įrenginių palyginamoji analizė.

Reikšminiai žodžiai. Apkrovos, apšvietimas, kabeliai, apsaugos priemonės, energijos taupymas.

Ivadas

Šiltuoju metų laiku grįžę po darbų norime namus rasti išvėdintus ir vėsius, o žiemą kaip tik malonu grįžti į jau šiltus ir jaukius namus. Visa tai ir dar daugiau įmanoma vienu mygtuko paspaudimu, net būnant toli nuo namų. Išmanieji namai yra sprendimas ateities žmogui, padedantis taupyti laiką, šiluminę ir elektros energiją bei mažinti CO₂ pėdsaką [1].

Aptariant išmaniuosius namus verta paminėti, jog tokiam namui tinkamai funkcionuoti yra būtina elektros energija ir kiekvienas elektros tiekimo atjungimas yra itin jautrus visai namų sistemai. Dėl šios priežasties verta apsvarstyti daugiau kaip vieną elektros energijos tiekimo būdą. Siekiant nepriklausomybės nuo bendro tinklo galima įsirengti asmeninę jėgainę bei kaupti elektros energiją, jog atsiradus būtinybei namas galėtų dirbti be trikdžių, kol bus atnaujintas energijos tiekimas. O dirbant įprastu režimu, vartoti pagaminamą energiją savo reikmėms, taip neapkraunant bendro tinklo.

Šio darbo tikslas – suprojektuoti išmaniojo namo elektros tinklą naujos statybos gyvenamajame name.

1. Esamo tinklo analizė

Objektas yra Senojo Plento g. 3, 62442 Likiškėliai, Alytaus sen., Alytaus r. sav. statomas vieno aukšto gyvenamasis namas(pastatytos sienos, sudėti langai, lauko durys ir įrengtas stogas). Namų valda užima 0.38 ha plotą. Nuo miesto centro pastatas nutolęs apie 5 km atstumu.

Tiksli įvadinio apskaitos skydo vieta jau yra numatyta, projektavimas vyksta nuo įvadinio apskaitos skydo. Gyvenamajame name planuojama įrengti vidaus ir lauko elektros instaliaciją į kurią įeina jėgos, signaliniai, priešgaisriniai kabeliai, skirstomieji skydeliai, paskirstymo dėžutės, kištukiniai lizdai, įvairaus tipo jungikliai, vidaus ir lauko šviestuvai, šildymo, vėdinimo ir kiti el. įrenginiai. Pastato viduje pasirinktas paslėptasis kabelių tiesimo būdas. Tai toks būdas kai kabeliai klojami grindyse, sienose, virš lubų ar perdangoje. Namų sienos pastatytos iš keramzitinio FIBO blokelių. Keramzitiniai FIBO blokelių gerai žinomi dėl savo teigiamų savybių, tokių kaip geras atsparumas drėgmei, gniuždymui. Jų svoris yra nedidelis ir gana lengva juos apdoroti. Kabeliai bus klojami sienose frezuojamuose kanaluose, vėliau užtinkuojami taip sukuriant potinkinę instaliaciją ir papildomą apsaugą nuo galimų pažeidimų [2].

Dalis kabelių bus klojama PVC vamzdžiuose grindyse prieš betonavimą. Nuo įvadinio namo skydo iki pirmojo taško ir tarp taškų. Atstumas nuo atvado kabelio iki kelio (gatvės) ar įvažiavimo važiuojamosios dalies paviršiaus turi būti ne mažesnis kaip 5,5 m, o iki šaligatvio ir takų paviršiaus – ne mažesnis kaip 3,5 m. Atvado aukštis prie pastato nuo žemės paviršiaus turi būti ne mažesnis kaip 2,75 m.

Namų viduje bus įrengiamas stacionarus energijos kaupiklis. Aukščiau paminėtais nepriklausomais elektros energijos šaltiniais(saulės, vėjo jėgainės, energijos kaupiklis) siekiama namą paversti autonomišku t.y. kuo mažiau priklausomu nuo elektros tinklo [3]. Projektuojant išmaniuosius namus su autonominiu elektros energijos aprūpinimu, buvo išanalizuoti keli energijos gamybos būdai, skirtingi jų tipai ir parinkti optimaliausi variantai.

Kadangi kaip pagrindinis elektros energijos aprūpinimo šaltinis buvo pasirinkta saulės elektrinė, būtina atlikti tyrimą ir išsiaiškinti kokio tipo elektrinė labiausiai tiktų būtent šiam projektui. Tinkamo saulės modulio pasirinkimas yra vienas pagrindinių klausimų, ypač jeigu kalba eina apie didelę instaliuotą galią. Kitas, ne ką mažiau svarbus sprendimas, buvo atliktas projektuojant vėjo jėgainę. Nors vėjo jėgainė saulės elektrinei nepilygsta savo galia, tačiau yra puikus galios papildymo rezervas siekiant namo energetinio savarankiškumo. Pagrindiniai vėjo jėgainių parametrai yra dydis, konstrukcijos tipas, efektyvumas, ilgaamžiškumas ir kaina. Vėjo jėgainės pagal konstrukciją skirstomos į du tipus [4]:

- horizontalios ašies;
- vertikalios ašies.

Išanalizavus jėginių parametrus buvo pasirinkta statyti vertikalios ašies vėjo jėgainę. Nors horizontalios ašies jėgainė yra efektyvesnė, šis sprendimas priimtas atsižvelgiant į mažesnius gabaritų, paprastesnę konstrukciją bei lengviau prieinamą techninį aptarnavimą.

Išmaniojo namo sistemoje sujungiamos kelios įrangos rūšys, kurios tarpusavyje turi komunikuoti, todėl svarbu turėti bendrą standartizuotą signalo perdavimo ir apdorojimo sistemą. Išmaniųjų namų sistemų elementai turi atitikti suderinamumo tarpusavyje reikalavimus. Europoje labiausiai paplitę dvi pagrindinės standartizuotos sistemos – EIBA ir KNX. Iš esmės šios dvi sistemos mažai kuo skiriasi. KNX protokolą atitinkanti sistema labiau paplitusi pasauliniu lygiu, EIBA labiau Europos rinkai skirtas produktas. Kadangi KNX sistema turi platesnes pritaikymo galimybes ir didesnę produkcijos kiekį, projektuojant nuspręsta pasirinkti šį išmaniųjų namų sistemos tipą.

2. Tyrimo rezultatai

Šalia namo įrengtai ESO paskirstymo spintai elektros energija tiekama iš skirstyklos A-340 kuri yra sujungta su transformatorinėmis pastotėmis MT 188 ir MT 347, taip sudaromas dvipusis elektros maitinimo tinklas, ir užtikrinama, kad atsiradus gedimui nenutrūktų elektros tiekimas. Iš ESO KS-8968 paskirstymo spintos į namo įvadinį skydą elektros energija tiekama 5x16mm² Cu 35m ilgio kabeliu. ESO spintoje sumontuotas In = 63A automatinis jungiklis (P_{max} = 30kW).

Projektuojant gyvenamojo namo elektros tinklą būtina tinkamai atlikti maksimalių apkrovų skaičiavimus. Šie skaičiavimai atliekami remiantis teisės aktais patvirtintais LR energetikos ministro 2014 m. gruodžio 11 d. įsakymu Nr. 1-312 „Skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika“ [5]. Gyvenamojo namo apkrovų skaičiavimams atlikti, reikia žinoti elektros imtuvų vardinę galią. Nustatyta, kad P_{max} – 37,8 kW.

Skaičiuojamosios elektros apkrovos gyvenamųjų pastatų ar patalpų apšvietimo elektros įrenginiams (P_{sk}, kW), apskaičiuojamos pagal formulę:

$$P_{SKA} = K_{PA} * \Sigma P_{VardA} \quad (1)$$

čia: K_{PA} – apšvietimo elektros įrenginių paklausos koeficientas jo reikšmės, priklausančios nuo ΣP_{VardA} ;; ΣP_{VardA} – apšvietimo elektros įrenginių įrengtoji galia (vardinių galių suma), kW.

$$P_{SKA} = K_{PA} * \Sigma P_{VardA} = 1 * 1441 = 1441 \text{ W}$$

Esant nuo 1 iki 10 vnt. kištukinių lizdų, ΣP_{Vard} lygi ne mažiau kaip 2,5 kW galios, o esant 11 vnt. ir daugiau – po 0,2 kW galios kiekvienam kištukiniam lizdai. Esant 11 ir daugiau kištukinių lizdų įrengtoji galia randama:

$$P_{SKKL \geq 11} = K_{PKL} * \Sigma P_{VardKL} * n_{KL} = 0,9 * 0,2 * 17 = 3,06 \text{ kW}$$

1 lentelė

Skaičiavimo rezultatai

Patalpa/lauko zona	Kištukinių lizdų skaičius	Skaičiuojamoji elektros apkrova, kW
Miegamasis	10	2,5
Vaikų kambarys	8	2,5
Virtuvė	11 + 1	2,5 + 2,5
Svetainė	17	3,06
Vonios kambarys	4	2,5
Drabužinė	2	2,5
Prieškambaris	2	2,5
Garažas	9	2,5
Katilinė	6	2,5
Terasa	5	2,5
Namo išorinė siena	4	2,5

Skaičiuojamoji elektros apkrova geoterminiam šilumos siurbliui:

$$P_{SKGŠS} = \Sigma P_{VardGŠS} = 7,7 \text{ kW}$$

Šilumos siurbliui oras-oras:

$$P_{SKŠSOO} = \Sigma P_{VardŠSOO} = 5,8 \text{ kW}$$

Rekuperatoriui:

$$P_{SKR} = \Sigma P_{VardR} = 1,1 \text{ kW}$$

Trumpojo jungimo metu linijinės srovės išauga nuo kelių iki keliasdešimties kartų. Parenkamas varinis 5x16mm² kabelis. Apskaičiuojama kabelio pilnoji varža:

$$Z_{kab} = \sqrt{R_{kab}^2 + X_{kab}^2} \cdot L = \sqrt{1,2^2 + 0,391^2} \cdot 0,035 = 0,044 \Omega$$

Randama trumpojo jungimo srovė, pagal formulę:

$$I_{tr.j.} = \frac{U_N}{Z_{kab}} = \frac{400}{0,044} = 9091 \text{ A}$$

Surandame gyvenamojo namo maksimalią naudojamą srovę $I_{sk \max}$:

$$I_{sk \max} = \frac{P_{sk \max}}{\sqrt{3} * U_N} = \frac{37,8}{\sqrt{3} * 0,4} = 54,56 \text{ A}$$

Renkamės 5 gyslų varinį kabelį, kurio gyslų skerspjūvio plotas 16mm^2 , $I_{kab.\max}=75 \text{ A}$ ir patikriname įtampos nuostolius ΔU :

$$\Delta U = \frac{P_{sk.\max} \cdot L}{S \cdot C} = \frac{37,8 \cdot 35}{16 \cdot 72} = 1,15 \text{ V}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{U_N} = \frac{1,15 \cdot 100\%}{400} = 0,3 \%$$

Pastato projektavimui parenkama TN-S elektros tinklo posistemė. Penktas (trečias) laidas yra PE, kuris kartotinai įžeminamas. Nulinis laidininkas N turi tokią pat izoliaciją kaip ir faziniai laidininkai.

Namo viduje elektros kabeliai tiesiami spinduliniu ir magistraliniu, o išmaniojo namo tinklo – magistraliniu perdavimo principu.

Vidaus elektros tinklo galios tinklo kiekvienai linijai tenkanti maksimali srovė apskaičiuojama:

$$I_{sk \max MIEG} = \frac{P_{sk \max MIEG}}{U_N} = \frac{2,5}{0,23} = 10,87 \text{ A}$$

Kabelių apsaugai reikia parinkti komutacinius aparatus:

$$Z_{kab} = \sqrt{R_{kab}^2 + X_{kab}^2} \cdot L = \sqrt{1,2^2 + 0,391^2} \cdot 0,035 = 0,044 \Omega$$

Randama trumpojo jungimo srovė:

$$I_{tr.j.} = \frac{U_N}{Z_{kab}} = \frac{400}{0,044} = 9090 \text{ A}$$

Automatinio išjungiklio parinkimas: $I_{Naut} \geq I_{apkr}$, $I_{Nel.at.} \geq I_{tr.j.}$ $63 \text{ A} \geq 54,56 \text{ A}$, $10 \text{ kA} \geq 9,09 \text{ kA}$

Tokiu pat principu parenkami kiti apsaugos įrenginiai.

Elektros energijos sąskaitų mažinimui ant namo stogo šlaito planuojama įrengti saulės jėgainę, kuri kompensuotų 2/3 suvartojamos elektros energijos ir vėjo jėgainę kuri padengtų likusią 1/3 dalį suvartojamos elektros energijos kiekio. Kadangi $P_{sk \max}=37,8\text{kW}$, taigi ~27kW apkrova tenka saulės jėgainėi ir ~13kW – vėjo elektrinei.

Stogo pietų pusėje matmenys $27000 \times 6000\text{mm}$, $P_{mod}=440\text{W}$, modulio matmenys $2094 \times 1038\text{mm}$.

Apskaičiuojamas modulių kiekis eilėje:

$$N_{1sk.mod} = \frac{a_{stog}}{a_{mod}} = \frac{27000}{1038} = 26,11 \text{ mod.}$$

Optimaliausias saulės modulių kiekis yra $N_{1mod}=25$, paliekant komfortišką vietos rezervą modulių aptarnavimui.

Apskaičiuojamas maksimalus modulių skaičius:

$$N_{mod} = N_{1mod} \times N_{eil} = 25 \times 2 = 50$$

Skaičiuojama bendra elektrinės galia:

$$P_{jėg.s} = N_{mod} \times P_{mod} = 50 \times 440 = 22 \text{ kW}$$

Surandame jėgainės maksimalią tekančią srovę $I_{sk \max}$:

$$I_{sk \max} = \frac{P_{sk \max}}{\sqrt{3} * U_N} = \frac{22}{\sqrt{3} \times 0,4} = 31,75 \text{ A}$$

Renkamės 5 gyslų varinį kabelį, kurio gyslų skerspjūvio plotas 6mm^2 , $I_{kab.\max}=40 \text{ A}$

Parenkamas automatinis išjungiklis, kurio elektromagnetinio atkabiklio suveikimo srovė 6kA: NOARK Ex9BN C32/3P 6kA.

Vėjo jėgainės nepasižymi tokiu efektyvumu kaip saulės jėgainės, įprastai privatiems klientams įrengiamų jėgainių galia 0,2-3kW. Nors tai ir nepatenkina likusio galios poreikio gyvenamajam namui, tačiau tai yra puiki alternatyva palaikyti galios balansui naktį, kai saulės kolektoriai negamina elektros energijos.

Parenkama bendra vėjo elektrinės galia:

$$P_{jėg.v.} = 2 \text{ kW}$$

Surandama jėgainės maksimali tekanti srovė $I_{sk \max}$:

$$I_{sk \max} = \frac{P_{sk \max}}{\sqrt{3} * U_N} = \frac{2}{\sqrt{3} \times 0,4} = 1,83 \text{ A}$$

Parenkamas 4 gyslų varinis kabelis, kurio gyslų skerspjūvio plotas 1,5mm², I_{kab.max}=16 A.

Parenkamas automatinis išjungiklis, kurio elektromagnetinio atkabiklio suveikimo srovė 6kA: NOARK Ex9BN C10/3P 6kA

Sąvoka išmanusis namas apima tokius terminus, kaip sumanusis, intelektinis, energiją taupantis namas. Ypatingai svarbu tinkamas sistemos projektavimas ir darniai veikiantys įrenginiai, kadangi tikslus automatinis pastato funkcijų valdymas gali sutaupyti iki 30% šiluminės energijos ir net iki 70% elektros energijos sąnaudų [6].

Projektavimui pirmiausia parenkama vieta automatikos įrenginių montavimui. Optimaliausias variantas yra automatikos įrenginius montuoti kuo arčiau įvadinio skydo, taip supaprastinant įrenginių maitinimą ir palengvinant jų aptarnavimą. Kadangi pati sistema nėra didelė ir turi vos kelis komutavimo įrenginius, todėl automatikos įranga montuojama į bendrą 48 modulių elektros paskirstymo skydą garažo šiaurinėje sienoje.

Skyde bus sumontuota ši komutacinė įranga:

- 30V DC maitinimo šaltinis JUNG 2005 REG
- 2 x 6 kanalų šildymo valdiklis JUNG 2336 REG HZR HE
- 1 x Wi-Fi JUNG KNX GATEWAY PLUS

Patalpose bus montuojami šie įrenginiai:

- 10 x grindų temperatūros jutikliai THEBEN 9070321
- 8 x termostatai su ekranu JUNG TEMPERATURE CONTROLLER F50

Komunikacijai tarp įrenginių naudojamas standartinis žalios spalvos dviejų gyslų porų kabelis su ekranu: UNITRONIC BUS EIB 2X2X0.8 - Field Bus Cable EIB / KNX PVC 2x2x0.8mm².

Šis kabelis klojamas magistraliniu principu. Tai toks principas, kai nutiesiamas magistralinis kabelis, prie kurio sujungimo kaladėlėmis lygiagrečiai yra prijungiami išmaniojo tinklo elementai. Kabelis atlieka įrenginių maitinimo ir duomenų perdavimo funkcijas.

Išvados

1. Saulės jėgainei parinkta vieta ant namo stogo, kurio didžioji dalis yra į pietų pusę, o stogo nuolydžio kampas 40°.
2. Atlikta elektros gamybos šaltinių analizė. Atsižvelgiant į suvartojamą galią bei vietovę kurioje yra objektas, parinkti elektros energijos gamybos šaltiniai - 22kW saulės ir 2kW vėjo jėgainės.
3. Atlikus skaičiavimus nustatyta suvartojama suminė skaičiuojamoji galia 37,8kW, o pagaminama - 24kW. Atsižvelgiant į apkrovos augimo perspektyvą ateityje, suprojektuotas namo vidaus galios ir apšvietimo tinklas, parinkti kabeliai neviršijantys leistinų srovių (įvadinis kabelis CYKY-J Cu 5x16, P_{max} = 48kW) ir tinkami elektros apsaugos prietaisai (įvadinis automatas NOARK Ex9BH C63, 10kA).
4. Atsižvelgiant į pastato techninius parametrus - patalpų aukštį, plotą ir paskirtį suprojektuotas namo vidaus ir lauko apšvietimo tinklas, pagal galiojančius teisės reglamentus parinkti šviestuvai, kabeliai.

Literatūra:

1. Išmanūs namai. [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga internetu: <https://alternetas.lt/services/ismanus-namai/>.
2. Fibo blokelių charakteristika. [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga internetu: <https://www.lt.weber/fibo-blokelis-3mpa>
3. Elektros instaliacijos reikalavimai konkrečiam tipui. [žiūrėta 2021-11-10]. Prieiga internetu: http://www.statybostaisykles.lt/sites/default/files/01_ENERGOTRAIN_IN_TA12_%C5%BDemos%20%C4%AFtamos%20elektros%20%C4%AFrenginiai_v161215.pdf
4. Kaip veikia vėjo jėgainės? [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga internetu: <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work>
5. Skaičiuojamųjų elektros apkrovų nustatymo metodika. [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga internetu: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/24e5ae208fa711e48028e9b85331c55d?jfwid=rivwzvpvg&fbclid=IwAR3VFQXzHj9248BrICbgRSYJGNYM-KLQnpf4F23P7Rs17vvcJr-XxGkvnS0>
6. Protingas namas - visi elektriniai prietaisai vienoje rankose. [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga internetu: <https://www.jung.de/lt/600/sprendimai/protingos-sistemas/>

STUDY OF ELECTRICAL NETWORK WORK OF THE SMART HOUSE

Summary

A study is being conducted analyzing ways and methods with which it would be possible to select smart home systems, create house load schedules, design a lighting network and reduce electricity consumption in production. Electrotechnical calculations were carried out in the work, installation elements were selected. Alternating current electrical network diagrams have been drawn up, and drawings for the arrangement of luminaires in the facility have been presented.

Keywords: Loads, lighting, cables, security measures, energy saving.

3,35 MW FOTOELEMENTŲ ELEKTRINĖS SU SAULĖS SEKIMO SISTEMA DARBO TYRIMAS

Povilas Klimantavičius, Gediminas Daukšys

Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programa

Anotacija

Senkant organinio kuro atsargoms, nėra kitos išeities, kaip šį kurą pakeisti alternatyviaisiais energijos šaltiniais. Vienas iš atsinaujinančios energijos šaltinių yra saulės energija, kuri yra gaunama tiesiogiai iš saulės šviesos, o norint išgauti daugiausiai saulės energijos elektrinei, įdiegiama saulės sekimo sistema, kuri užtikrina maksimalų saulės elektrinės išnaudojimą. Darbo tikslas: suprojektuoti 3,35 MW nominaliosios saulės šviesos energijos elektrinę su saulės sekimo sistema.

Reikšminiai žodžiai. Apkrovos, energija, sistema, kabeliai, energijos taupymas.

Išvadas

Elektros energija yra ekonominės plėtros bei žmonijos pagrindas. Be šios energijos negalima pagerinti nei visuomenės, nei atskiro žmogaus gyvenimo. Naudojant tradicinius energijos šaltinius yra sukuriamą ekonominę priklausomybę nuo energijos išteklių tiekėjų ir juos eksportuojančių šalių. Tačiau viena didžiausių problemų yra ta, kad organinio kuro atsargos yra baigtinės ir jos nepaliaujamai senka. Visuomenės tvariam vystymuisi užtikrinti bei šioms problemoms spręsti nėra kitos išeities, kaip stengtis mažinti energijos vartojimą bei didinti jos vartojimo efektyvumą, taip pat didžiąją dalį iškaskamo organinio kuro pakeisti alternatyviaisiais energijos šaltiniais.

Vienas iš atsinaujinančiosios energijos šaltinių yra saulės energija. Spindulinė saulės energija paverčiama į šiluminę energiją saulės kolektoriuose, o elektros energija yra gaunama tiesiogiai iš saulės šviesos. Norint išgauti daugiausiai saulės energijos elektrinei, įdiegiama saulės sekimo sistema, kuri automatiškai reguliuoja saulės modulių pasvirimo kampą, priklausomai nuo saulės kelio dangaus skliautų skirtingais metų laikais, taip užtikrinant maksimalų saulės elektrinės išnaudojimą. [3]

Tikslas - suprojektuoti Lazdijų raj. savivaldybėje, Grikapalio kaime, 3,35 MW nominaliosios galios saulės šviesos energijos elektrinę su saulės sekimo sistema.

1. Esamo tinklo analizė

Projekte numatyta sumontuoti 3,35 MW nominaliosios galios saulės šviesos energijos elektrinę. Saulės elektrinė įrengiama Grikapalio k., Lazdijų sen., Lazdijų raj. sav. žemėje.

Saulės moduliai montuojami ant metalinių tvirtinimo konstrukcijų, kurios įkasamos į žemę. Saulės šviesos energijos elektrinės moduliai nuosekliai sujungiami į grupes ir kabeliais prijungiami prie inverterių. Modulių pakreipimui pagal saulės švietimo kryptį projektuojami trakeriai. Trakerius valdo trakerių valdiklis, priklausomai nuo paros laiko, vėjo parametrų. Apšvietos matavimui įrengiamas piranometras, kuris sujungiamas su inventerio valdikliu, duomenų apie apšvietą perdavimui. Kabeliai klojami konstrukcijomis ir žemėje vamzdžiuose.

Nuo inverterių projektuojami kabeliai ir klojami žemėje iki MT 0,8kV skirstyklos. Kiekvienos saulės panelės valdymo trakeris maitinamas nuo PS-1, PS-2 skydų montuojamų šalia inverterio. PS skydai prijungiami nuo savų reikmių skydo. [1]

Gamintojo įranga turi užtikrinti ir reguliuoti, kad saulės fotoelektrinės į tinklą generuojamos galios parametrai atitiktų standartą LST EN 50160 – bendrų skirstomųjų elektros tinklų įtampos charakteristikas.

Saulės elektrinės prijungimui prie elektros tinklų numatyta sumontuoti modulinę galinę transformatorinę.

Projektuojama MT prijungiama prie esamos 10kV linijos iš Lazdijų TP.

10 kV SF6 dujų arba hermetizuoto oro izoliacijos skirstykla su dviem galios transformatoriaus narveliais su jungtuvais, vienu nuotoliniu būdu valdomu linijiniu narveliu su galios skyrikliu ir vienu narveliu su įtampos transformatoriumi, elektros energijos apskaitai 10kV skirstyklos įrangos maitinimui ir savų reikmių transformatoriumi bei atskiru TSPI.

Modulinė transformatorinė turi būti suderinta su 10kV skirstykla, kad būtų įmanomas tinkamas įrenginių įrengimas bei eksploatavimas. Visi elektros montavimo darbai atlikti vadovaujantis EIIBT, ELIIT, SPEIIT, RSN ir STR reikalavimais. [1]

Projektuojama fotovoltinė saulės elektrinė pagal galią priklauso B tipui. Modulinėje transformatorinėje, kurios 10 kV dalis priklauso AB ESO, galios skyriklio narvelyje sumontuotas atskiras srovės transformatorius, kurio antrinė apvija naudojama suvartojamos elektros energijos komercinei apskaitai. Prie šios antrinės srovės

transformatorių apvijų jungiamas vienas dviejų kryptų EEA skaitiklis, kuris montuojamas komercinėje apskaitos spintoje (KAS) ir jį pateikia AB ESO.

Skaitiklio srovinės kilpos prijungiamos prie automatizuotos apskaitos duomenų surinkimo ir perdavimo valdiklio, iš kurio apskaitos duomenys yra perduodami į esamą AB ESO automatizuotos elektros energijos apskaitos sistemą (AEEAS). Prie valdiklio yra prijungiama skaitiklio pirma srovinė kilpa. Šis kontroleris per GPRS tinklą perduos naujai įrengiamo elektros skaitiklio sekančius duomenis. Pastačius anteną, parinkimo įranga turi fiksuoti ne mažesnę kaip -80dB (GSM) GPRS ryšio signalo stiprumą. Sumontavus įrangą, duomenų perdavimas išbandomas iš skaitiklių į AB ESO AEEAS sistemą.

2. Tyrimo rezultatai

Projektuojant saulės elektrinę pasirinktas monokristalinis SOLID Pro M.60 saulės elementas [5]. Elektrinei pasirinkti 175 kW inverteriai, vadovaujantis AB „Energijos skirstymo operatoriaus“ (toliau ESO) sąlygomis saulės elektrinės prijungimui prie elektros tinklų numatyta sumontuoti modulinę galinę transformatorinę su 2000, 2500 ir 2x40 kVA transformatoriais. MT sumontuoti:

1. 10,5/0,8 kV 2000 kVA galios transformatorius;
2. 10,5/0,8 kV 2500 kVA galios transformatorius;
3. 0,8/0,4 kV 40 kVA savų reikmių transformatorius;
4. Dviejų šynų sekcijų 0,8 kV skirstyklą;
5. TSPI.

Saulės elektrinei naudojami Bifacial Track +40 trakeriai. Saulės elektrinių pasvirimo kampas, priklausomai nuo saulės kelio dangaus skliautu skirtingais metų laikais, bus automatiškai reguliuojamas, taip užtikrinant maksimalų saulės elektrinės išnaudojimą. Prie saulės elektrinių statomos dvi meteorologinės stotelės, kurios matuos vėjo greitį. Vėjo greičiui pasiekus ribinę reikšmę bus duodama komanda saulės moduliams pasisukti į horizontalią padėtį, taip užtikrinant, kad vėjas nenulauš saulės elektrinių ar jų konstrukcijų. Komandos trakeriams bus perduodamos iš meteorologinės stotelės. [6]

Vieno saulės modulio matmenys: $1,7m^2$. Vieno saulės modulio generuojama galia: 320 W.

Apskaičiuojamas saulės elementų skaičius, tenkantis visos saulės elektrinės generuojamai galiai:

$$n_{elem.} = \frac{P_{SE}}{P_N} = \frac{3350000}{320} = 10468 \text{ vnt}; \quad (1.1)$$

čia PSE – elektrinės nominali galia; PN – nominali saulės elemento galia.

Saulės elementų moduliai sujungiami į blokus: dvejomis eilėmis nuosekliai po 33 vnt.

Bloko matmenys

$$\text{Ilgis: } l=2 \cdot 1,7=3,4 \text{ m}. \quad (1.2)$$

$$\text{Plotis: } b=33 \cdot 0,997=32,901 \text{ m}. \quad (1.3)$$

$$\text{Plotas: } S_{blk.}=l \cdot b=24,93 \cdot 1,99=39,71 \text{ m}^2. \quad (1.4)$$

$$\text{Bloko galia: } P_{blk.}=66 \cdot 320=21120 \text{ W}. \quad (1.5)$$

Norint gauti 1 MW galią reikia sujungti 3200 saulės elementų modulių. Tam reikia 50 blokų po 21120 W. Blokai statomi stačiakampio formos lauke vieną nuo kito 20 metrų atstumu, kad nekristų šešėlis nuo šalia esančių blokų.

Tuomet 1 MW saulės elektrinės plotas:

$$S_{1MW} = (l + 2) \cdot (b + 2) \cdot \text{blokų sk.} = (3,4 + 2) \cdot (32,901 + 2) \cdot 48 = 59418 \text{ m}^2. \quad (1.6)$$

1 MW saulės elektrinės elementų plotas:

$$S_{1MW} = l \cdot b \cdot \text{blokų sk.} = 3,4 \cdot 32,901 \cdot 48 = 5369 \text{ m}^2. \quad (1.7)$$

Saulės elektrinės vidutinės generuojamos galios nustatymas:

$$P_{V.elek} = \left(\frac{E}{t_k}\right) * \eta_F * \eta_S * S_M = \left(\frac{1190 \cdot 10^3}{1800}\right) * 0,27 * 0,9 * 5369 = 8625 \text{ kW}; \quad (1.8)$$

čia: η_F – pasirinkto saulės elemento naudingumo koeficientas; η_S – likusių saulės elektrinės grandžių naudingumo koeficientas; S_M – saulės elektrinės užimamas plotas; E – vidutinis energijos kiekis gaunamas per metus; t_k – vidutinė saulės spindėjimo trukmė.

Apskaičiuojama, kiek fotovoltinių modulių vienetų jungiasi į keitiklį [11]:

$$\eta_{sk} = \frac{U_{keit.max}}{U_0} = \frac{1500}{41,16} = 36 \text{ vnt}; \quad (1.9)$$

čia: $U_{keit.max}$ – keitiklio maksimali įtampa; U_0 – fotovoltinio modulio atviros grandinės įtampa; η_{sk} – fotovoltiniai moduliai vienetais.

Į keitiklį jungiasi 36 fotovoltiniai moduliai. Kadangi 36 vienetų fotovoltiniai moduliai jungiami nuosekliai, apskaičiuojama fotovoltinių modulių įtampa:

$$\Omega^1 = \Omega^0 * U^{2K} = \sqrt{U^2} * 30 = \sqrt{855} \quad (1.10)$$

čia: U_0 —fotovoltinio modulio atviros grandinės įtampa; n_{sk} —fotovoltiniai moduliai vienetais; U_f —36 vnt. fotovoltinių modulių įtampa.

Apskaičiuojama 36 vienetų saulės elementų galia:

$$P_f = n_{sk} * P_N = 36 * 320 = 11520W; \quad (1.11)$$

čia: n_{sk} —fotovoltinių modulių vienetai; P_N —fotovoltinio modulio nominali galia; P_f —36 vnt. fotovoltinių modulių galia.

Apskaičiavus 36 vienetų saulės elementų galią ir įtampą, matoma, kad įtampa yra pakankama keitikliui, todėl toliau elektrinės galia didinama jungiant fotoelementų blokus lygiagrečiai.

Apskaičiuojama, kiek blokų reikia prijungti lygiagrečiai po 36 vnt. fotovoltinių modulių:

$$n_{bloko} = \frac{P_{keit.nom.}}{P_f} = \frac{175000}{11520} = 15,19; \quad (1.12)$$

Atsižvelgus, kiek blokų į įtampos ir galios nuostolius prie keitiklio jungiama po 16 blokų.

čia: $P_{keit.}$ —keitiklio įėjimo maksimali galia; P_f —fotovoltinių modulių galia; n_{bloko} —lygiagrečiai prijungti blokai.

Prie keitiklio jungiami 16 blokų sujungtų lygiagrečiai, kuriuose nuosekliai sujungti 36 vnt. fotovoltiniai moduliai, dvejomis eilėmis po trisdešimt tris.

Apskaičiuojamas keitiklių skaičius:

$$n_k = \frac{P_{elek}}{P_{keit}} = \frac{3350000}{175000} = 19 \text{ keitiklių};$$

čia: P_{elek} —saulės elektrinės galia; P_{keit} —keitiklio įėjimo maksimali galia; n_k —keitiklių skaičius.

3,35 MW galios generavimui reikalingi 10468 vnt. saulės elementai ir 19 vnt. SUN2000-185KTL-keitiklių. Prie kiekvieno iš jų lygiagrečiai prijungiami 16 blokų, kuriuose fotovoltiniai moduliai sujungti nuosekliai, dvejomis eilėmis po trisdešimt tris vienetus. Vieno bloko visų nuosekliai prijungtų elementų įtampa lygi 1482 V, o galia 11,52 kW.

MT modulinėje transformatorinėje projektuojami 2 galios transformatoriai [2, 4], kurių galingumai yra 2000 kVA T-1 ir 2500 kVA T-2 transformatoriai, kurių vardinė srovė 10,5 kV pusėje ir 0,8 kV pusėje yra:

$$I_{v10} = \frac{S_t}{\sqrt{3} * U_{10}} = \frac{2000000}{\sqrt{3} * 10500} = 110A; \quad (1.13)$$

$$I_{v0,8} = \frac{S_t}{\sqrt{3} * U_{0,8}} = \frac{2000000}{\sqrt{3} * 800} = 1443A; \quad (1.14)$$

$$I_{v10} = \frac{S_t}{\sqrt{3} * U_{10}} = \frac{2500000}{\sqrt{3} * 10500} = 137,5A; \quad (1.15)$$

$$I_{v0,8} = \frac{S_t}{\sqrt{3} * U_{10}} = \frac{2500000}{\sqrt{3} * 800} = 1804A; \quad (1.16)$$

Prenkami kabeliai einantys nuo saulės elementų bloko iki keitiklio, paskaičiuojami galios ir įtampos nuostoliai linijoje.

Maksimali srovė galinti tekėti per kabelį:

$$I_{leist.n.} = \frac{P_{blk.sk.}}{U_{blk.sk.}} = \frac{21120}{1482} = 14,25 A; \quad (1.17)$$

čia: $P_{blk.sk.}$ - vieno bloko galia; $U_{blk.sk.}$ - vieno bloko įtampa.

Prenkamas kabelis nuo pirmo bloko iki keitiklio. Atstumas nuo pirmo bloko iki keitiklio yra 28,1 m. Prenkamas varinis KBE Solar firmos 1x6 kabelis. Leistinoji kabelio srovė žemėje $I_{kab.leist.} = 52 A$, skerspjūvis – $d = 6 \text{ mm}^2$, kabelio aktyvioji varža $R_{kab.} = 3,39 \Omega/\text{km}$.

Apskaičiuojama linijos kabelio varža:

$$R_L = L * R_{kab.} = 0,0281 * 3,39 = 0,1 \Omega; \quad (1.18)$$

Apskaičiuojamas įtampos kritimas linijoje procentais:

$$\Delta U = I_{leist.n.} * R_L = 14,25 * 0,1 = 1,43 V; \quad (1.19)$$

Apskaičiuojamas įtampos kritimas linijoje procentais:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_f} * 100 = \frac{1,43}{1482} * 100 = 0,1 \%; \quad (1.20)$$

Apskaičiuojami galios nuostoliai linijoje:

$$\Delta P = I_{leist.n.}^2 * R_L = 14,25^2 * 0,0281 = 5,71 W; \quad (1.21)$$

Naudojantis tomis pačiomis formulėmis ir tuo pačiu principu, atliekami likusių blokų skaičiavimai.

Prenkami kintamos srovės kabeliai nuo keitiklio iki transformatoriaus.

Nominalioji išėjimo srovė iš keitiklio yra 126,3 A. Pagal tai parenkami kabeliai AXPB 4*240, einantys nuo keitiklio iki transformatoriaus. Atstumas nuo keitiklio iki transformatoriaus $L = 241 \text{ m}$.

Apskaičiuojami įtampos ir galios nuostoliai linijoje:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R_1 + Q \cdot X_1}{U} = \frac{33500 \cdot 0,03 + 2,08 \cdot 0,024}{400} = 2,513 \text{ V}; \quad (1.22)$$

Apskaičiuojamas įtampos kritimas linijoje procentais:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_f} \cdot 100 = \frac{2,513}{1482} \cdot 100 = 0,17 \%; \quad (1.23)$$

Pasirinkto kabelio skersmuo 240 mm, o leistinoji srovė įvertinus pataisos koeficientą - 390 A, o vieno keitiklio išėjimo srovė yra 126,3 A. Galima daryti išvadą, jog kabelis parinktas teisingai. Visi reikiami kabeliai parenkami, tokie patys ir to paties tipo, kadangi statomi vienodi keitikliai, tai įvertinami tik atstumai ir juose susidarę galios ir įtampos nuostoliai.

Paskaičiuojama trumpojo jungimo srovė MT 0,8 kV šynose prie 10 kV įtampos, transformuodami ją per 10,5/0,8 kV galios transformatorius (T-1 ir T-2) ir įvertinama jo varža. MT 0,8 kV Š1-08:

$$Z_{T1} = 10 \cdot U_{TJ\%} \cdot \frac{U_{p1}^2}{S_{TN1}} = 10 \cdot 6 \cdot \frac{10,5^2}{2000} = 3,31 \Omega; \quad (1.24)$$

$$Z_{k3max} = \frac{U_p}{\sqrt{3}} \cdot I_{k3min} = 10500 \cdot \frac{\sqrt{3}}{1769} = 3,42 \Omega; \quad (1.25)$$

$$I_{k3max} = \frac{U_p}{\sqrt{3}} \cdot Z_{10kVmin} = \frac{10500}{\sqrt{3}} \cdot 6,71 = 903 \text{ A}; \quad (1.26)$$

Trifazio trumpojo jungimo srovė - 903 A. Ji bus tokia pati šynose Š1 ir Š2.

Išvados

1. 3,35 MW galios generavimui reikalinga 10468 saulės elementai SOLID Pro M.60 ir 19 SUN2000-185KTL keitiklių, prie kurių jungiasi 32 lygiagrečiai sujungti blokai po 66 nuosekliai sujungtų elementų. Prijungimui prie elektros tinklų montuojama modulinė galinė transformatorinė su 2000, 2500 ir 2x40 kVA transformatoriais.

2. Elektrinei parinkti nuolatinės KBE Solar firmos 1x6 kabeliai bei kintamos srovės AXP 4G240 kabeliai, juose apskaičiuoti įtampos kritimai ir galios nuostoliai. Įtampos kritimas smarkiai išauga artėjant prie keitiklio, dėl padidėjusių srovių.

3. Visus darbus turi vykdyti specializuotos organizacijos, atestotos tiems darbams. Montuojant įrenginius būtina vykdyti gamintojų techniniuose dokumentuose nurodytus reikalavimus. Moduliai turi būti saugiai pritvirtinti prie montavimo bėgelio, kad atlaikytų mechaninį slėgį. Tvirtinimui naudojami Alumero CLICK 6.8 spaustukai.

4. Pastotės įžeminimo tvorai įrengti reikia 3 m ilgio 54 metalinių strypų. Elektrinės įžeminimui įrengti reikia 20 m ilgio 10 metalinių strypų. Iš viso įžeminimui reikalingi 64 elektrodai, tarpusavį sujungti į plieninę juostą.

Literatūra:

1. Drabatiukas, M. Lubys, R. Miliūnė. Elektriko vadovas – Vilnius – 2020.
2. Elektrinės valdymo įrenginių parinkimas. [Žiūrėta 2022-03-29]. [Interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.elstila.lt/img/cms/Informacija/etitec.pdf>.
3. Įvadas. [Žiūrėta 2022-02-09]. [Interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.geraskuras.com/energijos-saltiniai/apie-energijos-saltinius.html>.
4. Liuminescencinis (fluorescencinis) apšvietimas. [Žiūrėta 2022-02-09]. [Interaktyvus]. Prieiga per internetą: http://www.supernamai.lt/fluorescencines_lempos_privalumai_ir_trukumai/.
5. Pasirinkto saulės elemento charakteristika. [Žiūrėta 2022-03-30]. [Interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.solitek.eu/storage/app/media/apie/solitek-solid-photovoltaic-module-pv-installation-manual-3.pdf>.
6. Trakerių valdymas. [Žiūrėta 2021-11-26]. [Interaktyvus]. Prieiga per internetą: <https://www.britannica.com/technology/solar-tracker>.

STUDY ON OPERATION OF 3.35 MW PHOTOCELL POWER PLANT WITH SOLAR TRACKING SYSTEM Summary

With the depletion of fossil fuel supplies, there is no other way to replace this fuel with alternative energy sources. One of the sources of renewable energy is solar energy, which is obtained directly from sunlight, and in order to extract the most solar energy for the power plant, a solar tracking system is installed that ensures maximum utilization of the solar power plant. The aim of the final work: to design a 3.35 MW nominal solar light power plant with a solar tracking system.

Key words: Loads, cables, security measures, energy saving.

ELEKTROS ENERGIJOS TAUPYMO IR SUVARTOJIMO MAŽINIMO GALIMYBIŲ KOMPLEKSINIS TYRIMAS GAMYBINĖS PASKIRTIES PATALPOSE

Gabrielė Januševičiūtė, Gediminas Daukšys

Kauno technikos kolegija, Elektros energetikos studijų programa

Anotacija

Atliktas tyrimas, parodantis kokiais būdais ir metodais galima būtų sumažinti elektros energijos suvartojimą gamybinės paskirties patalpose. Šio darbo tikslas yra nustatyti ir pasiūlyti elektros energijos taupymo ir suvartojimo mažinimo galimybes tiriamajame objekte. Darbe atlikti elektrotechniniai skaičiavimai, kurių metu nustatytas įmonei tinkamiausias saulės elektrinės galingumas ir parinkti moduliai, nauji šviestuvai bei automatinės apsaugos priemonės elektrinės ir apšvietimo tinkle. Sudarytos nuolatinės ir kintamos srovės saulės elektrinės schemos, pateikti elektrinės ir šviestuvų išdėstymo objekte brėžiniai.

Pasiūlytos sąlygos ir galimybės sudaro prielaidas kiekvienai gamybinei įmonei sunaudoti mažiau energijos ir tapti efektyvia bei konkurencinga įmone gamybos ir sandėliavimo srityje.

Reikšminiai žodžiai. Energijos taupymas, saulės elektrinė, saulės moduliai, inverteris.

Ivadas

Elektros tiekimas yra labai svarbi kiekvienos įmonės sklandaus darbo sąlyga. Be elektros tiekimo įmonės neturi apšvietimo, dažnu atveju šildymo, negali vykdyti administracinių, sandėliavimo ir gamybinių funkcijų. Atsižvelgiant į elektros energijos svarbą įmonės veikloje, labai svarbu įvertinti elektros energijos kainų pokyčius Lietuvos ir pasaulinėje rinkoje.

Elektros energijos kainos pokyčiai biržoje yra labai ryškūs [2]. Pasaulinėje elektros energijos biržoje (Nord Pool) elektros energijos kainos Lietuvoje nuo 2020 m. sausio mėnesio iki 2021 m. lapkričio padidėjo 4,15 karto. Nuo 30,82 Eur/MWh iki 127,82 Eur/MWh. Pagal Valstybinės Energetikos Reguliavimo Tarnybos duomenis akcentuojama, kad kainų augimas priklauso nuo šių dedamųjų [6]: didesnės elektros energijos ateities sandorių kainos, nuo sandorių tipo ir pristatymo laikotarpio, apyvartinių taršos leidimų (ATL) kainų augimo. „European Energy Exchange“ (EEX) duomenimis, ATL kaina didėjo daugiau nei du kartus nuo 23,82 iki 54,22 Eur už toną anglies dvideginio ekvivalento; žaliavų (gamtinių dujų, naftos, anglies) reikšmingo ateities sandorių kainų didėjimo. „Intercontinental Exchange“ biržos duomenimis, 2021-ųjų gruodžiui gamtinių dujų kaina apytiksliai didėjo nuo 15,84 Eur/MWh iki 27,96 Eur/MWh (Vokietijos „Gaspool“ gamtinių dujų indeksas).

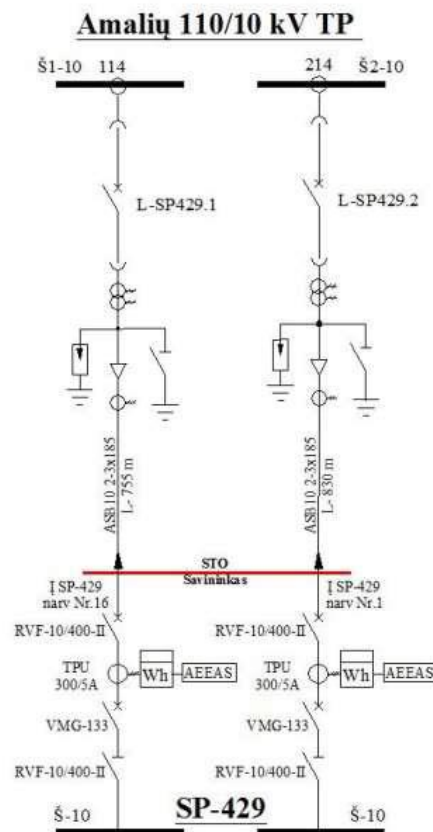
Pastaruoju metu ganėtinai sparčiai augančios elektros energijos kainos verčia įmones ieškoti pigesnių alternatyvų, galinčių pakeisti iš elektros tiekėjų gaunamą elektros energiją. Tokiais atvejais įmonės pradeda svarstyti apie naudojamų įrenginių galingumų mažinimą ar atsinaujinančios energetikos įsidiegimą bent dalies elektros energijos poreikiui patenkinti.

Šio darbo tikslas – nustatyti ir pasiūlyti elektros energijos taupymo ir suvartojimo mažinimo galimybes gamybinės paskirties patalpose.

1. Esamo tinklo analizė

Analizuojamo objekto vieta yra Draugystės g. Kaune. Pastato plotas ~51 000 m². Bendri pastato elektros suvartojimai yra apie 7000 MWh per metus, apie 0,6 MWh per mėnesį. Elektros energijos nuostoliai siekia apie 6-8% per mėnesį. Nuostolių skaičiavimai padaryti atliekant skaičiavimus tarp ESO skaitiklių duomenų ir kiekvienos atskiros pastato dalies skaitiklių sumų. Energijos skirstymo operatoriaus (ESO) objektui išduota leistinoji naudoti galia yra 2700kW. Norint užtikrinti nenutrūkstamą elektros tiekimą elektros energija objektui tiekama keliomis patikimumo kategorijomis. 1700 kW priklauso 2 kategorijai. Likę 1000 kW priklauso 3 patikimumo kategorijai.

Objektas yra maitinamas iš 110/10 kV Amalių TP narvelių Nr.114 ir Nr.214. Iki objekto skirstyklos SP-429 nutiesta 10 kV kabelių linija, 1 pav.



1 pav. Elektros energijos tiekimo schema

Skirstyklą sudaro trys transformatorinės TP-1, TP-3 ir TP-4. Transformatorių pagaminimo metai nuo 1964 iki 1991 m.

Objekte naudojami seno tipo liuminescenciniai šviestuvai nuo 14 - 58 W, šviesos efektyvumas siekia 34 - 104 lm/W, tarnavimo laikas 5000 - 10000 val., spinduliuojamos spalvos temperatūra 2700 - 6500 K.

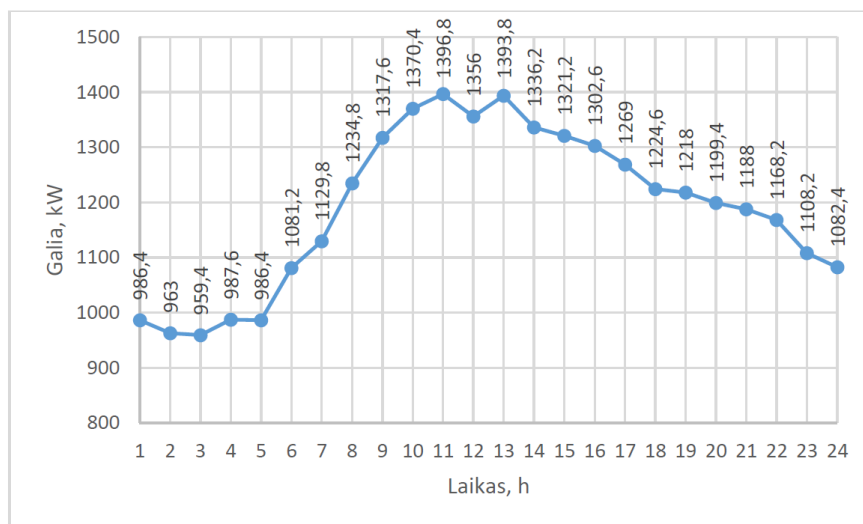
Remiantis esama situacija galima teigti, kad įmonė suvartoja daug elektros energijos. Energijos nuostolių mažinimas paskirstymo sistemose yra svarbus planavimo ir eksploatavimo klausimas, turintis techninių ir ekonominių pasekmių. Tai reiškia ne tik techninį tinklo tobulinimą, jį atnaujinant, įdiegiant technologines naujoves įrangoje ir grandinės komponentuose bei optimalų tinklo projektavimo ir plėtros planavimą, bet ir metodų, programinės įrangos priemonių naudojimas, palengvinantis operacijos procesą [4]. Šiuo metu įmonėje naudojami transformatoriai (1.4 pav.) gali būti didžiausia elektros nuostolių priežastis. Elektros energijos nuostoliai siekia apie 6-8% elektros energijos suvartojimo per mėnesį. Pakeitus transformatorius nuostoliai galėtų sumažėti iki 1,27%. [3] Vertinant ilgalaikėje perspektyvoje, įmonė galėtų sutaupyti iki maždaug 6,5% mokesčiams už elektros energiją skirtų lėšų.

LED šviestuvai sunaudoja 40–80 % mažiau elektros energijos ir turi mažiausiai 5 kartus ilgesnį tarnavimo laikotarpį, nei įprasti aukšto slėgio natrio (HPS) šviestuvai. LED lempos yra dvigubai efektyvesnės nei fluorescencinės lempos [8].

Dėl didelio plokščio stogo ploto (apie 25000 m²), yra galimybė įmonei įsirengti saulės fotovoltinius modulius. Atsinaujinančios energetikos sektorius Lietuvoje sparčiai plečiasi, o saulės elektrinių pagaminta energija gali būti naudojama vidinėms įmonės reikmėms, o perteklinė energija parduodama elektros tinklams. Pagrindiniai saulės modulių tipai yra monokristalinis, polikristalinis ir plonasluoksnis, koncentruotos šviesos moduliai, ir eksperimentiniai biohibridiniai saulės šviesos moduliai [1].

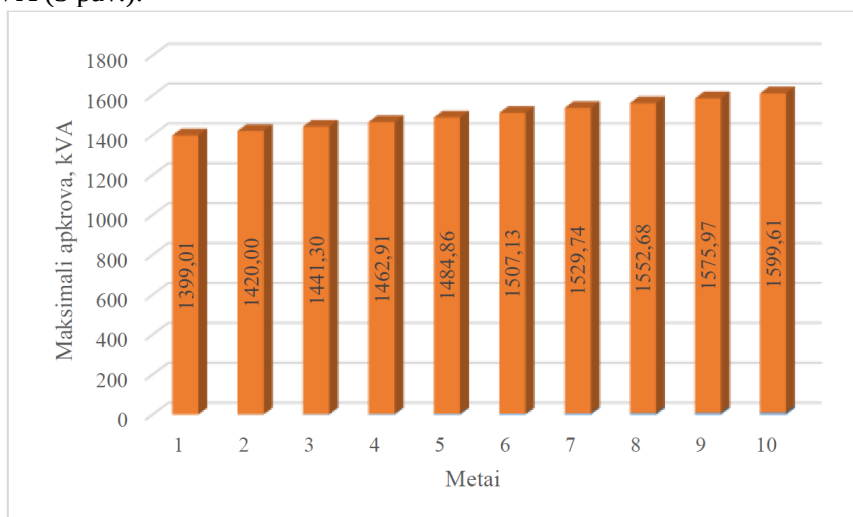
2. Tyrimo rezultatai

Iš įmonės energijos apskaitos įrenginių randame įmonės suvartojamą galią. Atlikus analizę didžiausia apkrova metų bėgyje nustatyta vasario mėnesio 5 d. Apkrovos grafikas pateiktas 2 pav.



2 pav. Įmonės paros apkrovos grafikas žiemos metu

Įvertinus įmonės perspektyvinės apkrovos augimo dinamiką 10 metų laikotarpyje gaunama $S_{max}=1599,61$ kVA (3 pav.).



3 pav. Maksimalios apkrovos kitimas 10 metų laikotarpyje.

Projektuojama ne mažesnė kaip 1,5 MW saulės elektrinė. Parenkami komerciniai monokristaliniai saulės moduliai SunPower Performance 3. Parinkti modulio parametrai pateikti 1 lent.

1 lentelė

Saulės modulio SunPower Performance 3 (415W) techniniai parametrai [5]

Modelis	SPR-P3-415-COM-1500
Saulės elementai	Monokristaliniai PERC
Nominali galia	415 W
Galios nuokrypis	+5/-0%
Naudingumas	20.1%
Vardinė įtampa	45.0 V
Vardinė srovė	9.22 A
Atviros grandinės įtampa	54.1 V
Trumpojo jungimo srovė	9.90 A
Maksimali sistemos įtampa	1500 V IEC
Maksimalus serijos saugiklis	18 A
Svoris	22.3 kg

Kadangi pastatas ant kurio projektuojama saulės elektrinė yra plokščiu stogu, modulių montavimui bus naudojami stovai CompactFlat S15. Šie stovai yra aerodinaminiai, su 15° nuolydžiu ir suteikia galimybę pasirinkti tarpų tarp modelių eilių dydį. Vietos taupymo sumetimais pasirinkti S15 – 571 mm tarpus tarp eilių turintys saulės modulių laikikliai (4 pav.).



4 pav. Moduliai sumontuoti ant SunPower CompactFlat S15 saulės modulių laikiklių ir šių laikiklių matmenys

Apskaičiuojama saulės elektrinės vidutinė generuojama galia:

$$P_{v,elek} = \left(\frac{E}{t_k}\right) \cdot \eta_F \cdot \eta_S \cdot S_{elektr} = \left(\frac{1190 \cdot 10^3}{1800}\right) \cdot 0.201 \cdot 0.9 \cdot 7451,59 = 891,2 \text{ kW} \quad (1)$$

Čia: η_F – parinkto saulės elemento naudingumo koeficientas; η_S – likusių saulės elektrinės grandžių naudingumo koeficientas, priimamas $\eta_S = 0,9$; S_{elektr} – saulės elektrinės užimamas plotas; E – vidutinis energijos kiekis gaunamas per metus: $E = 1190 \cdot 10^3 \text{ Wh/m}^2$; t_k – vidutinė saulės spindėjimo trukmė: $t_k = 1800 \text{ h}$.

Parenkamas galios keitiklis Huawei SUN2000-185KTL-H1. Keitiklio įėjimo galia yra 185 kW, įėjimo maksimali įtampa 1500 V. Apskaičiuojama kiek fotovoltinių modulių vienetų jungiama į keitiklį:

$$n_{sk} = \frac{U_{keit,max}}{U_0} = \frac{1500}{54.1} = 27 \text{ vnt} \quad (2)$$

Čia: U_0 – fotovoltinio modulio atviros grandinės įtampa.

Kadangi 27 vienetai fotovoltinių modulių jungiami nuosekliai, apskaičiuojama fotovoltinių modulių įtampa:

$$U_f = U_0 \cdot n_{sk} = 54.1 \cdot 27 = 1460.7 \text{ V} \quad (3)$$

Apskaičiuojama 27 saulės modulių galia:

$$P_f = P_N \cdot n_{sk} = 415 \cdot 27 = 11205 \text{ W} \quad (4)$$

Apskaičiavus 27 vienetų fotoelementų įtampą ir galią galima teigti, kad įtampa yra pakankama keitikliui, o toliau elektrinės galia didinama lygiagrečiai jungiant fotoelementų blokus. Apskaičiuojama, kiek blokų reikia prijungti lygiagrečiai po 27 vienetus fotovoltinių modulių:

$$n_{bloko} = \frac{P_{keit}}{P_f} = \frac{185000}{11205} = 16 \text{ vnt.} \quad (5)$$

Prie vieno keitiklio lygiagrečiai bus jungiama 16 blokų, kuriuose bus po 27 fotovoltinius modulius, sujungtus nuosekliai. Apskaičiuojamas keitiklių skaičius:

$$n_k = \frac{P_{elekt}}{P_{keit}} = \frac{1500000}{185000} = \sim 9 \text{ vnt} \quad (6)$$

Atsižvelgiant į parinktų saulės modulių galingumą ir tai, kad apskaičiuotas saulės elektrinės galingumas yra 1,5 MW, reikalingas saulės modulių kiekis yra 3614. Taip pat reikia 9 galios keitiklių, į kuriuos moduliai bus jungiami po lygiagrečiai sujungtus 16 blokų, kuriuose bus po 27 fotovoltinius modulius, sujungtus nuosekliai. Tokiu atveju gaunamas saulės elektrinės galingumas yra 1499,81 kW. Šiai projektuojamai saulės elektrinei parenkami 9 vienetai 185 kW galios keitiklių Huawei SUN2000-185KTL-H1. 11,5 MW saulės elektrinei parenkami nuolatinės srovės kabeliai. Tai yra kabeliai einantys nuo saulės elementų bloko iki keitiklio. Apskaičiuojami galios ir įtampos nuostoliai linijoje. Maksimali srovė, galinti tekėti per kabelį:

$$I_{bl,leist.} = \frac{P_{bl}}{U_{bl}} = \frac{13878}{1215} = 11,42 \text{ A} \quad (7)$$

Čia: P_{bl} – vieno bloko galia; U_{bl} – vieno bloko įtampa.

Parenkami nuolatinės srovės kabeliai. Tai yra kabeliai einantys nuo saulės elementų bloko iki keitiklio. Maksimali srovė, galinti tekėti per nuolatinės srovės kabelį:

$$I_{bl.leist.} = \frac{P_{bl}}{U_{bl}} = \frac{13878}{1215} = 11,42 \text{ A} \quad (8)$$

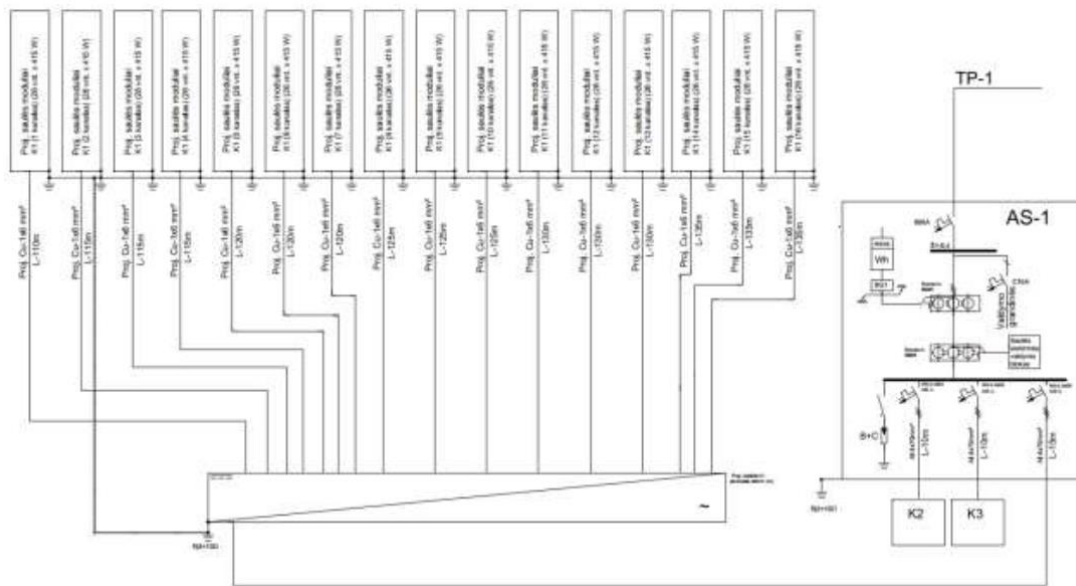
Parenkami kabeliai, esantys didžiausiu atstumu iki keitiklio. Ilgiausio kabelio jungiančio fotoelementų blokus su keitikliu ilgis $L_1=135 \text{ m}$, parenkamas varinis kabelis H07V-K 1x6mm² 450/750 V. Nominali kabelio srovė $I_{kab}=50 \text{ A}$, A skerspjūvis – $d=6 \text{ mm}^2$, kabelio aktyvioji varža $R_{kab}=0,002924 \Omega/\text{m} = 2,924 \Omega/\text{km}$. Apskaičiuojame bendrą įtampos kritimą visose keitiklio linijose:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \dots + \Delta U_{16} = 7,698 \text{ V} \quad (9)$$

Parenkami kintamos srovės kabeliai nuo keitiklio iki AS skydo. Apskaičiuojama maksimali srovė galinti tekėti per kabelį:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{185000}{\sqrt{3} \cdot 800} = 133,51 \text{ A} \quad (10)$$

Parinksime kabelius einančius nuo keitiklio Nr. 1 iki AS skydo. Atstumas nuo keitiklio iki skydo $L=15 \text{ m}$. Parenkamas kabelis AXMK 4x70mm².



5 pav. 1,5 MW saulės elektrinės elektrinė schema

Vieno saulės elemento užimamas plotas yra 2,062 m². Vieno saulės elemento generuojamoji galia 415 W. Apskaičiuojamas fotomodulių skaičius, tenkinantis saulės elektrinės generuojamąją galią:

$$n_a = \frac{P_{elekt}}{P_N} = \frac{15000000}{415} \approx 3614 \text{ moduliai}; \quad (11)$$

Čia: Pelekt – elektrinės nominali galia; PN – nominali saulės elementų galia.

Saulės elementų moduliai bus paskirstyti į 9 blokus po 400, nuosekliai po 25, šiam tikslui paskaičiuota naudoti 9 galios keitiklius. Fotomoduliai bus išdėstyti grupėmis, pritaikant prie pastato stogo architektūros. Modulio ilgis: $l = 2,066 \text{ m}$ Modulio plotis: $b = 0,998 \text{ m}$ Saulės elektrinės plotas:

$$S_{elektr} = l \cdot b \cdot n_a = 2,066 \cdot 0,998 \cdot 3614 = 7451,59 \text{ m}^2 \quad (12)$$

Saulės elektrinės plotas su tarpais:

$$S_{su \text{ tarpais}} = l \cdot (b + l_{tarp}) \cdot n_a = 2,066 \cdot (0,998 + 1,19) \cdot 3614 = 16 \, 336,75 \text{ m}^2 \quad (13)$$

Pastato gamybinėse patalpose šiuo metu yra sumontuoti seni liuminescenciniai šviestuvai. Dėl neekonomiškumo nuspręsta juos pakeisti naujais LED šviestuvais. Svarbu, kad parinkti šviestuvai tenkintų LR Higienos normas ir patalpose būtų reikalingas apšvietos kiekis. Parenkami nauji LED šviestuvai BARAT LED. Įmonės patalpose nauji šviestuvai bus išdėstyti senų šviestuvų vietose, taigi keičiami tik šviestuvai, tačiau elektros instaliacija lieka ta pati. Suskaičiavus visus šviestuvus, numatyta, kad patalpose bus keičiamas 471 šviestuvai.

Išvados

1. Įvertinus gamybinės paskirties objekto būklę nustatyta, kad bendri metiniai pastato elektros suvartojimai yra apie 7000 MWh, objektui išduota leistinoji naudoti galia yra 2700kW.

2. Taip pat buvo įvertinta, kad norint sumažinti elektros suvartojimą galima pakeisti liuminescencinius šviestuvus LED šviestuvais ir ant pastato stogo įrengti saulės elektrinę. Apšvietimui parinkti BARAT LED2X6000 80,6 W galios šviestuvai, saulės elektrinei parinkti SUNPOWER SPR-P3-415-BLK 415 W saulės moduliai.

3. Atlikus elektrotechninius skaičiavimus nustatyta, kad saulės elektrinės galingumas yra 1499,81 kW, jai įrengti reikia 3614 saulės modulių, 9 galios keitiklių, į kuriuos moduliai bus jungiami po lygiagrečiai sujungtus 16 blokų, kuriuose bus po 27 fotovoltinius modulius, sujungtus nuosekliai. Moduliai montuojami ant gamintojo siūlomų SunPower CompactFlat S15 laikiklių. Gamybinėse patalpose būtų keičiamas 471 šviestuvai. Esamų šviestuvų instaliacija yra pakankama naujų šviestuvų montavimui. Apšvietimo linijoms parinkta C 16A automatiniai jungikliai, o saulės elektrinės linijoms (kiekvienam keitikliui) parinkti 160 A automatiniai jungikliai.

4. Nustatyta, kad naujų šviestuvų sumontavimas įmonei atsipirktų jau pirmais eksploatacijos metais, o saulės elektrinės įrengimas atsipirktų po 7 metų.

Literatūra:

1. Bagher A. M., Vahid M. M. A., Mohsen M. Types of Solar Cells and Application. American Journal of Optics and Photonics. Vol. 3, No. 5, 2015, pp. 94-113.
2. Elektros energijos birža Nord Pool. Prieiga per internetą Market data | Nord Pool (nordpoolgroup.com) [žiūrėta 2021-12-04]
3. Elprom Trafo produkto katalogas. Prieiga per internetą www.elpromtrafo.com [2021-12-10].
4. Grigoros J., Catrina G., Bobrik E. C., Strategies for Power/Energy Saving in Distribution Networks. Advances in Electrical and Computing Engineering, Volume 10, Number 2, 2010.
5. SunPower gaminių katalogas. Prieiga per internet https://sunpower.maxeon.com/au/sites/default/files/202001/sp_P3_COM_MC4_1.2m_Cable_1kV_ds_au_a4_draft.pdf [2022-02-26].
6. Valstybinė energetikos reguliavimo tarnyba. Prieiga per internetą VERT VERT: įvertinus žaliavų rinkose pokyčius, perskaičiuota elektros energijos visuomeninė kainos viršutinė riba buitiniams vartotojams (regula.lt) [žiūrėta 2021-12-10].

A COMPREHENSIVE STUDY OF THE POSSIBILITIES OF SAVING AND REDUCING ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION IN PRODUCTION PREMISES

Summary

At this study is carried out to investigate ways and methods to reduce electricity consumption in industrial premises. This thesis aims to identify and propose options for saving and reducing electricity consumption in the research facility. The work includes electrical calculations to determine the most suitable capacity of the solar power plant for the company and the selection of modules, new lighting fixtures, and automatic protection measures in the power and lighting network. Diagrams of the DC and AC solar power plant were drawn up and drawings of the layout of the power plant and luminaires on site were provided. The work also includes an assessment of the safety and ecological solutions for the work, and the selection of earthing and lightning protection devices.

The conditions and options proposed to enable each production company to reduce its energy consumption and become an efficient and competitive company in the production and storage sector.

Key words: Energy saving, solar power plant, solar modules, inverter.

AUTOTRANSPORTO ELEKTRONIKOS INOVACIJŲ PROJEKTINIAI SPRENDIMAI

AUTOMOBILIŲ ELEKTRINĖS AUŠINIMO SKYSČIO PAŠILDYMO SISTEMOS PROJEKTAVIMAS

Vilius Kelevišius, Rasa Žygienė

Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa

Anotacija

Šių dienų automobiliams automobilių elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistema nėra nauja, tačiau yra daug automobilių neturinčių šios funkcijos. Be šios sistemos automobilio varikliui tenka didesnės apkrovos šaltuoju sezonu metu, o dėl perteklinio įpurškiamo kuro kiekio, variklis išmeta didesnį CO kiekį į aplinką. Šiame straipsnyje apžvelgiama suprojektuota elektrinė aušinimo skysčio pašildymo sistema, kuri pagerintų variklio darbo efektyvumą, esant žemai lauko temperatūrai. Sistema skirta automobiliams, neturintiems papildomų šildytuvų, kurie vartotų mažesnį kuro kiekį rimties būsenoje ir sumažinti išmetamųjų dujų kiekį.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Emisija, temperatūrinis jutiklis, aušinimo skystis, variklio darbo efektyvumas.

Įvadas. Dyzelinu varomi automobiliai laikomi vienomis, labiausiai aplinką teršiančiomis transporto priemonėmis (Jurić and Županović, 2012: 151–160; Nauss, 1997, Jaussi, 2008; Feinstaub macht krank, 2006; Wenger et al., 2006; Emissions by Pollutant, 2009). Visgi, nuolatos tobulėjančios ekologinės dyzelinių automobilių sistemos neigia šį įsisenėjusį stereotipą. Pastaruoju metu, dėl didėjančių apribojimų taršai, automobilių gamintojai išsikelia naujus tikslus, jog jų sukurtos transporto priemonės būtų kuo ekologiškesnės aplinkai ir stabdytų nuolatos didėjančią globalinio atšilimo problemą.

Stone (Stone, 1992: 377–383) pasiūlė tipinę etilenglikolio koncentraciją variklio aušinimo skystyje nuo 25 % iki 60 % diapazone, turio pagrindu. Bosch (Robert Bosch GmbH, 2022: 2048) pažymi, kad vandens ir etilenglikolio santykis 0,7:0,3 ir 0,5:0,5 (etilenglikolio koncentracija 30% - 50%) leidžia pakelti aušinimo skysčio mišinio virimo temperatūrą, kad būtų užtikrinta stabili variklio darbinė temperatūra (120 °C). Per didelė etilenglikolio koncentracija, taip pat neefektyvi, nes gali padidinti užšalimo temperatūrą, dėl kurios sumažės aušinimo skysčio srautas ir efektyvus šilumos perdavimas (Giri, 2008: 456–504). Straipsnyje (Jack and Ojapah, 2013: 659–667) aprašytas vandens/etilenglikolio mišinio naudojimas ir palygintas su grynu vandeniu, naudojamu kaip aušinimo skystis.

Straipsnyje (Sidik et al., 2015: 85–90) atlikta nanoskysčių pritaikymo transporto priemonių variklio aušinimo sistemoje apžvalga. Teigiama, kad nanofluidų šilumos perdavimo efektyvumas yra geresnis, palyginus su įprastu skysčiu.

Šių dienų dyzeliniai automobiliai yra integruoti su naujausiomis technologijomis (Dizrida, 2022; Daimler AG, 2009: 50), tokiomis kaip: DPF filtrais, EGR vožtuvais, Adblue sistemomis ir t.t... Viena iš pažengusių, automobilių komforto sistema, ekologinė sistema yra Skandinavijos šalių sukurta „Webasto“ (Webasto Thermo & Comfort, 2022) įranga. Ši sistema, šaltuoju sezonu metu, palengvina automobilio užvedimą bei sumažina kenksmingų išmetamųjų teršalų kiekį iki 50%. Pagal atliktus šios sistemos skaičiavimus, dyzeliniai automobiliai, kuriuose yra integruota „Webasto“ įranga, apytikriai sumažina išmetamųjų teršalų kiekį iki 5%, o CO₂ – iki 30% (Dizrida, 2022)]. Tačiau šiuo privalumu negali pasinaudoti senesnių tipų automobiliai, kurių gamybos metai nesiekia 2001 metų.

Darbo problema: kokie inžineriniai būdai ir metodai leistų nustatyti automobilio išorės ir aušinimo skysčio temperatūros parametrus, o skysčiui pasiekus numatytą temperatūrą, informuotą vairuotoją ir automatiškai išsijungtų?

Darbo objektas: elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos, kuri nėra susijusi su automobilio valdymo sistemomis, projektavimas.

Darbo tikslas: Suprojektuoti elektrinę aušinimo skysčio pašildymo sistemą, kuri palengvintų automobilio užvedimą esant žemesnei nei -5 °C temperatūrai.

Darbo uždaviniai:

1. Nustatius projektuojamos elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos techninius reikalavimus bei funkcijas atlikti panašių aušinimo skysčio pašildymo sistemų apžvalgą ir lyginamąją analizę.

2. Sudaryti automobilio elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos struktūrinę, el. principinę schemas, sistemos valdymo algoritmą ir atlikti suprojektuotos bei pagamintos sistemos testavimą.

Numatomi tyrimo metodai ir priemonės: pirmo uždavinio įgyvendinimui atliekama panašių elektrinių aušinimo skysčio pašildymo sistemų apžvalga ir lyginamoji analizė, tam kad nustatyti rinkoje naudojamų analoginių įrenginių funkcijas ir savybes bei palyginti jas su užsiduotomis projektuojamos sistemos techninėmis charakteristikomis. Antro uždavinio įgyvendinimui naudojami inžineriniai projektavimo metodai ir modeliavimas. Elektrinės principinės schemas sudarymas ir sistemos elementų modeliavimas montažinėje

plokštėje naudojant „PROTEUS“ programą – elektrinei principinei schemai ir jos algoritmo kūrimui. C programavimo kalba naudojama sistemos valdymo bloko programavimui ir algoritmų sudarymui.

Praktinė nauda ir pritaikymo galimybės: Šios sistemos montavimo į automobilius galimybės yra neribotos, kadangi sistema pritaikyta automobiliams, neturintiems šios sistemos, įrenginiui bus reikalinga tik automobilio akumulatoriaus energija ir aušinimo skysčio temperatūros jutiklio duomenys. Sistemą galima įmontuoti į bet kurį dyzelinius degalus naudojančių automobilių, neatsižvelgiant į variklio konstrukcinį tipą: V-formos, opozicinį, eilėje išsidėsčiusių cilindrų ir t.t. Cilindrų skaičius neturi jokios reikšmės, šią sistemą galima pritaikyti varikliams su trimis, keturiais, šešiais ar aštuoniais cilindrais.

Kadangi sistema nebus baigtinė, ją bus galima tobulinti, prijungiant daugiau sistemų, automobiliams, turintiems išmetamųjų dujų slėgio absoliutinius jutiklius. Įmanoma sistemą pritaikyti taip, kad ji indikuotų apie jos aktyvavimo būtinybę.

Sistemos įdiegimas į automobilių palengvintų automobilio užvedimą esant žemesnei nei $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai ir kartu apribotų variklio apkrovą rimties būsenoje, kai variklio apsakos svyruoja tarp 800-900 sūkių per minutę. Tai leistų sumažinti kuro sąnaudas bei į aplinką išmetamą CO_2 dujų kiekį. Dėl šių priežasčių automobilio variklis sumažins vidinį dilimą ir išvengs rimtesnių gedimų.

Straipsnis sudarytas iš dviejų dalių. Pirmoje dalyje nustatytos techninės charakteristikos ir funkcijos bei pateikta aušinimo skysčio pašildymo sistemų apžvalga ir lyginamoji analizė. Antroje dalyje pateikiamos sudarytos automobilių elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos struktūrinė, elektrinė principinė schemas, sistemos valdymo algoritmas ir atlikti suprojektuotos bei pagamintos sistemos testavimo rezultatai.

Aušinimo skysčio pašildymo sistemų apžvalga ir lyginamoji analizė

Projektuojamos automobilio elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos maketo techninės charakteristikos ir funkcijos:

- VB darbinė temperatūra nuo $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Maitinimo įtampa 7 – 12 V DC.
- Aušinimo skysčio pašildymo funkcija.
- Sistemos mobilumas. Pritaikymas automobiliams neturintiems šios sistemos.
- Sistemos indikacija.
- Sistemos įjungimas ir išjungimas.
- Masė nuo 3500 g. iki 4500 g., o matmenys iki 500 mm x 400 mm x 50 mm.

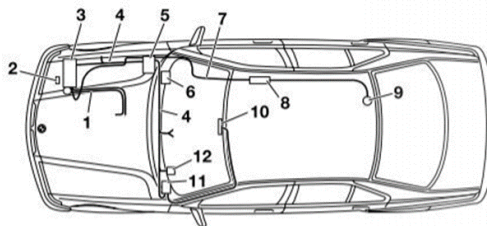
BMW 5 serijos E60 modelio. Gamyklinė automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistema, kuri veikia pagal EVV siunčiamą informaciją, yra labai populiari vokiško automobilio modeliuose.

BMW 5 serijos E60 modelio (2003-2009m.) „Webasto“ sistemos pagrindinės savybės (*Webasto Thermo & Comfort SE, 2022*):

- Sistemos aktyvavimas pulteliu.
- Sumažina drėgmę automobilio salone.
- Sistema atspari įvairioms oro sąlygoms.

BMW 5 serijos E60 modelio (2003-2009m.) „Webasto“ sistemos techniniai duomenys (*Webasto Thermo & Comfort SE, 2022*)

- Darbinė temperatūra nuo $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Maitinimo įtampa 10 – 13 V DC.
- Dėl EVV aušinimo sistema gali atlikti efektyvią recirkuliaciją.
- Matmenys 265 mm x 180 mm x 60 mm.

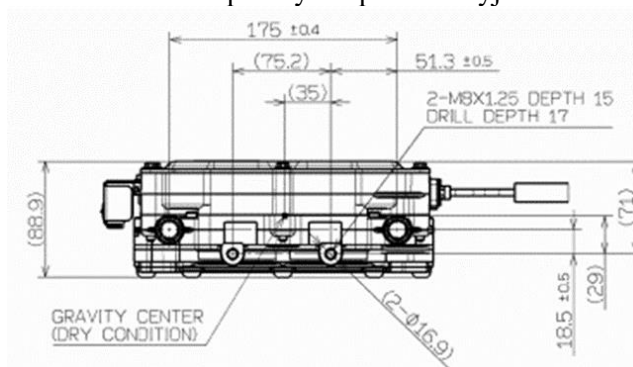


1 pav. Valdymo blokų lokacijos: 1 – „Webasto“ sistemos kreipiančioji, 2 – „Webasto“ šildymo korpuso temperatūrinis jutiklis, 3 – šildymo kamera, 4 – „Webasto“ valdymo modulis, 5 – variklio valdymo blokas, 6 – degalų valdymo blokas, 7 – Žemo slėgio degalų arna, 8 – magistralinis kuro siurblys, 9 – žemo slėgio kuro siurblys, 10 – „Webasto“ pultelio skaitytuvas, 11 – komforto blokas, 12 – „Webasto“ skaitmeninis indikatorius

Šaltinis: *Webasto Thermo & Comfort SE, 2016*

Pilnai elektrinė aušinimo skysčio pašildymo sistema. Ši yra viena iš efektyviausių alternatyvų. Ši sistema yra atskirta nuo automobilio kuro tiekimo sistemos, lyginant su BMW 5 serijos E60 modelio sistema.

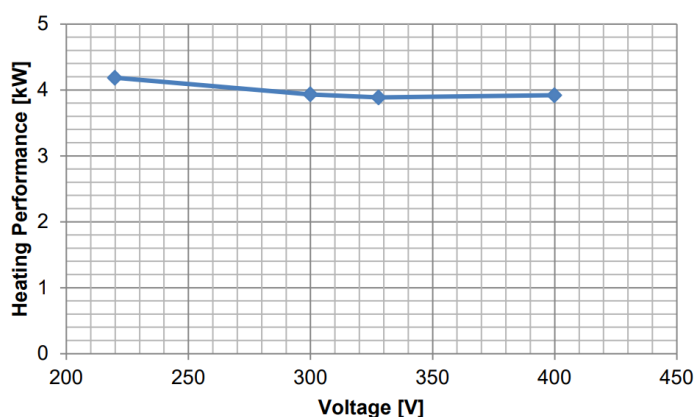
Pagrindinis šilumos šaltinis – elektrinis šildymo tinklelis, kuris yra valdomas „Webasto“ valdymo modulio pagalba. Šildymo tinklelio struktūra parodyta 2 paveikslėlyje.



2 pav. Šildymo tinklelio struktūra

Šaltinis: MHI Group, 2017

Didžiausias šios sistemos privalumas – greitai ir efektyviai pašildomas aušinimo skystis, sunaudojant mažą energijos kiekį. Tačiau sistemos veikimo principas yra daug sudėtingesnis dėl didelio komponentų skaičiaus. Taip pat tokia sistema neturi jokių išorinių tobulinimo galimybių ir negali būti pašalinta, kaip kitos sistemos, nes yra integruota šalia variklio valdymo modulio.



3 pav. Šildymo galios (kW) priklausomybė nuo įtampos (V)

Šaltinis: MHI Group, 2017

Aukščiau pateiktame 3 paveikslėlyje parodytos tipinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos charakteristikos, kai aušinimo skysčio srautas 10 l/min., o skysčio temperatūra - 25 °C, aušinimo skystis: vanduo+ 50 proc. etilenglikolio. Rezultatai parodė (MHI Group, 2017: 8), kad didėjant įtampai šilumos našumo charakteristikų parametrai kitimas minimalus. Tačiau tokios sistemos veikimo principas yra daug sudėtingesnis dėl didelio komponentų skaičiaus. Taip pat, tokia sistema neturi jokių išorinių tobulinimo galimybių ir negali būti pašalinta, kaip kitos sistemos, nes yra integruota šalia automobilio variklio valdymo modulio.

Pilnai elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos pagrindinės savybės (Auto Partspro, 2022):

- Greitas aušinimo skysčio pašildymas.
- Mažai suvartojama energijos.
- Atskirta nuo automobilio degalų tiekimo sistemos.
- Aušinimo skysčio temperatūros reguliavimas.

Pilnai elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos techniniai duomenys:

- Sistemos galia 4 W.
- Maitinimo įtampa 8 – 16 V DC.
- Bendras sistemos svoris 3,9 kg.
- Matmenys 245 mm x 140 mm x 35 mm.

Panašių analoginių automobilių aušinimo skysčio pašildymo sistemų palyginimas pagal kelias technines charakteristikas projektuojamai sistemai pateiktas žemiau esančioje 1.1 lentelėje.

1 lentelė

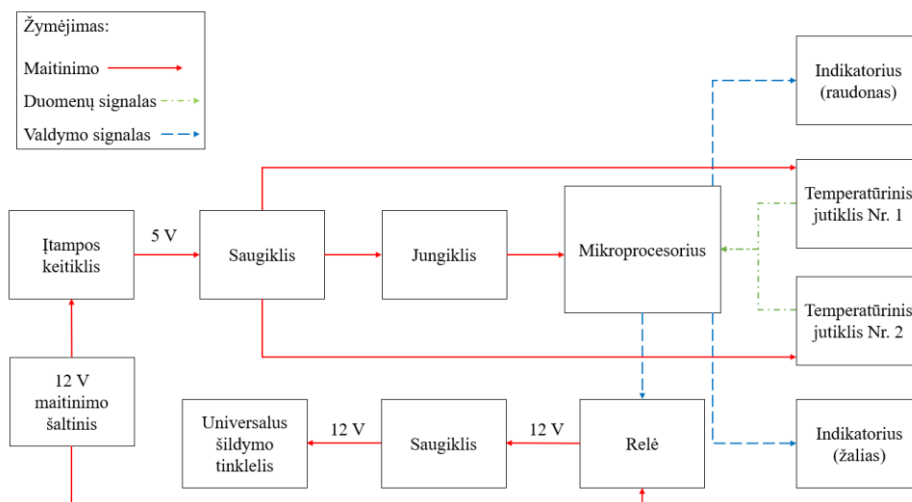
Panašių analoginių automobilių aušinimo skysčio pašildymo sistemų palyginimas pagal technines charakteristikas

Techninės charakteristikos ir funkcijos	BMW 5 serijos E60 modelio (2003 - 2009 m.) WEBASTO sistema	PEUGEOT 306 (2002 - 2008 m.) elektrinė aušinimo skysčio pašildymo sistema
Jutiklio temperatūros ribos nuo -25 iki 90 °C	-	-
Maitinimo įtampa, 7 – 12 V	+	+
Aušinimo skysčio pašildymo funkcija	+	+
Sistemos mobilumas. Pritaikymas automobiliams neturintiems šios sistemos	-	-
Sistemos įjungimas ir išjungimas	+	+
Masė nuo 3500 g iki 4500 g	-	+
Matmenys iki 500 x 400 x 50 mm	-	+

Nustatyta, kad visos aušinimo skysčio pašildymo sistemos yra skirtingos, yra integruotos automobilyje. Didžiąją dalį nustatytų techninių reikalavimų ir funkcijų atitinka pilnai elektrinė aušinimo skysčio pašildymo sistema. Kaip ir projektuojama sistema, pilnai elektrinė aušinimo skysčio pašildymo sistema atitinka maitinimo įtampos intervalus, turi aušinimo skysčio pašildymo funkciją, gali aktyvuoti sistemos veikimą bei apytikriai atitinka sistemos masės ir matmenų charakteristikas. Tačiau nei viena iš palygintų sistemų neturi universalumo funkcijos ir jų negali pritaikyti skirtingo tipo dyzeliniams varikliams.

Automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemos projektavimas ir testavimas

Automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemos struktūrinė schema parodyta 4 paveikslėlyje.



4 pav. Automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemos struktūrinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemą sudaro:

Akumuliatorius – automobilio 12 V įtampos maitinimo šaltinis.

Įtampos keitiklis – sistemai bus naudojamas LM7805 elektros įtampos keitiklis, kuris automobilio akumuliatoriaus 12 V įtampą konvertuos į 5 V įtampą, per saugiklį link pagrindinio sistemos valdiklio.

Mikrovaldiklis – bus naudojamas PIC18F24K22 mikrovaldiklis turi reikalingą kiekį įvesties ir išvesties jungčių, taip pat pasižymi SPI sąsajos galimybėmis. Dėl šių techninių charakteristikų, PIC18F24K22 mikrovaldiklis bus naudojamas išanalizuoti gaunamą informaciją bei ją tinkamai išvesti skirtingais sistemos veikimo procesais. Dėl pasirinkto mikrovaldiklio savybių, sistemą ir jos veikimą bus galima tobulinti bei supaprastinti.

Temperatūrinis jutiklis Nr.1 – pasirinktas LM35DZ temperatūrinis jutiklis bus naudojamas lauko sąlygomis, išorės temperatūros nustatymui.

Temperatūrinis jutiklis Nr.2 – naudojamas toks pat LM35DZ temperatūrinis jutiklis, kaip paskirtas nustatyti sistemoje esančio aušinimo skysčio temperatūrą. Kai aušinimo skysčio temperatūrinis jutiklis nustatys 5 °C temperatūrą sistemoje, jutiklis siųs signalą į PIC18F24K22 mikrovaldiklį, kuris automatiškai įjungs LED lemputę.

Relė – sistemai bus reikalinga 4 kontaktų AZ943-1CH-12DE relė, kuri bus naudojama maitinimo valdymui ir šildymo elemento aktyvavimui bei išjungimui priklausomai nuo sistemos procesų.

Šviesos diodai:

- raudonas – 0,25 V, 2,5 mm skersmens LED, skirtas indikuoti mikrovaldiklio veikimo būseną. Šviesos diodas įsijungia ir užsidega raudona spalva kai sistemoje aušinimo skystis yra šildomas iki reikiamos 5 °C temperatūros.

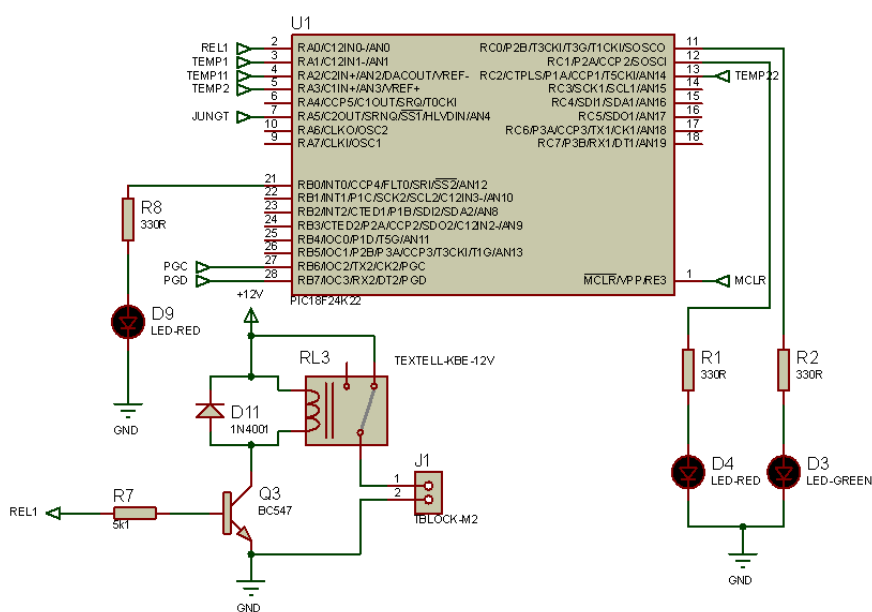
- žalias – 0,25 V ir 2,5 mm skersmens LED, skirtas indikuoti mikrovaldiklio veikimo būseną. Šviesos diodas įsijungia ir užsidega -žalia spalva kai sistemoje aušinimo skysčio temperatūra yra lygi 5 °C.

Saugiklis (prieš valdiklį) – 1 A saugiklis, kuris yra skirtas apsaugoti sistemos pagrindinį mikrovaldiklį nuo aukštesnės nei 1 A srovės. Saugikliui suveikus, sistemos elektrinė grandinė nutrūks, todėl komponentai nebus pažeisti.

Saugiklis (prieš šildymo elementą) – sistemai taip pat bus reikalingas 7,5 A saugiklis, kuris apsaugos projektuojamos sistemos šildymo elementą, nuo srovės, kuri bus didesnė nei 7,5 A. Saugikliui suveikus, sistemos šildymo elementas nebus pažeistas, nes elektrinė grandinė bus nutraukta.

Universalus šildymo tinkelis – 150 x 200 mm, 12 V, 35 W šildymo elementas, kuris šildys aušinimo skysčio rezervuaro korpusą, norint pasiekti 5 °C aušinimo skysčio temperatūrą.

Elektrinės principinės schemos sudarymas. Sistemos projektavimas ir montažinės plokštės modeliavimas bus atliktas pasitelkus „PROTEUS“ programine įranga. Montažinės plokštės komponavimui bus naudojami du temperatūriniai jutikliai, mikrovaldiklis, įtampos stabilizatorius, relė, du saugikliai ir šviesos diodai, bei jungtukas.



5 pav. Automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemos elektrinė principinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Maitinimo įvestis: projektuojama sistema naudos darbinę 5 V įtampą. Kadangi automobilio maitinimo šaltinis teikia darbinę 12 V įtampą, privaloma sumažinti iki sistemoje naudojamos darbinės 5 V įtampos.

5 paveikslėlyje yra parodyta automobilių elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos elektrinė – principinė schema.

Programos algoritmo sudarymas. Iš sudaryto algoritmo, aktyvavus sistemą yra tikrinama sąlyga ar sistemos aktyvavimas buvo sklandus. Jei sąlyga tenkina, šviesos diodas užsidega raudonai.

Sistema pradeda darbą nuo duomenų nustatymo, taip pat nustatomos pradinės kintamųjų reikšmės. Po šių etapų nustatomi signalų jungčių tipai ir analizuojami lauko ir aušinimo skysčio temperatūrinių jutiklių duomenys.

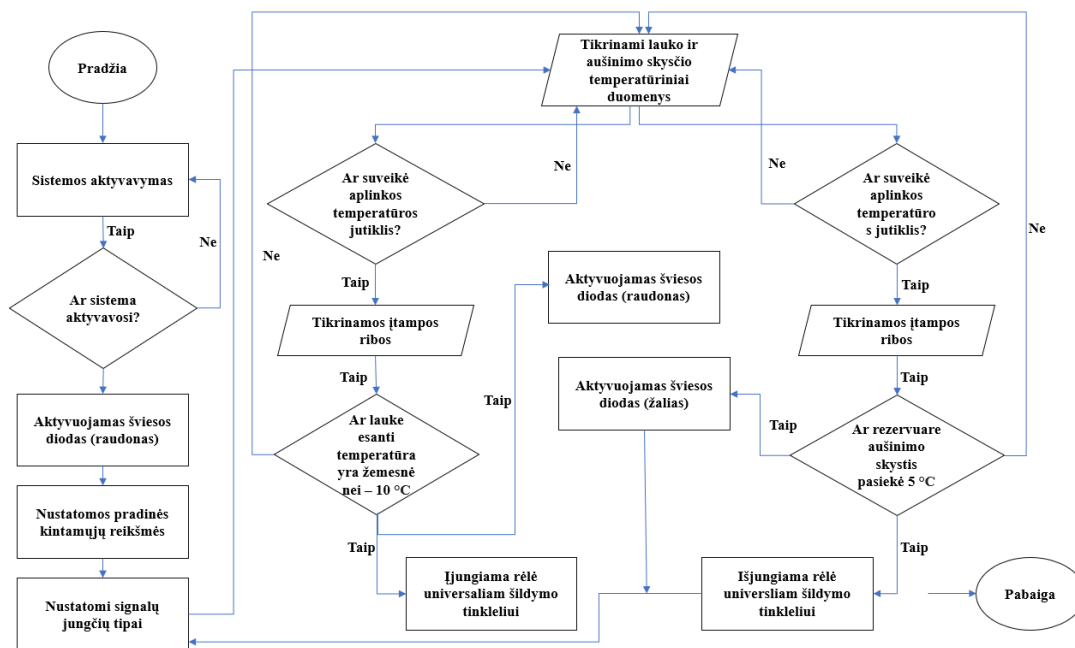
Atlikus temperatūrinių jutiklių duomenų analizę, tikrinama ar aplinkos temperatūrinis jutiklis aktyvavosi, jei sąlyga tenkinama - apskaičiuojamos įtampos ribos ir iškeliama sekanti sąlyga, kurioje

temperatūrinis jutiklis turi nustatyti aplinkos temperatūrą. Jei temperatūra yra žemesnė nei $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ aktyvuojamas šviesos diodas, kuris užsidega raudona spalva.

Tuo pačiu metu, kai šviesos diodas aktyvuojasi, aktyvuojama universaliam šildymo tinkleliui priskirta relė. Jei temperatūros jutiklis neaptinka $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrą, yra vėl tikrinami aplinkos temperatūrinio jutiklio duomenys.

Kai aušinimo skysčio temperatūra pasiekia $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ yra aktyvuojamas žalios spalvos šviesos diodas. Jei sąlyga tenkina, yra išjungiamas raudonos spalvos šviesos diodas kartu su universalia šildymo tinklelio relė.

Kadangi automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemos valdymo ciklas kartojasi, iki tol kol automobilis užvestas, laikoma, kad algoritmas neturi pabaigos.



6 pav. Automobilio aušinimo skysčio pašildymo sistemos mikrovaldiklio programos algoritmas

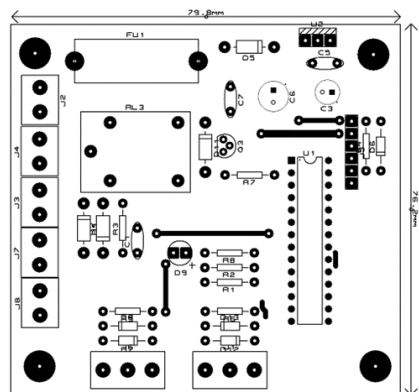
Šaltinis: sudaryta autorių

Montažinės plokštės projektavimas. Sumažinus montažinės plokštės matmenis, taip pat mažėja ir projektuojamos dėžutės matmenys. Vadovaujantis šiuo principu, gauname montažinės plokštės maketą, kurio matmenys yra $79,8\text{ mm} \times 76,2\text{ mm}$. Žemiau pateiktame 7 a) paveikslėlyje pateikiama montažinės plokštės viršutinė dalis.

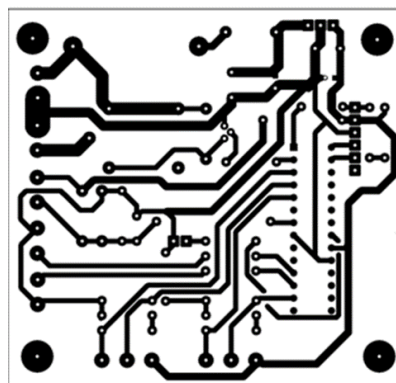
Montažinės plokštės viršutinė dalis. Duomenų perdavimui naudojami siauresni takeliai, kurių matmenys siekia 2 mm . Siauresnių takelių pasirinkimo priežastis – sistemos komponentams nebus naudojama didelė įtampa.

Takeliai, kurie yra skirti darbinei 12 V įtampai, yra projektuojami dvigubai storesni – 4 mm . Visos išorinių komponentų jungtys montuojamos plokštės šone dėl patogumo priežasčių.

a)



b)

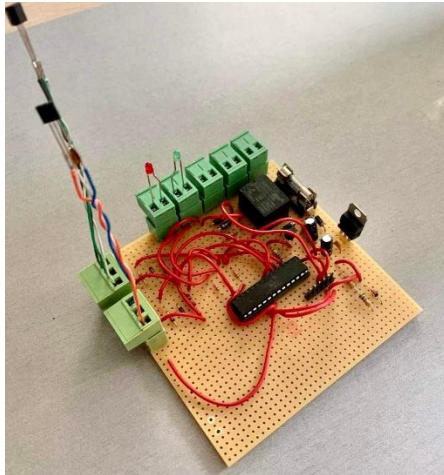


7 pav. Montažinės plokštės: a) viršutinė dalis, b) takelių išdėstymas

Šaltinis: sudaryta autorių

Montažinės plokštės takelių išdėstymas. Aukščiau pateiktame 7 paveikslėlyje yra nurodytas „Automobilių elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos maketo projektavimo“ montažinės plokštės takelių išdėstymas. Pagrindinis PIC18F24K22 mikrovaldiklis yra patalpintas plokštės viduryje. Montažinės plokštės kampuose yra padarytos keturios tvirtinimo angos, pro kurias bus lengvai įmontuoti plokštę į dėžutės vidų.

Suprojektuoto įrenginio testavimas ir derinimas. Atlikus sistemos montažinės plokštės projektavimą, svarbu ištestuoti sistemos veikimą ir jį įvertinti. Įrenginio veikimas privalo būti sklandus, be jokių pašalinių trikdžių.



8 pav. Projektuojamos sistemos testavimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Pasirinkus tinkamas programos kodo bibliotekas ir parašius pilną kodą, yra atliekamas sistemos tikrinimas. Testavimo metu norima įsitikinti, jog abu temperatūriniai jutikliai tiksliai apskaičiuoja temperatūros pokyčius. Norint įsiaiškinti ar sistema veikia sklandžiai, ją reikia ištestuoti realiomis sąlygomis. Kadangi veikimo metu sistemos elektriniai komponentai savaime įšyla, automatiškai keičiasi jų parametrai, padidėja apkrova dėl šiluminio efekto. Aušinimo skystyje esantis temperatūrinis jutiklis dėl per greito temperatūros kilimo gali išmatuoti parametrus, neatitinkančius realių, ir išsiųsti klaidingus duomenis sistemos mikrovaldikliui. Norint išvengti šio techninio trikdžio aušinimo skysčio rezervuare buvo intensyviai šildomas aušinimo skystis ir stebimas temperatūrinio jutiklio veikimas. Taip pat testavimo metu buvo tikrinamas universalus šildymo tinklelis. Dėl per mažos šildymo tinklelio galios, per pasirinktą laiko tarpą, aušinimo skystis gali nepašilti iki reikiamos 5 °C temperatūros.

Išvados

1. Projektuojamos elektrinės aušinimo skysčio pašildymo sistemos maketo projektavimo charakteristikos: darbinė temperatūra nuo -10 °C iki 5 °C. Maitinimo įtampa 12 V. Prietaiso masė iki 3500 g. Sistemos matmenys iki 84 x 80 x 60 mm. Sistemos pritaikymas visiems automobiliams su dyzeliniu ar benzininiu varikliu. Pagal sudarytą techninę charakteristiką analogų apžvalgoje ir palyginus sistemą su kitų gamintojų aušinimo skysčio pašildymo sistemomis, buvo išskirti pagrindiniai pranašumai ir trūkumai. Lyginant skirtingas sistemas nustatyta, kad kiekviena sistema skiriasi viena nuo kitos dėl savo veikimo principo ir techninių savybių. Remiantis BMW ir Peugeot modelių aušinimo skysčio pašildymo sistemomis buvo atliktos tam tikros išvados, kurios padėjo galutinai nuspręsti kuriamos sistemos veikimo procesą. Kadangi projektuojama elektrinė aušinimo skysčio pašildymo sistema pasižymi universalumu, ją bus galima integruoti į visus automobilius bei ateityje ją tobulinti siekiant išgauti maksimalų jos efektyvumą.

2. Sukurta struktūrinė schema ir išanalizuotas sistemos komponentų veikimas skirtingais laiko tarpais. Sistemos mikroprocesorius valdys relę, abu šviesos diodus. Atliekant spausdintinės plokštės projektavimo darbus, komponentų išdėstymas ant montažinės plokštės buvo parinktas taip, jog būtų palikta kuo daugiau laisvos vietos naujiems komponentams, norint ateityje tobulinti projektuojamą sistemą. Visos išorinių komponentų jungtys buvo sumontuotos plokštės šone dėl patogesnio jungimo. Takelių išvadai buvo pasirinkti pagal techninius reikalavimus – duomenų perdavimui takelių plotis buvo pasirinktas 0,2 mm, o sistemos maitinimui – 0,4 mm.

3. Testavimo metu nustatyta, kad aušinimo skystyje esantis temperatūrinis jutiklis dėl per greito temperatūros kilimo gali išmatuoti parametrus, neatitinkančius realių, ir išsiųsti klaidingus duomenis sistemos

mikrovaldikliui. Taip pat, kad dėl per mažos šildymo tinklėlio galios, per pasirinktą laiko tarpą, aušinimo skystis gali nepašildyti iki reikiamos 5 °C temperatūros.

Literatūra:

1. Air Emissions by Pollutant - Carbon Monoxide (CO). En-vironmental Protection Agency, Washington DC, USA, October 2009.
2. Auto Partspro. Heater matrix, 2022, [žiūrėta 2022-09-25]. <https://www.autopartspro.co.uk/peugeot-carparts/307-3a-c/15903/10204/heat-exchanger-interior-heating>.
3. Daimler AG. Exhaust Aftertreatment. BlueTEC with AdBlue. System Description of Engine 642.8. Daimler AG. Germany, 2009, p. 50, [žiūrėta 2022-09-25]. Prieiga per internetą: <http://diysprinter.co.uk/reference/Adblue.pdf>.
4. Dizrida. Ekologinės dyzelinių automobilių sistemos. kuo svarbi kiekviena iš jų? 2022. [žiūrėta 2022 -09 -24]. Prieiga per internetą: <https://www.dizrida.lt/ekologines-dyzelinu-automobiliu-sistemos-kuo-svarbi-kiekviena-is-ju/>.
5. Feinstaub macht krank. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 2005
6. Ganesan V. Computer Simulation of Spark-Ignition Engine Processes, Sangam, pp. 113-115, 1996.
7. Giri N. K., Automobile Technology, Khanna, pp. 456-504, 2008.
8. Jack T.J., Ojapah M.M. Water-cooled petrol engines: a review of considerations in cooling systems calculations with variable coolant density and specific heat. International Journal of Advances in Engineering & Technology (IJAET), 2013 6(2), pp. 659-667, ISSN: 2231-1963667.
9. Jaussi F. Off-Road Dieselmotoren und zukünftige Ab-gasgrenzwerte. Wohin geht die Reise?, Emissionsmin-derungssysteme für Off-Highway-Anwendungen, Inter-national CTi Forum, Stuttgart, 2008.
10. Jurić V., Županović D. Ecological Impacts of Diesel Engine Emission. Promet – Traffic&Transportation, 24(2), 2012, 151-160. DOI: <https://doi.org/10.7307/ptt.v24i2.287>.
11. MHI Group. Automotive thermal systems. Data book. 2017, p. 29. [žiūrėta 2022-09-25]. Prieiga per internetą: https://wiki.neweagle.net/ProductDocumentation/EVsoftwareAndHardware/HeatingandCooling/ATSS17002_EW_H40DxTechnicalInformationRevA.PDF
12. Nauss C., Diesel Exhaust, A critical Analysis of Emis-sions, Exposure and Health Effect, The Health Effect Institute, Cambridge, Massachusetts, USA, 1997.
13. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Handbook, 11th ed., Bosch, p. 11th edition 2022, p. 2048.
14. Sidik N.A.C., Yazid M.N.A.W.M., Mamat R. A review on the application of nanofluids in vehicle engine cooling system. Int. Commun. Heat Mass Transf. 2015, 68: 85–90. ISSN 0735-1933. Doi:10.1016/j.icheatmasstransfer.
15. Stone R., Introduction to Internal Combustion Engines, 2nd ed., Macmillan, pp. 377-383 and pp 425-456, 1992.
16. Total Energies Marketing Services . All about AdBlue. 2022, p.16, [žiūrėta 2022-10-25]. Prieiga per internetą: https://totalenergies.ch/de/system/files/atoms/files/livret_adblue-2022-en.pdf.
17. Webasto Thermo & Comfort SE. Water Heater. Installation Documentation BMW 3 Series Gran Turismo F34. Germany Gilching, 2016 p. 27, [žiūrėta 2022-09-25]. Prieiga per internetą: <http://dealers.webasto.com>.
18. Webasto Thermo & Comfort. „Webasto“ – pažangos tradicija, 2022, [žiūrėta 2022 – 09 -21]. Prieiga per internetą: <https://www.webasto-comfort.com/lt-lt/sildymas/autonominisautomobiliosalonusildytuvas/>.
19. Wenger D., Gerecke A. C., Heeb N. V., Zenobi R. Es-trogenic and Dioxin-like activity in Diesel-exhaust, Or-ganohalogen Compounds, Vol. 68, 2006.

DESIGN OF EDUCATIONAL MODEL OF A CAR ELECTRIC COOLANT HEATING SYSTEM

Summary

Coolant heating systems make starting the car easier in the cold season and reduce emissions by up to 50%. However, this advantage cannot be used for cars that do not have this system. From the problem: What engineering techniques and methods would allow the vehicle to set the temperature parameters of the exterior and coolant, and then shut down when the fluid reaches the intended, informed driver and while driving? The purpose of the work: To design an electric coolant heating system that would make it easier to start the car at a temperature below -5 °C. Tasks set out to solve the problems: after determining the projected technical requirements and functions of the electric coolant heating system, perform an overview and comparative analysis of similar coolant heating systems and create a structural, e. principle diagrams, system control algorithm and perform testing of the designed and manufactured system. For the implementation of the first task, a review and analysis of similar electric coolant level heating systems is carried out in order to determine the functions and characteristics of analog devices used in the market and a comparison with the technical characteristics of the designed systems. For the implementation of the second task, engineering design methods and modeling are used. Compilation of an electrical schematic diagram and modeling of system elements on a mounting plate using the "PROTEUS" program - for an electrical schematic diagram. The C programming language is used for programming the system control unit and creating algorithms and creating an algorithm. The system can be installed in any diesel-fueled car, regardless of engine construction type: V-shaped, opposed, in-line cylinders, etc.

Key words: emission, temperature sensor, coolant, engine work efficiency.

IŠMANIOS AUTOMOBILIO AKUMULATORIAUS IŠSIKROVIMO ĮSPĖJIMO SISTEMOS TYRIMAS

Jonas Strimaitis, Rasa Žygienė

Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa

Anotacija

Straipsnyje aprašomas automobilio akumulatoriaus išsikrovimo įspėjimo (BDW) sistemos projektavimas bei sukurtos BDW sistemos derinimas ir testavimas realiomis lauko sąlygomis ir atliekant simuliaciją „Proteus 8 Professional“ programoje. Pateiktos gautos įtampų reikšmės matuojant lauko ir nustatčius simuliacijos metu temperatūras. Taip pat straipsnyje pateikiami projektavimo brėžiniai, programos valdymo algoritmas ir išvados.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Automobilis, akumulatorius, maitinimo įtampa, GSM modulis, multimetras, sistema.

Įvadas

Automobilio akumulatorius tiekia elektros energiją elektroninėms sistemoms ir variklio uždegimo sistemai maitinti. Bet kurio automobilio variklio užvedimo metu iš akumulatoriaus paimama didelė srovė, kuri svyruoja nuo 100 A iki 1500 A, priklausimai nuo variklio ir starterio galingumo. Dėl to sunaudojama didelė dalis akumulatoriaus energijos, sumažėja įtampa. Jei akumulatorius yra nepilnai įkraunamas gali įvykti gedimas, o tai gali sukelti nepatogumų ar sukelti pavojų vairuotojo gyvybei (Barasa et al, 2017).

Dėl naujų techninių savybių, degalų taupymo poreikio atsiranda papildomų ir galingesnių elektros vartotojų automobilyje, todėl bendras elektros energijos poreikis transporto priemonėse didėja, kai kurie nauji poreikiai gali net viršyti švino / rūgšties baterijų pajėgumus. Įkrovos būsenos (SOC) ir „sveikatos būklės“ (SOH) aptikimas yra labai svarbus siekiant padėti akumulatoriui atlikti savo, kaip pagrindinio automobilio funkcionalumo ir saugos elemento, vaidmenį (Meissner et al, 2001).

Automobilio akumulatoriaus išsikrovimo įspėjimo sistema (toliau BDW sistema) yra svarbi įranga, leidžianti nustatyti akumulatoriaus įtampos lygį esamu momentu. Šiuo metu dauguma automobiliuose esančių akumuliatorių yra švino rūgšties akumulatoriai. Didžiausias šių akumuliatorių bruožas yra tai, kad susidėvėjimo greitis yra per didelis jį naudojant, ypač kai akumulatoriaus talpa sumažėja iki 80% pradinės talpos. Sumažėjusi akumulatoriaus įtampa vis dar gali tiekti energiją, tačiau bet kuriuo metu yra rizika, kad akumuliatorių reikės išmesti, nes jis bus netinkamas naudoti (Mingyu et al, 2021).

Svarbu tai, kad vairuotojas sureaguotų į šį įspėjimą ir imtųsi veiksmų, kad išvengtų problemų, susijusių su automobilio akumulatoriaus išsikrovimu, pavyzdžiui įrodyta, kad Mercedes-Benz w204 užvedimo spynelė sugenda įvykus įtampos šuoliams (Jančaitė et al, 2020: 154 – 158).

„Masinis apsinuodijimas švinu dėl neoficialaus panaudotų švino rūgšties baterijų perdirbimo Dakare, Senegale, Haefliger ir kt.“. Aprašyta besivystančiame pasaulyje esanti problema, kuri yra ir tragiška ir tik dabar pradedama suprasti jos mastas ir poveikis žmonių atžvilgiu. 2008 m. pabaigoje Dakare nuo ūmaus apsinuodijimo švinu mirė aštuoniolika vaikų. Šie apsinuodijimai įvyko dėl to, kad asmenys, perdirbę automobilių akumulatorius, išlydė šlaką neturėdami tinkamos kontrolės ir nesuvokdami apie švino toksiškumą (Fuller, 2009). Tai dar viena iš priežasčių, dėl ko ši sistema turėtų būti naudojama, ji iš dalies padėtų pataisyti esamą situaciją, nes tinkamai naudojant automobilio akumuliatorių jis tarnautų ilgiau, būtų mažiau jų išmetama arba perdirbama.

Tyrimo problema: kokie inžineriniai sprendimai ir metodai leistų įspėti vairuotojus apie automobilio akumulatoriaus išsikrovimą ir padėtų išvengti įtampų kritimo valdymo blokuose?

Tyrimo tikslas: Atlikti suprojektuotos mobilios automobilio akumulatoriaus išsikrovimo įspėjimo sistemos projektavimo tyrimą.

Darbo uždaviniai:

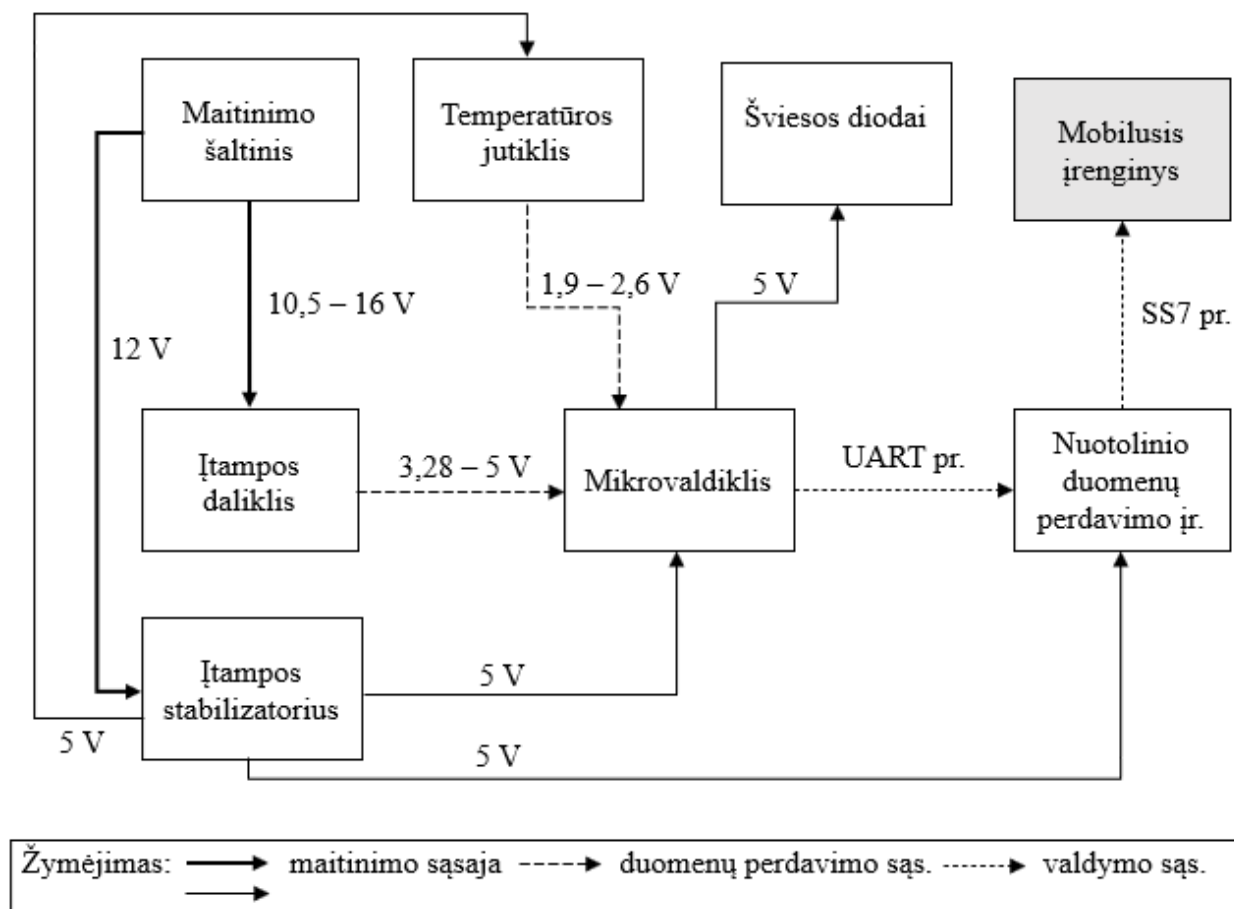
1. Suprojektuoti BDW sistemą.
2. Atlikti suprojektuotos ir pagamintos BDW sistemos bandymą/testavimą ir derinimą.

Šios temos aktualumas iškilo naudojantis neužvesto automobilio multimedijos sistema ir po kurio laiko nepavykus automobilio užvesti dėl išsikrovusio akumulatoriaus, o suprojektuota BDW sistema turės mobilumo funkciją, o tai leis diegti ją į automobilius, neturinčius šios sistemos. Taip pat sistema informuos vairuotojus apie akumulatoriaus būklę realiu laiku, suveiks ir informuos vairuotoją, jeigu automobilio akumulatoriaus įtampa nukris žemiau kritinės ribos ir taip leis tausoti akumuliatorių bei apsaugoti vairuotoją nuo netikėtumų.

Šis straipsnis sudarytas iš dviejų dalių: pirmoje dalyje pateikiama BDW sistemos struktūrinė schema bei jos aprašymas, programos algoritmas ir el. principinės schemos projektavimas. Antroje dalyje pateikiamas suprojektuotas BDW sistemos derinimo bei testavimo ataskaita.

BDW sistemos projektavimas

Sistemos įgyvendinimas pradedamas nuo jos struktūrinės schemos sudarymo (1 pav.). Struktūrinė schema suteikia informacijos, kokie elementai bus naudojami ir kaip jie tarpusavyje komunikuos.



1 pav. Projektuojamos BDW sistemos struktūrinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

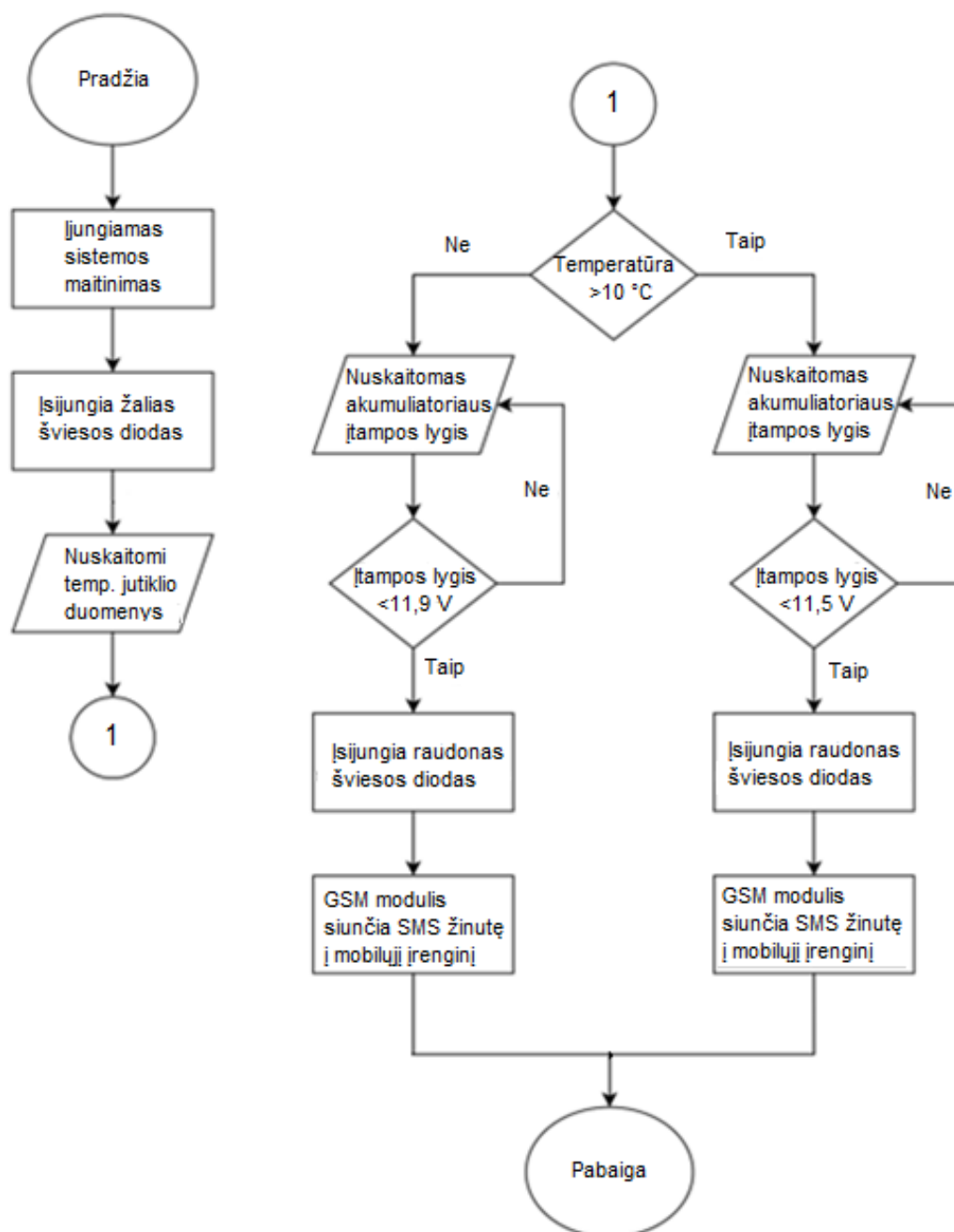
Projektuojamos BDW sistemos struktūrinės schemos elementų paskirtys ir funkcijos pateikiamos žemiau esančiame 1 lentelėje.

1 lentelė

BDW sistemos struktūrinės schemos elementų paskirtys ir funkcijos

Elementas	Paskirtis ir funkcija
Maitinimo šaltinis	Automobilyje esančio 12 V DC akumuliatoriaus elektros energija naudojama maitinti visiems projektuojamos sistemos elektriniams įrenginiams, o tuo pačiu metu – lygiagrečiai matuojamas maitinimo šaltinio įtampos lygis realiaame laike.
Įtampos daliklis	Skirtas sumažinti svyruojančią akumuliatoriaus įtampą (11,5 V – 16 V DC) iki tinkamo dydžio įtampos mikrovaldikliui užfiksuoti (3,28 V – 5 V DC).
Įtampos stabilizatorius	Skirtas sumažinti akumuliatoriaus įtampą (~12 V) iki 5 V, kuri reikalinga maitinti projektuojamos sistemos elementus.
Mikrovaldiklis	Mikrovaldilio pagrindinės funkcijos šioje sistemoje yra nustatyti akumuliatoriaus įtampos lygį, apdorojus gautą signalą ir užfiksavus nustatytą kritinę įtampos ribą ir naudojant UART protokolą, siųsti signalą nuotolinio duomenų perdavimo įrenginiui.
Nuotolinio duomenų perdavimo įrenginys	Gavęs signalą iš mikrovaldiklio, naudodamas SS7 protokolą siųs SMS žinutę į automobilio savininko mobilųjį įrenginį ir taip perspės apie senkantį automobilio akumuliatorių.
Mobilusis įrenginys	Skirtas gauti SMS žinutę iš GSM modulio.
Temperatūros jutiklis	Skirtas matuoti lauko oro temperatūrą, duomenis siųsti mikrovaldikliui.
Šviesos diodai	Žalias diodas skirtas informuoti BDW sistemos naudotoją, jog sistema veikia, o raudonas diodas įspėja, jog akumuliatoriaus įtampa pradeda kristi iki kritinės ribos.

Žemiau pateiktame 2 paveikslėlyje yra pateikiamas programos kodo algoritmas ir jo veikimo paaiškinimas.

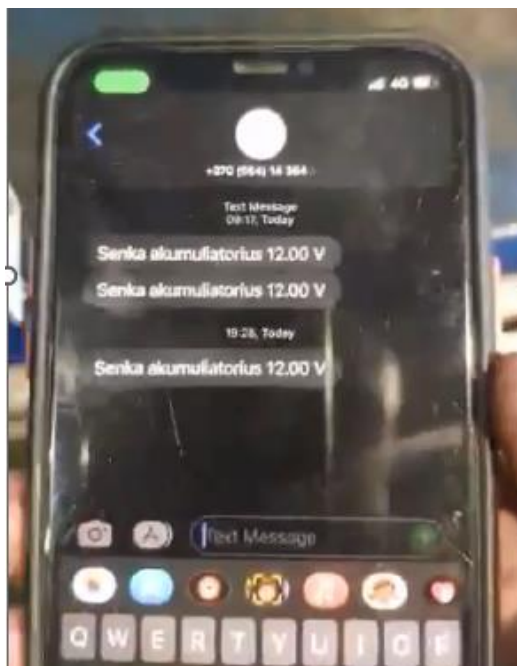


2 pav. BDW sistemos programos kodo algoritmas

Šaltinis: Sudaryta autorių

Pateiktame programos algoritme matyti, jog sistema pradeda veikti įjungus ją į maitinimo šaltinį, įsijungia žalias šviesos diodas, kuris nurodo, jog sistema yra įjungta. Toliau pradedami skaityti lauko oro temperatūros jutiklio duomenys ir matuojamas akumuliatoriaus įtampos lygis, jei temperatūra siekia daugiau nei 10 °C temperatūrą, GSM modulis ir raudonas mirksintis šviesos diodas yra aktyvuojami nustačius žemesnį, nei 11,5 V akumuliatoriaus įtampos lygį, jei temperatūra yra žemesnė, nei 10 °C, tada GSM modulis ir raudonas mirksintis šviesos diodas aktyvuojami nustačius žemesnį, nei 11,9 V akumuliatoriaus įtampos lygį, nes esant žemesnei temperatūrai, automobilio akumuliatoriaus įtampos lygis turi būti aukštesnis norint jį užkurti. Toliau aktyvavus GSM modulį, jis siunčia SMS žinutę į vairuotojo mobilųjį įrenginį ir taip nuotoliniu būdu įspėja vairuotoją apie senkančią automobilio akumuliatoriaus energiją.

BDW sistemos elektrinės – principinės schema buvo sudaryta su „Proteus 8 Professional“ programa. Žemiau pateiktame 3 paveikslėlyje yra sumontuota BDW sistemos elektrinė – principinė schema.



5 pav. BDW sistemos informacinė SMS žinutė

Šaltinis: Sudaryta autorių

BDW įrenginys leidžia vairuotojui stebėti akumulatoriaus būseną ir jos parametrų kitimą nuotoliniu būdu, o tai svarbu tuo atveju kai vairuotojas pamiršta išjungti automobilio šviesas ir (ar) palieka neišjungtą multimedijos sistemą. Suprojektuota BDW sistema informuoja vairuotoją SMS žinute (5 pav.) kintant akumulatoriaus įtampai ir leis vairuotojui įvertinti jo būklę ir priimti reikiamus sprendimus. BDW sistemos įrenginys leidžia keisti akumulatoriaus žemutines ribas pagal vartotojo poreikius, bet būtina įvertinti žemiausią galimą matuojamo įrenginio įtampą. Nuotolinio duomenų perdavimo, GSM SIM modulio testavimo metu buvo naudojamas išsikrovęs akumulatorius (10,2 V) ir akumulatoriaus pakrovėjas. Akumulatorius buvo prijungtas prie pakrovėjo, įtampa pakilo iki 14 V. Tada buvo prijungta sistema prie akumulatoriaus. Užsidegė žalias šviesos diodas, sistema veikia budėjimo režimu, atjungus akumulatoriaus krovimą įtampa nukrito iki 12 V, sistema iškart užfiksavo įtampos kritimą ir uždegė raudoną šviesos diodą, po ~10 sek. į mobilųjį telefoną buvo gauta SMS žinutė su tekstu „Senka akumulatorius. 12 V“, kuris yra užprogramuotas mikrovaldiklyje. Miego režime GSM modulio energijos suvartojimas tik 1 mA.

Išvados

1. Atliekant BDW sistemos projektavimą, buvo suprojektuota struktūrinė sistemos schema, kurią sudaro 12 V maitinimo šaltinis, įtampos daliklis ir stabilizatorius LM 2596, temperatūros jutiklis, kurio varža siekia 1000 Ω , esant 25 °C temperatūrai. Mikrovaldiklis, šviesos diodai (žalias diodas skirtas informuoti BDW sistemos naudotoją, jog sistema veikia, o raudonas diodas įspėja, jog akumulatoriaus įtampa nukrito iki kritinės ribos), nuotolinio duomenų perdavimo įrenginys valdomas AT komandomis (GSM 07.07, 07.05, SIMCOM), kurio maitinimo įtampa 4,6 – 5,2 V, o srovė >1 A.

2. Atliekant BDW sistemos derinimą ir testavimą realiomis oro sąlygomis nustatyta vidutinė matuojama lauko oro temperatūros įtampa, esant 10°C temperatūrai, kuri sudarė 2,35 V. Matavimo rezultatai patikrinti atlikus simuliaciją „Proteus 8 professional“ programoje.

Literatūra

1. Eberhard Meissner, Gerolf Richter. Vehicle electric power systems are under change!: Implications for design, monitoring and management of automotive batteries, 2001. [žiūrėta 2022 – 03 -17]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775300006078>
2. Ignatius Nakhoywa Barasa, Justus Simiyu, Sebastian Waita, Denis Wekesa. Automobile Battery Monitoring System using Arduino Uno R3 Microcontroller Board, 2017. [žiūrėta 2022 – 03 – 17]. Prieiga per internetą: <http://41.89.101.166:8080/handle/123456789/8196>
3. JANČAITĖ, R., ŽYGIENĖ, R., SAUNORIS, M., VITONIS, P. Automobilio užvedimo spynelės mikrovaldiklio įtampos šuolių tyrimas. Inžinerinės ir edukacinės technologijos, Kauno technikos kolegija, 2020. pp. 154 – 158. ISSN 2029-9303.
4. Lu Mingyu. Analysis and Research Based on Automobile Battery Tester, 2021. [žiūrėta 2022 – 03 – 17]. Prieiga per internetą: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1906/1/012006/meta>

5. Richard Fuller. Lead Exposures from Car Batteries—A Global Problem, 2009. [žiūrėta 2022 – 03 – 17]. Prieiga per internetą: <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/full/10.1289/ehp.0901163>
6. Shubhangi Singh; Pragati Rathore; Vijay Kumar Tayal; S.K. Sinha. Improved Design of Automatic Car Battery Charging System, 2019. [žiūrėta 2022 – 03 – 17]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8976567>

INVESTIGATION OF INTELLIGENT CAR BATTERY DISCHARGE WARNING SYSTEM

Summary

The article presents a study of the car battery discharge warning system. The need for this system arose from using a non-starting car multimedia system and then trying to start it. The test failed - the car did not start due to a discharged car battery. The article describes the development of a simple but efficient system that allows continuous measurement of the car battery voltage and alerts the driver about the battery discharge. The article describes the design of the developed battery discharge warning system and provides conclusions.

Key words: car, battery, supply voltage, gsm module, multimeter, system.

GARSINĖS ĮSPĖJIMO APIE TRANSPORTO PRIEMONĘ SISTEMOS TYRIMAS

Justinas Marcinkevičius, Rasa Žygienė

Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa

Anotacija

Straipsnyje sprendžiama elektrinių transporto priemonių eismo saugumo problema. Elektrinių transporto priemonių variklio „betriukšmis“ darbas padaro juos sunkiai pastebimus kelyje ir sukelia pavojų eismo dalyviams. Kaip būdas problemai išspręsti sukurta garsinė įspėjimo sistema. Priemonės efektyvumui pagrįsti atliktas tyrimas, kurio rezultatai parodė, kad papildomos garsinės įspėjimo sistemos įrengimas elektrinėse transporto priemonėse leidžia išgirsti ir pastebėti ją 5,9 karto didesniu atstumu lyginant su atstumu nenaudojant šios sistemos.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Transporto priemonė, garsinis signalas, GPS, mikrovaldiklis.

Įvadas

Prognozuojama, kad ateityje dėl gamtos resursų mažėjimo tendencijų, elektra varomų transporto priemonių skaičius smarkiai kils. Tokio tipo transporto priemonių naudojimas dėl sumažėjusių transporto priemonių keliamo triukšmo kelia pavojų eismo dalyviams labiausiai pažeidžiamiems eismo dalyviams – dviratininkams ir pėstiesiems. Straipsnyje autoriai teigia, kad šių grupių eismo dalyvių saugumas priklauso nuo transporto priemonių skiedžiamo triukšmo, o šio triukšmo nebuvimas gali padidinti nelaimingų atsitikimų skaičiaus augimą (Brand and et al., 2012).

Analizuojant eismo įvykių duomenis sudaromi matematiniai modeliai, kuriais remiantis atskleidžiami trūkumai, dėl kurių mažėja eismo saugumas ir teigiama, kad elektrinės transporto priemonės kelia abejonių dėl eismo saugumo. (Stelling-Kończak and et al, 2015).

Pastaraisiais metais Lietuvoje ir visame pasaulyje populiarėjant elektrinėms transporto priemonėms peržiūrimos ir eismo tvarkos, tačiau susiduriama su sunkumais tai įdiegti į jau esamą infrastruktūrą ir keisti eismo dalyvių įpročius. Tad konfliktai tarp pėsčiųjų ir elektrinių transporto priemonių vairuotojų dažnai neišvengiami. Bandoma rasti sprendimų, kaip efektyviai dalintis vieta pėstiesiems ir paspirtukų ar kitų transporto priemonių vairuotojams (Gibson and et al, 2021).

Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos (angl. *Acoustic Vehicle Alerting Systems* (sutrumpintai: AVAS)) sprendžia šią problemą, skleidamos garsą, kuris įspėja pėsčiuosius apie artėjančią transporto priemonę. Vienas iš šios problemos sprendimo būdas – naudoti mechaninę sistemą susidedančią iš dviejų krumpliaračių, kuri skleistų variklio darbui artimą garsą (Fabra-Rodriguez and et al, 2021).

Garsinės įspėjimo apie transporto sistemą naudingumas jau yra įrodytas tyrimais. Naudojant šią sistemą pėstieji lengviau ir greičiau pastebi artėjančią transporto priemonę. Taip pat, manoma, kad ši sistema galės padėti bepiločiams automobiliams įspėti pėsčiuosius apie judėjimo pradžią (Moore and et al, 2020).

Tyrimo problema – Kokie inžineriniai sprendimai leistų elektra varomoms transporto priemonėms įdiegti garsinę įspėjimo apie transporto priemonę sistemą, kai ši sistema nebuvo įdiegta gamykloje, siekiant efektyvesnio transporto priemonės pastebimumo eismo dalyviams?

Darbo tikslas – sukurti garsinę eismo dalyvių įspėjimo apie transporto priemonę sistemą, kuri leistų apsaugoti eismo dalyvius nuo nelaimingų eismo įvykių ir iširti jos efektyvumą realiomis eismo sąlygomis.

Darbo uždaviniai:

1. Sukurti garsinę įspėjimo apie transporto priemonę sistemą.
2. Atlikti garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos tyrimą realiomis eismo sąlygomis ir pateikti tyrimo išvadas.

Šis straipsnis sudarytas iš dviejų dalių: pirmoje aprašoma garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos kūrimą, o antroje - garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos tyrimas realiomis eismo sąlygomis.

Pirmoje dalyje aptariami technologiniai ir konstrukciniai sprendimai, kurie priimti, siekiant išpildyti garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos funkcijas.

Antroje dalyje pateikiami garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos tyrimo realiomis eismo sąlygomis tyrimo rezultatai.

Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos kūrimas

Kuriant sistemą nustatyta pradinė sąlyga, kad sistema turi atitikti Europos Sąjungos reglamentą dėl garsinių įspėjimo sistemų. Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos veikimo principas – transporto priemonei judant sistema turi skleisti garsą, pasiekus 20 km/h ar didesnę greitį sistema turi būti atjungiamas, kadangi tokiu greičiu judančios transporto priemonės ratų keliamas triukšmas yra pakankamas, jog jį pastebėtų kiti eismo dalyviai. Taip pat sistema turi turėti pristabdymo ir pritildymo funkcijas. Kas kart kai transporto

priemonė yra užvedama, garsinė įspėjimo apie transporto priemonę sistema turi būti aktyvuojama iš naujo. Šios sąlygos nustatytos Europos sąjungos reglamento [4].

Garsinių įspėjimo apie transporto priemonę sistemų palyginimas pagal gamintoją, technines charakteristikas ir funkcijas pateikta 1 lentelėje.

1 lentelė.

Garsinių įspėjimo apie transporto priemonę sistemų palyginimas pagal gamintoją, technines charakteristikas bei funkcijas

Analogiškos sistemos gamintojas ir pavadinimas	Paser Jingle AVAS 2.0	LUIS AVAS	KUFATEC Sound Booster
Projektuojamos sistemos techninės charakteristikos			
Darbinė temperatūra nuo - 45 °C iki + 85 °C	-	-	*
Maitinimo įtampa nuo 7 V iki 60 V DC	-	-	-
Sistemos veikimo diapazonas nuo 0 km/h iki 60 km/h	-	*	*
Masė iki 2000 g	*	+	-
Matmenys iki 200 x 190 x 150 mm	*	+	-
Sistemos bendras galingumas iki 18 W	+	+	*
Atkuriamo garso stipris nuo 60 dB iki 75 dB	+	+	*
Ne žemesnis nei IP65 atsparumas aplinkos veiksniams (dulkėms ir drėgmei)	*	+	*

*Pastabos: *gamintojas viešai nepateikia viešos informacijos apie sistemą arba autoriai nenustatė, - neatitinka numatytų techninių charakteristikų, + atitinka numatytas technines charakteristikas*

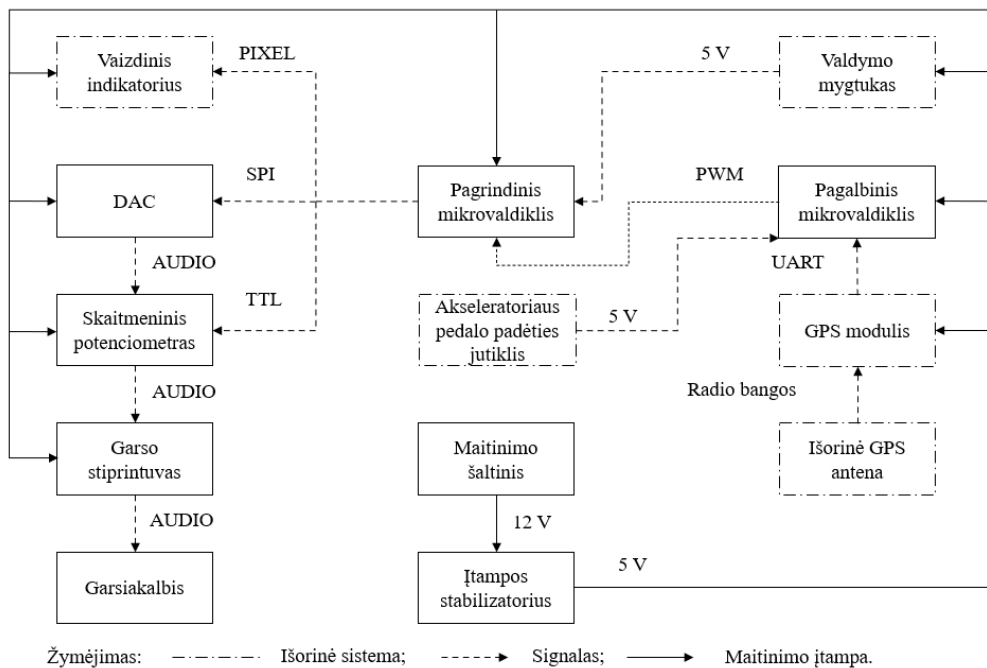
Iš palyginimo lentelės duomenų nustatyta, kad „Paser Jingle AVAS 2.0“ ir „LUIS AVAS“ sistemos nėra pritaikytos tokiai darbinei temperatūrai, kaip projektuojama sistema, o apie „KUFATEC Sound Booster“ sistemos darbinę temperatūrą gamintojas nepateikia duomenų. Nei viena iš lygintų analogiškų sistemų nedirba tokia plačia maitinimo įtamos diapazone, kaip projektuojama sistema. Nustatyta, kad „Paser Jingle AVAS 2.0“ sistema nedirba tame pačiame automobilio greičio diapazone, kaip projektuojama sistema, o kitų lygintų sistemų gamintojai nepateikia šios informacijos. Tik „LUIS AVAS“ sistema svoriu prilygsta projektuojamai sistemai, „KUFATEC Sound Booster“ sistema yra sunkesnė, o apie „Paser Jingle AVAS 2.0“ tokios informacijos nėra pateikta. . Analogiškai, tik „LUIS AVAS“ sistema matmenimis prilygsta projektuojamai sistemai, „KUFATEC Sound Booster“ sistema yra didesnė, o apie „Paser Jingle AVAS 2.0“ tokios informacijos nėra pateikta. Visos lygintos sistemos pasižymi galingumu iki 18W. Atkuriamo garso stiprumas neapibrėžtas tik „KUFATEC Sound Booster“ sistemos, o „Paser Jingle AVAS 2.0“ ir „LUIS AVAS“ atitinka keliamus reikalavimus. Aukštesniu nei IP65 atsparumu pasižymi tik „LUIS AVAS“, apie kitas lygintas sistemas ši informacija nebuvo pateikta.

Projektuojama garsinė įspėjimo apie transporto priemonę sistema yra suskirstyta į penkis stambesnius funkcinis blokus: maitinimo grandinę, valdymo grandinę, garso atkūrimo grandinę, garso stiprintuvo grandinę, informavimo/įvesties grandinę, pagal atliekamas funkcijas.

Kad sistemos komponentus būtų galima sumontuoti kuo kompaktiškiau, kiekvienas funkcinis blokas projektuojamas ant atskiros montažinės plokštės. Tai ne tik padeda sumažinti korpuso matmenis, bet ir palengvina remonto darbus. Kadangi nereikia keisti visos plokštės, o tik nekorektiškai veikiančią dalį yra sumažinama remonto kaina ir tausojami gamtiniai resursai.

Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos struktūrinė schema pateikta 1 paveikslėlyje. Maitinimo grandinė susideda iš DC – DC keitiklio, kurio įėjimo įtampa 7 – 60 V, o išėjimo 5 V. Grandinėje esantis mosfetis skirtas apsaugoti nuo atvirkščio poliškumo, kuris gali atsirasti neteisingai instaliavus sistemą.

Valdymo grandinė susideda iš dviejų mikrovaldiklių. ATtiny85 mikrovaldiklis atsakingas už GPS modulio duomenų ir akseleratoriaus pedalo padėties jutiklio signalo nuskaitymą. Apdorojęs šiuos duomenis šis mikrovaldiklis PWM signalu, kurio užpildo koeficientas tiesiogiai proporcingas transporto priemonės greičiui, perduoda duomenis pagrindiniam mikrovaldikliui. Pagrindinis mikrovaldiklis ATmega328 atsakingas už įvesties/informavimo funkcijų valdymą, garso failo duomenų perdavimą, garso moduliacijos atlikimą. Didėjant transporto priemonės greičiui didinamas atkuriamo garso dažnis.



1 pav. Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos struktūrinė schema

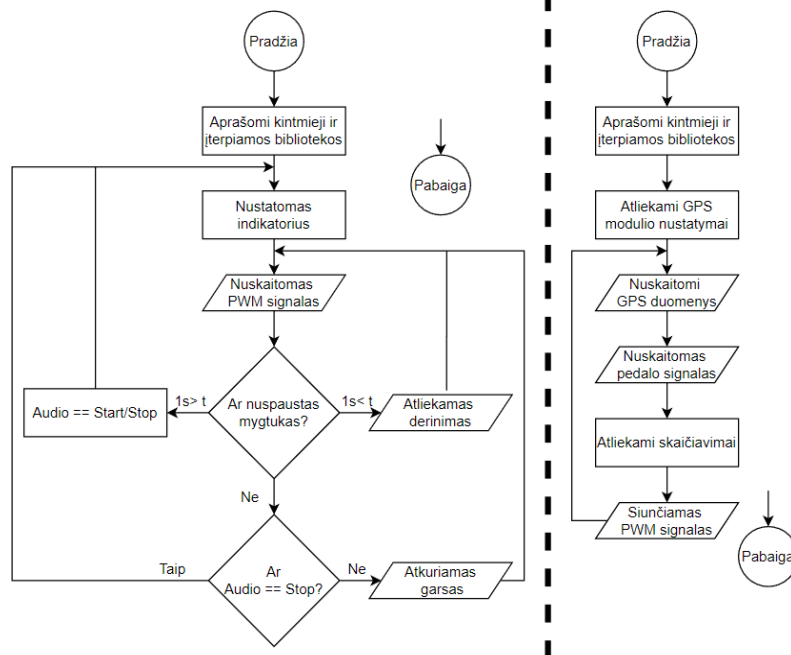
ATmega328 mikrovaldiklio atmintyje išsaugotas garso failas, kurio duomenys perduodami į garso atkūrimo grandinę. Taip pat šis mikrovaldiklis registruoja mygtuko paspaudimus išpildydamas sistemos stabdymo arba pritildymo funkcijas. Vienas mažiau nei sekundę trunkantis paspaudimas sistemą gali pristabdyti arba paleisti iš naujo. Kadangi sistema gali būti montuojama atvirai arba po automobilio buferiais, skleidžiamo garso lygis gali būti prislopinamas įvairių automobilio konstrukcinių elementų. Tam reikalingas derinimas. Palaikius mygtuką nuo vienos iki trijų sekundžių yra padidinamas sistemos skleidžiamo garso lygis, o paspaudus jį virš trijų sekundžių – sumažinamas. Kaip valdymo mygtukas pasirinktas liesti jautrus talpinis mygtuko modulis, kuris reaguoja į talpos pokyčius prie jo per du centimetrus priartėjus metalui arba žmogui. Šio mygtuko nebūtina liesti tiesiogiai, todėl jis gali būti sumontuojamas už automobilio apdailos detalių arba sandariame, korpuse. Tildymas ir garsinimas vykdomas nustatant skaitmeninio potenciometro vertes garso atkūrimo grandinėje. Vairuotojo informavimas atliekamas valdant RGB šviesos diodą. Kuris sistemai dirbant normaliu režimu šviečia žaliai, pristabdžius – raudonai, o atlikus derinimo veiksmą sumirksi mėlynai.

Garsas atkuriamas naudojant skaitmeninio į analoginį signalo keitiklį, kuris su pagrindiniu mikrovaldikliu susietas SPI sąsaja. Priklausomai nuo transporto priemonės greičio vienas įtampos lygis išlaikomas 40 – 63 mikrosekundes, taip atkuriant analoginį garso signalą. Operacinis stiprintuvas užtikrina, kad šis signalas būtų stabilus. Už operacinio stiprintuvo esantis įtampos daliklis suformuotas iš rezistorių sužemina įtampą iki garso stiprintuvo įėjimo įtampos. O skaitmeninis potenciometas slopiną tiek, kiek yra nustatyta vartotojo. Garso stiprintuvas valdo 3 W 4 Ω garsiakalbį kuris skleidžia garą.

Projektuojant garsinę įspėjimo apie transporto priemonę sistemą buvo atsižvelgiama į kelis esminius veiksnius: pritaikomumą, naudojimo prastumą, lengvą diegimą, kompaktiškumą ir projekto tęstinumą. Pritaikomumas išpildytas pritaikant maitinimo grandinę dirbti tiek automobiliuose tiek daugumoje elektrinių paspirtukų ir dviračių, kurių akumuliatoriaus nominali įtampa yra 48 V. Naudojimo paprastumą atspindi lengvas sistemos valdymas ir derinimas. Diegimo paprastumas išpildytas suprojektuojant sistemą, kad sistemos diegimas reikalautų minimalios intervencijos į transporto priemonės sistemas. Kompaktiškumas ir projekto tęstinumas pasiektas projektuojant funkcinius blokus ant atskirų montažinių plokščių. Toks metodas leidžia ne tik kompaktiškai išdėlioti komponentus, bet ir keisti atskiras sistemos dalis pranašesnėmis ar diegti naujas, kadangi mikrovaldiklis turi laisvus kontaktus kurie gali būti nustatomi atlikti kitas funkcijas.

Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę korpusas turi būti kompaktiškas ir estetiškai patrauklus, jei sistema montuojama atvirai. Kadangi gaminamas tik sistemos maketas, tam pasirinkta 3D spausdinimo technologija, leidžianti kurti išskirtinių formų korpusus, nešvaistant medžiagų. Spausdinimui pasirinktas greitai yrantis PLA plastikas. Šis plastikas gaminamas iš kukurūzų krakmolo ir įvairių cheminių priedų. Šis plastikas yra mažiausiai toksiškas iš visų gaminamų 3D spausdinimo plastikų ir gali pilnai suirti per dvejus metus. Toks plastikas netiktų eksploatuojant sistemą ilgą laiką lauko sąlygomis, tačiau bandymų tikslams šis plastikas yra tinkamas, kadangi jis yra pakankamai patvarus trumpalaikiam naudojimui.

Taip pat buvo sudarytas programos algoritmas, kuris yra pateiktas žemiau esančiame 2 paveikslėlyje.



2 pav. Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos programos algoritmas: kairėje – pagrindinio mikrovaldiklio, dešinėje – pagalbinio mikrovaldiklio

2 paveikslėlio dešinėje pateikto pagalbinio mikrovaldiklio programavimo algoritmas prasideda nuo kintamųjų aprašymo ir naudojamų bibliotekų įterpimo. Tuomet yra pereinama prie GPS modulio nustatymo. GPS modulis išduoda duomenų paketus 1 Hz dažniu. Po atliktų nustatymų yra sumažinamas duomenų paketo dydis, pašalinami nereikalingi duomenys siekiant pagreitinėti duomenų nuskaitymą, ir paketo perdavimo greitis padidinamas iki 10 Hz. Tuomet yra nuskaitymi GPS modulio siunčiami duomenys, o vėliau akseleratoriaus pedalo padėties jutiklio duomenys. Jei akseleratoriaus pedalo padėties jutiklis nėra prijungtas prie sistemos yra fiksuojama nulinė jo reikšmė. Skaičiavimų dalyje pagal akseleratoriaus pedalo ir GPS modulio duomenis apskaičiuojamas PWM signalo užpildo koeficientas. Tuomet yra atkuriamas PWM signalas.

2 paveikslėlio kairėje pateikto pagrindinio mikrovaldiklio programavimo algoritmas prasideda nuo kintamųjų aprašymo ir naudojamų bibliotekų įterpimo. Tuomet pereinama prie indikatorius nustatymo, kuris atvaizduoja sistemos būseną – žalia spalva reiškia, jog sistema yra aktyvi, o raudona, kad sistema yra pristabdyta. Tuomet yra nuskaitymas PWM signalas. Pagal PWM signalą yra parenkamas atkuriamo garso dažnis ir sistemos pristabdymas pasiekus 60 km/h. Tuomet tikrinama įvesties mygtuko būseną. Jei mygtukas nuspaustas mažiau nei sekundę, yra keičiama sistemos būseną į priešingą esamą. Sistema turi dvi būsenas – „Stop“ ir „Start“. Kai sistema yra „Stop“ būsenoje indikatorius dega raudonai ir sistema neatkurinėja garso, o kai sistema yra „Start“ būsenoje indikatorius dega žaliai ir sistema atkuria garą. Jei mygtukas yra spaudžiamas daugiau nei sekundę yra atliekamas derinimas. Derinimo paskirtis didinti arba mažinti atkuriamo garso stiprį. Jei mygtukas laikomas nuo vienos iki trijų sekundžių garso lygis yra didinamas, jei laikoma virš trijų sekundžių garso lygis yra mažinamas.

Abu programų algoritmai vyksta nesibaigiančių ratu, o pabaigos ženklas simbolizuoja sistemos darbo pabaigą netekus maitinimo arba sugedus sistemos komponentams.

Pagaminta garsinė įspėjimo apie transporto priemonę sistema pasižymi šiomis techninėmis charakteristikomis: sistemos svoris su valdymo pultu ir laikikliais pritaikytiems dviračiams/paspirtukams – 354 g, maitinimo įtampa – nuo 7 V iki 60 V, sistemos maksimali suvartojama srovė dirbant maksimaliu pajėgumu – 298 mA, korpuso matmenys be laikiklio (ilgis/plotis/aukštis) – 138x118x66 mm, laikiklio matmenys (ilgis/plotis/aukštis) – 60x60x51 mm, valdymo pulto matmenys be laikiklio (ilgis/plotis/aukštis) – 52x40x10 mm, valdymo pulto laikiklio matmenys (ilgis/plotis/aukštis) – 60x10x45 mm, atsparumo aplinkos veiksniams klasė – IP65, sklaidžiamo garso lygis 2 m atstumu – nuo 35 dBA iki 66 dBA.

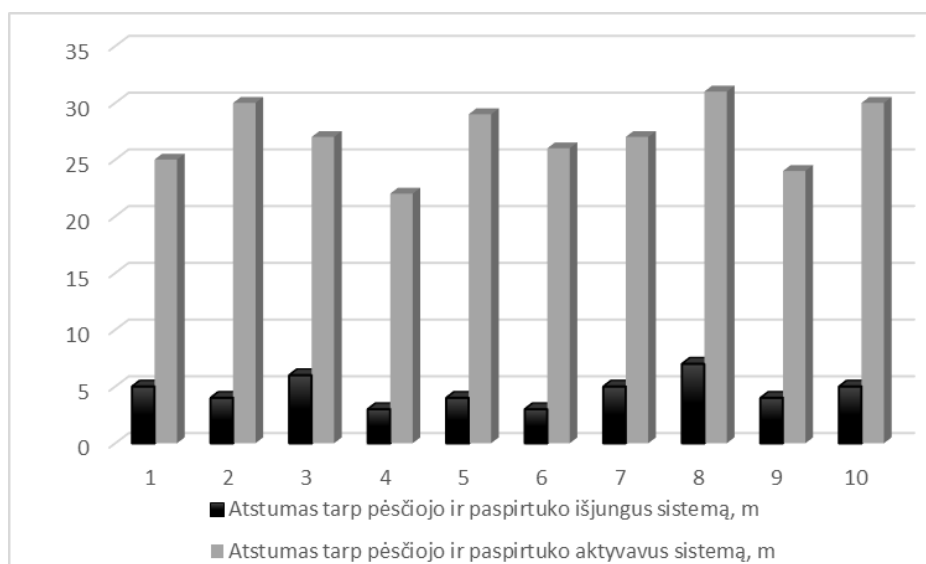
Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos tyrimas realiomis eismo sąlygomis

Šios temos aktualumas. Elektrinių automobilių variklio sklaidžiamas garsas dažnai negirdimas eismo dalyviams, o tai juos daro sunkiai pastebimus kelyje. Siekiant apsaugoti eismo dalyvius nuo nelaimingų eismo

įvykių ir galbūt apsaugoti keleivių gyvybes sukurta mobilią elektromobilių saugos sistemą, leidžiančią imituoti automobilio variklio skleidžiamą garsą.

Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos tyrimas realiomis eismo sąlygomis buvo atliktas numatytomis iš anksto sąlygomis:

- Prieš pradedant tyrimą aplinkos garso slėgio lygis: $L_{Aap}=51$ dBa.
 - Prieš pradedant tyrimą sukurtos AVAS garso slėgio lygis: $L_{Aavas}=57$ dBa.
 - Bandymai atliekami stadione su asfalto danga, stadionas yra $l_{g-stad}=50$ m nutolęs nuo judrios miesto gatvės, kur pakankamai gerai yra gerai girdimas automobilių skleidžiamas triukšmas. Atliekant tyrimą stadione, nebuvo trukdoma eismui, bet išgaunamos sąlygos artimos realioms ir su kuriose dažniausiai susiduriama su riedant elektriniais paspirtukais.
 - Bandyme dalyvavo keturi asmenys ($n_d=4$ asm.): du stebėtojai, vairuotojas ir eismo dalyvis (klausytojas). Klausytojas pakeldavo ranką išgirdęs transporto priemonę, tuomet užregistruojamas atstumas l_{lik} metrais.
 - Buvo atliekama po 10 bandymų su išjungta $n_{avas.off}=10$ bei įjungta $n_{avas.on}=10$, AVAS sistema. Viso atliktų bandymų: $n_{sum}=20$ vnt.
 - Pradinis atstumas tarp klausytojo ir paspirtuko priekinio rato: $l_{prad}=300$ m. visas atstumas suskaidytas į atkarpas po 50 cm ir pažymėtos vėliavėlėmis.
 - Pradinis paspirtuko greitis: $v_{pprad}=0$ km/val, maksimalus paspirtuko greitis: $v_{pmax}=16$ km/val.
- Bandymų rezultatai pateikiami 3 paveikslėlyje.



3 pav. Garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos bandymų rezultatų suvestinė

Bandymo metu naudoti eksperimentiniai tyrimo metodai bet neįvertinta bandomojo ir vairuotojo reakcijos greitis ($v_{b.reak}$, $v_{v.reak}$) ir fizinės bandomojo galimybės (t.y. rankos pakėlimo greitis). Taip pat, nebuvo vertinamas stabdymo kelias ($S_{stab.}$) nuo rankos pakėlimo, nes šio parametro duomenys tokos tyrimo rezultatams neturi.

Tyrimo metu nustatyta, kad naudojant garsinę įspėjimo apie transporto priemonę (AVAS) paspirtukas buvo pastebimas vidutiniškai 22,5 m ankščiau nei nenaudojant minėtos sistemos.

Išvados

1. Sukurta kompaktiška GĮ sistema gali būti pritaikyta elektriniams paspirtukams, dviračiams ir automobiliams. Sistemos suvartojama galia (P) nedaro reikšmingos įtakos nuvažiuojamam atstumui. Dėl savo maitinimo įtampos (U) diapazono, sistema gali būti sumontuota didžiojoje daugumoje elektrinių transporto priemonių. IP65 atsparumas aplinkos veiksniams leidžia naudoti sistemą visomis oro sąlygomis.

2. Naudojant garsinę įspėjimo apie transporto priemonę sistemą, realiomis sąlygomis, paspirtukas buvo išgirstas ir pastebėtas 5,9 karto didesniu atstumu lyginant su atstumu nenaudojant šios sistemos. Tai įrodo, jog garsinė įspėjimo apie transporto priemonę sistema yra veiksminga priemonė didinant eismo saugumą bei saugant eismo dalyvių sveikatą ir gyvybę. Sistemos skleidžiamas garso lygis yra pakankamas, tam kad transporto priemonė būtų išgirsta ir pastebėta eismo dalyvių. Taip pat, sistema yra saugi naudojimui realiomis eismo sąlygomis.

Literatūra

1. Brand, S., Petri, M., Haas, Ph., Krettek, Ch., Haasper, C. 2012. Hybrid and electric low-noise cars cause an increase in traffic accidents involving vulnerable road users in urban areas. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 20(4): 339-341. DOI. 10.1080/17457300.2012.733714.
2. Fabra-Rodriguez, M., Peral-Orts, R., Campello-Vicente, H., Campillo-Davo, N. 2021. Gear sound model for an approach of a Mechanical Acoustic Vehicle Alerting System (MAVAS) to increase EV's detectability *Applied Acoustics*, 184: 108345. DOI.10.1016/j.apacoust.2021.108345
3. Gibson, H., Curl, A., Thompson, L. 2021. Blurred boundaries: E-scooter riders' and pedestrians' experiences of sharing space. *Mobilities*, 17(1): 69-84. DOI 10.1080/17450101.2021.1967097.
4. KOMISIJOS DELEGUOTASIS REGLAMENTAS (ES) 2017/1576, 2017 m. birželio 26 d. kuriuo dėl transporto priemonių ES tipui patvirtinti taikomų garsinės įspėjimo apie transporto priemonę sistemos reikalavimų. Europos Sąjungos oficialusis leidinys 2017/1576: 3–7. [Žiūrėta 2021 – 10 – 10]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1576&from=EN>
5. Moore, D. Currano, R., Sirkin, D.. 2020. Sound Decisions: How Synthetic Motor Sounds Improve Autonomous Vehicle-Pedestrian Interactions. In 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 94–103. DOI.10.1145/3409120.3410667.
6. Stelling-Kończak, A., Hagenzieker, M., Van Wee, B. 2015. Traffic Sounds and Cycling Safety: The Use of Electronic Devices by Cyclists and the Quietness of Hybrid and Electric Cars. *Transport Reviews* 35(4), 422-444. DOI.10.1080/01441647.2015.1017750.

RESEARCH OF AUDIBLE VEHICLE ALERT SYSTEM

Summary

The article solves the problem of traffic safety of electric vehicles. The 'silent' operation of the electric vehicle's motor makes them difficult to detect on the road and endangers road users. An audible warning system has been developed to solve the problem. A study was carried out to justify the effectiveness of the measure, which showed that the installation of an additional audible warning system in electric vehicles allows it to be heard and observed at a distance 5.9 times greater than without it.

Key words: Vehicle, sound signal, GPS, microcontroller.

AUTOMOBILIO AUTOMATINIŲ ŠVIESŲ SISTEMOS ANALIZĖ

Gytis Jakuntavičius, Džiugas Sopickis, Tatjana Sokolova

Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa

Anotacija

Šiame darbe pateikti automobilio automatinių ilgųjų šviesų įjungimo/išjungimo ir artimųjų, dienos šviesų žibintų automatinio įjungimo/išjungimo sistemos veikimo principai su struktūriniu schema, atlikta panašių automatinių ilgųjų šviesų įjungimo/išjungimo ir artimųjų, dienos šviesų žibintų automatinio įjungimo/išjungimo sistemų analogų apžvalga, nustatyti pagrindinės sistemų funkcijos ir aptarti šių sistemų skirtumai. Svarbiausias šios sistemos privalumas, kad automobilyje su šia sistema ženkliai pagerėja aplinkos apšvietimas ir matomumas bei sutaupoma laiko, todėl sumažėja krūvis vairuotojui bei pagerėja atidumas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Eismas, automatinė sistema, šviesos srauto jutiklis, jungiklis, signalas, relė, žibintas apšvietumas.

Išvadas

Griežtėjant saugumo reikalavimams ir kylant gaminių standartams automobilių rinkoje gamyklos daro didelę pažangą tobulinant įvairias sistemas ir visos sukurtos sistemos tampa įprastos ir montuojamos į visus standartinius automobilius, kurios ne tik pagerina apšvietimą ir aplinkos stebėjimą, bet tuo pačiu pagerina komfortą ir leidžia vairuotojui jaustis saugiau. Senesniuose automobiliuose tokios sistemos nėra įdiegtos ir kartais tamsiu paros metu, kai vairuotojai neišjungia ilgų automobilio šviesų, kyla avarijos ar nepastebimos kliūtys kelyje, o šios problemos priežastys yra vairuotojų išsiblaškymas vairuojant. Analoginiuose įrenginiuose yra naudojamos kameros, kurios aptinka automobilį ir jo skleidžiamą šviesą, tada ši kamera siunčia duomenis automobilio šviesų valdymo kompiuteriui, kuris iškraipo šviesos spindulį taip, kad priešais atvažiuojančiam automobiliui netrukdytų ilgosios šviesos, tai jis padaro sudarydamas šešėlį aplink priešais atvažiuojantį automobilį. Kituose analoginiuose įrenginiuose taip pat naudojamos kameros bei fotorezistoriai, bet jos pajutusios kito automobilio šviesas ar miesto apšvietimą tiesiog išjungia automobilio ilgąsias šviesas ir jas įjungia atgal tada, kai apšvietimas sumažėja. Šią sistemą bus galima pritaikyti senesniuose automobiliuose, kurie neturėjo šios sistemos, nes dėl savo paprasto veikimo ir nesudėtingo pajungimo tiktu įvairiems automobilių modeliams. Sukurtos originalios sistemos padėtų daugeliui vairuotojų sumažinti vairavimo krūvį, bei sumažintų blaškymąsi jungiant šviesas. Kuriamą sistemą bus įjungiama aktyvuojant jungiklio pagalbą, ji nustačius į auto padėtį. Jungikliui esant šioje padėtyje mikrovaldiklis gaus signalą, kad jau gali stebėti šviesos srauto jutiklio duomenis ir kai parametrai atitinka tinkamus, tada siųstų signalą į relės, kurios įjungtų atitinkamus žibintus. Ši sistema turės pagrindinius bendrus elementus kurie yra 12 V maitinimo šaltinis, saugiklis, keitiklis, mikrovaldiklis, fotorezistorius, jungiklis bei atskiri elementai, kurie įvairiuose automobiliuose skiriasi yra relės ir žibintai. Taip pat bus galima atsižvelgti analogų sistemas bei įgyvendinti automatiškai reguliuojamas šviesų aukščio, šviesos srauto jutiklio veikimo jautrumo reguliavimą, grįžimo namo ir išėjimo iš namų funkcijas bei trumpųjų ir dieninių šviesų valdymą. Panašias sistemas aprašo autoriai (Fadil Muhammad ir kiti, 2020) straipsnyje „Design of Automatic Headlight System Based on Road Contour and Beam from Other Headlights“, aprašoma sistema, kurioje ne tik šviesos jutikliu nustatomas šviesos kiekis ir pagal tai valdomi ilgųjų ir trumpųjų šviesų perjungimai, tačiau ir akselerometro jutiklio pagalba nustačius kelio nuolydį ar kelio vingį yra valdomas žibintų aukštis ir kryptis į šonus. Tokiu būdu užtikrinamas maksimalus apšvietas plotas transporto priemonės vairuotojui. Straipsnyje „Intelligent Automatic High Beam Light Controller“ autorių (Shadi Alboon ir kiti, 2013) aprašoma paprastesnė sistema, kuri gali stebėti aplinkos apšvietumą ir valdyti ilgųjų žibintų įjungimą bei išjungimą.

Darbo problema. Kokie skirtumai tarp rinkoje esančių automatinių ilgųjų šviesų įjungimo/išjungimo ir artimųjų, dienos šviesų žibintų automatinio įjungimo/išjungimo sistemų, kurios leistų įjungti ar išjungti ilgųjų, artimųjų ar dieninių žibintų sistemas?

Tikslas– atlikti automatinių artimųjų, dieninių ir ilgųjų šviesų sistemų bei jų analogų analizę.

Uždaviniai:

1. Nustačius technines charakteristikas ir sudarius struktūrines schemas atlikti automatinių artimųjų, dieninių ir ilgųjų šviesų sistemų žibintų valdymo sistemų apžvalgą.

2. Atlikti automatinių ilgųjų šviesų žibintų lyginamąją analizę.

Naudojami lyginamosios analizės metodai ir elektroninių straipsnių apžvalga.

Straipsnį sudaro dvi dalys: pirmoje – nustatomos automatinių ilgųjų šviesų įjungimo/išjungimo ir artimųjų, dienos šviesų žibintų automatinio įjungimo/išjungimo sistemų techninės charakteristikos, antroje – atliekama panašių automobilių automatinių šviesų sistemų apžvalga ir panašių automobilių automatinių šviesų sistemų analizė.

Automatinių ilgųjų šviesų įjungimo/išjungimo ir artimųjų, dienos šviesų žibintų automatinio įjungimo/išjungimo sistemų techninės charakteristikos

Prieš sudarant automatinių trumpųjų šviesų ir automatinių ilgųjų šviesų žibintų valdymo sistemų technines charakteristikas buvo išsiaiškinta kad šios sistemos turi įjungti ir išjungti šviesas, tai padarius buvo galima nustatyti technines charakteristikas kurios yra kelios:

- Maitinimo įtampa 12 V.
- Sistemos įjungimo nustatymo funkcija.
- Aplinkos šviesos srauto nustatymo funkcija.
- Sistema turi turėti artimųjų, dieninių ir ilgųjų šviesų žibintus.

Maitinimo įtampa. Ši sistema užgesintam automobiliui bus maitinama transporto priemonės išorinio maitinimo šaltinio (akumulatoriaus) 12 V maitinimo įtampa, o užvestam automobiliui iš generatoriaus paimta maitinimo įtampa. Šios sistemos maitinimą būtų galima paimti tiesiai iš akumulatoriaus ir pajungus per apsauginį saugiklį arba iš saugiklio bloko atvestų ir paliktų tuščių jungčių.

Aplinkos šviesos srauto nustatymo funkcija. Aplinkos šviesos nustatymo funkcija yra funkcija, kuri nustato sklindančios šviesos energijos pernešimo kiekį kūno paviršiaus plotu. Ši funkcija šviesos srauto jutiklio pagalba nustato aplinkos apšviestumą matuojant pro jutiklį pratekančios energijos kitimą. Ši sistema gali veikti kameros arba šviesos srauto jutiklio pagalba. Automobilių rinkoje naudojant automatines sistemas su kamera, šios gali pastebėti ne tik šviesos srautą (artėjančią transportą) dideliu atstumu bet ir aptikti kliūtį kelio trajektorijoje. Sistemoje naudojamas fotorezistorius, nes sistema bus paprastesnė ir finansiškai pigesnės konstrukcijos. Dėl šios priežasties modelis turės privalumą, kad jos sukonstravimo kaštai bus mažesni nei analoguose.

Sistemos įjungimo nustatymo funkcija. Sistemos įjungimo nustatymo funkcija naudoja mechaninį jungiklį su auto padėtimi, kuris dažniausiai visose transporto priemonėse įmontuotas ant prietaisų skydelio. Jungiklio pagalba įjungia arba išjungia sistemą.

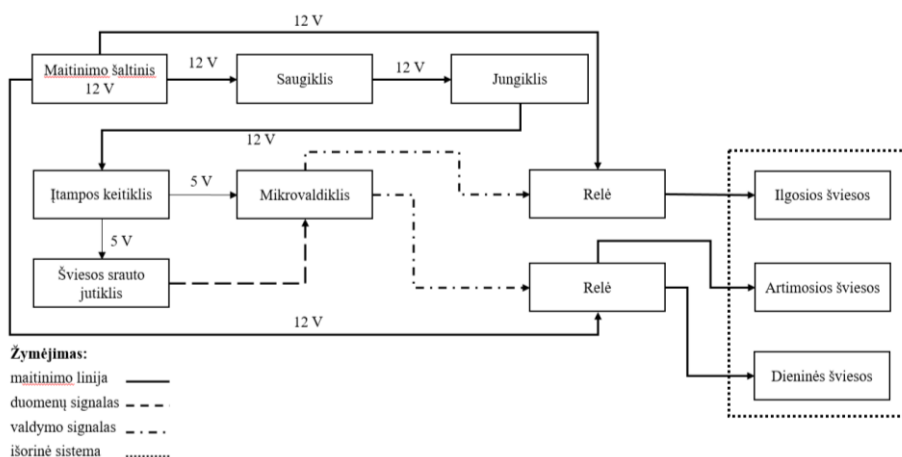
Sistemos apšvietimo funkcija. Ši sistema naudojama dieninėms, artimosioms bei tolimosioms šviesoms valdyti, kurios skirtos apšviesti važiavimo trajektoriją skirtingomis sąlygomis.

Kadangi straipsnyje nagrinėjamos automobilio automatinių ilgųjų šviesų įjungimo/išjungimo ir artimųjų, dienos šviesų žibintų automatinio įjungimo/išjungimo sistemos kiekvienai iš jų sudaroma struktūrinė schema.

Automobilio automatinių ilgųjų/trumpųjų šviesų įjungimo/išjungimo sistemos struktūrinė schema parodyta 1 paveikslėlyje. Ši sistema naudoja 12 V automobilio maitinimo įtampą, kuri yra apsaugota nuosekliai pajungtu saugikliu. Tačiau mikrovaldiklis naudoja mažesnę, 5 V maitinimo įtampą todėl prieš jį naudojamas keitiklis norint iš 12 V pakeisti į 5 V maitinimo įtampą.

Šios sistemos veikimą valdo mikrovaldiklis apdorodamas šviesos srauto jutiklio bei sistemos įjungimo jungiklio parametrus.

Mikrovaldikliui stebint parametrus ir jiems atitikus yra siunčiamas signalas aktyvuoti relę ir per ją įjungiami žibintai.



1 pav. Automatinių šviesų sistemos struktūrinė schema

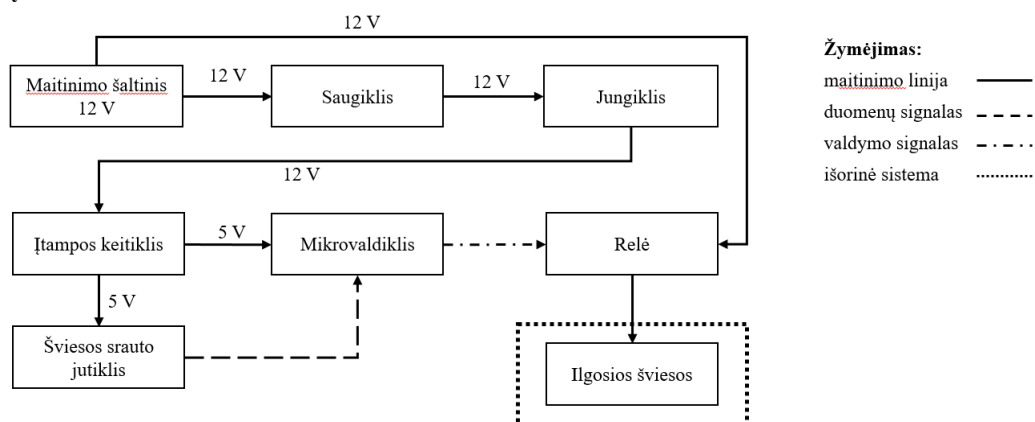
Šaltinis: Sudaryta autorių

Automatinių ilgųjų šviesų struktūrinė schema (2 pav.) sudaryta remiantis prieš tai nustatytomis techninėmis charakteristikomis. Sistema naudoja 12 V įtampą, kuri yra gaunama nuo ilgųjų šviesų saugiklio,

įtampos keitiklis keičia 12 V įtampą į 5 V, kuri reikalinga mikrovaldikliui ir šviesos srauto jutiklis yra pasirinktas fotorezistorius.

Ši sistema maitinimą gauna nuo automobilio ilgųjų šviesų sistemos saugiklio. Įtampos stabilizatorius pakeičia įtampą, kuri reikalinga mikrovaldikliui.

Mikrovaldiklis gauna signalus iš fotorezistoriaus, kuris gaudamas tam tikrą šviesos srautą keičia savo vidinę varžą.



2 pav. Automatinių ilgųjų šviesų asistento sistemos struktūrinė schema
Šaltinis: Sudaryta autorių

Mikrovaldiklis gavęs signalą nusprendžia ar reikia išjungti automobilio ilgąsias šviesas. Iš mikrovaldiklio signalas siunčiamas į relė, kuri valdo automobilio ilgąsias šviesas.

Panašių automobilių automatinų šviesų sistemų apžvalga ir analizė

Gamyklinės automatinės automobilių šviesų sistemos, kurios veikia pagal šviesos jutiklį yra labai populiarios naujuose automobiliuose. Ši sistema yra ganėtinai paprasto veikimo, kadangi sistemai veikti automobilių rinkoje naudojami tik 2 pagrindiniai ir esminiai jutikliai nuo kurių priklauso sistemos veikimas.

Vienas iš jutiklių yra šviesų įjungimo jungiklis, kurį nustatčius į auto padėtį sistemą automatiškai įjungia. Sekantis yra šviesos srauto jutiklis, kuris priklausomai nuo šviesos srauto patenkančio ant jo paviršiaus keičia savo vidinę varžą ir mikrovaldiklis stebėdamas šio jutiklio kintančią pratekančią srovę įjungia arba išjungia šviesos žibintus. Ši sistema yra montuojama į beveik visus naujus automobilius, tačiau ji buvo montuojama ir senesniuose prabangesnės ir modernesnės klasės automobiliuose. Gamyklinės automatinės šviesų sistemos yra sujungtos su kitomis sistemomis, todėl tobulinimas tampa sudėtingesnis.

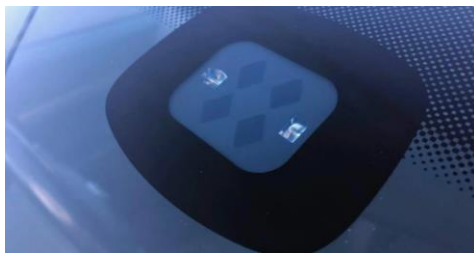
Audi automatiniai žibintai. Audi automatinų priekinių žibintų sistema pradeda veikti ir žibintai įjungiami automatiškai priklausomai nuo aplinkos apšviestumo, kai jungiklis (3 pav.) nustatytas į AUTO padėtį, o modeliuose su įmontuotu lietaus jutikliu taip pat įjungiamas kelis kartus nuvalius automobilio langą, taip pat ši sistema automatiškai išsijungia išjungus automobilio degimą. Ši sistema apima visą automobilio šviesų sistemą, pradedant nuo dienos šviesų, artimųjų, ilgųjų šviesų ir baigiant rūko žibintais (Lighting manufacturer, 2022).



3 pav. Sistemos jungiklis
Šaltinis: (Sova V., 2019)

Grįžimo namo funkcija, tai viena iš automatinų šviesų sistemos galimybių ir funkcijų (Audihelp.com, 2022). Ši sistema apšviečia aplinką aplink automobilį, kai šviesos yra nustatytos automatinėje padėtyje, išjungtas degimas ir automobilis užrakinamas, po užrakinimo automobilis įjungia dienes ir artimąsias šviesas, kad vairuotojas matytų kelią namo. Šią funkciją galima išjungti ir koreguoti apšvietimo trukmę nuo 0

iki 60 sekundžių. Ši sistema veikia ir kaip išvykimo iš namų funkcija, tik ji tada įjungia žibintus tik atrakinus automobilį.



4 pav. Sistemos šviesos srauto jutiklis

Šaltinis: (BOBER ISAAC, 2019)

Senesniuose Audi automobiliuose šviesos srauto nustatymui buvo naudojamas fotorezistorius (4 pav.), tačiau vėliau pereita prie kameros sistemų. Prisitaikantys priekiniai žibintai užtikrina geresnę apšvietimą važiuojant posūkyje, nes geriau apšviečia posūkį ir kelio kraštą. Ši funkcija valdoma automatiškai, priklausomai nuo automobilio važiavimo greičio ir vairo pasukimo kampo. Kad priekyje automobilio pasukus žibintus į posūkio pusę neatsirastų neapšviesta vieta, žibintai yra pasukami skirtingais kampais maksimalaus ploto apšvietimui.

Volkswagen automatinių šviesų sistema, kuri apima nuo priekinių žibintų automatiškai nustatančių reikiamą šviesos kiekį iki pasukamų žibintų galinčių apšviesti posūkio metu (5 pav.) (Volkswagen Group, 2022). Dėl šių priežasčių geresnis apšvietimas yra didelė saugumo ir komforto sudedamoji dalis. Aptariama automatinių šviesų sistema dažniausiai montuojama su Bi-Xenon priekiniais žibintais siekiant užtikrinti ryškesnę ir didesnę apšvietimą.



5 pav. Sistemos veikimas važiuojant kelio vingiu

Šaltinis: (Catalin, 2011)

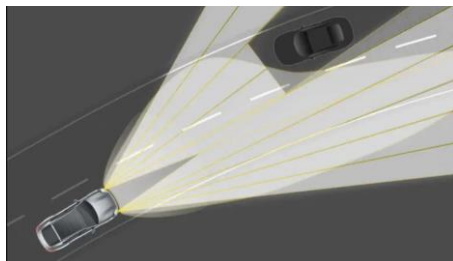
Viena iš automatinių šviesų sistemos funkcijų, tai automatiškai įjungti artimąsias šviesas, kai šviesos jutikliai (kameros) aptinka mažesnę šviesos lygį, nepriklausomai ar važiuojama nakties metu ar dienos metu įvažiuojus į tunelį. Šiai sistemai įjungti reikia nustatyti šviesų jungiklį į auto padėtį.

Sekanti funkcija yra tolimųjų šviesų perjungimas, ši sistema automatiškai perjungia tolimąsias šviesas, kad pagerintų vairuotojo matomumą ir automobilio valdymą bei neapakintų kitų eismo dalyvių. Ši sistema automatiškai įjungžiama važiuojant didesniu, nei 60 kilometrų per valandą greičiu, kai įjungtos artimosios šviesos. Sistema naudojama kamerą, įmontuotą ant galinio vaizdo veidrodėlio ir stebėdama aplinkos apšvietumą automatiškai pritemdo priekinius žibintus, kai aptinka artėjantį eismą arba priekyje važiuojančius automobilius. Vėliau ši funkcija buvo patobulinta, kuri gali ne tik perjungti tolimąsias šviesas į artimąsias, bet taip pat iš dalies pritemdyti tolimąsias šviesas naudojama specialią sklendę reguliuodama spindulio aukštį, stebėdama kameros duomenis ir kitų transporto priemonių intensyvumą.

Be to ši sistema reguliuojant ar jungti trumpąsias ar ilgąsias šviesas, tuo pačiu metu stebi ne tik kameros duomenis tačiau naudojama GPS navigacijos sistemos duomenis gali nuspėti ir pradėti šviesti į šoną posūkio kryptimi prieš įvažiuojant į vingį ir prieš pradedant sukti vairą. Priklausomai nuo automobilio ši sistema gali uždegti papildomą šviesos šaltinį tos pusės į kurią yra sukama ir gali apšviesti net papildomai iki 35 laipsnių kampų. Dėl šios funkcijos dar labiau pagerėja aplinkos matomumas ir lengviau bei greičiau galima pastebėti kitus eismo dalyvius ar kliūtis.

BMW automobilių ilgųjų šviesų asistento analizė. Šiuose automobiliuose sistema veikia kameros pagalba, kuri yra įmontuota automobilio salone galinio vaizdo veidrodėlyje. Ji aptinka automobilį nuo 700 metrų atstumo ir automatiškai perjungia į trumpąsias automobilio šviesas (BMW.UK, 2022). Taip pat nuo 400 metrų atstumo kamera aptinka ar automobilis artėja prie kito automobilio, kuris važiuoja ta pačia kryptimi ir taip pat perjungia į artimąsias šviesas, kad netrukdytų priešais važiuojantiems vairuotojams. Kai tik kamera nebeaptinka kitų automobilių ilgosios šviesos automatiškai įsijungia atgal.

Mercedes-Benz E klasės W212 automobilio ilgųjų šviesų asistento analizė. Ši sistema veikia panašiu principu kaip ir BMW automobilių sistema (Mercedes-Benz dealer in Austin, Texas, 2022). Ji taip pat naudoja kamerą, kuri aptinka šviesą iš priešais atvažiuojančių automobilių, kuri taip pat yra sumontuota automobilio salone galinio vaizdo veidrodėlyje.



6 pav. Mercedes-Benz automobilių ilgųjų šviesų sistemos veikimas

Šaltinis: (Hanley Steve, 2021)

Šios sistemos skirtumas yra toks, kad jos ilgosios šviesos prisitaiko prie atvažiuojančio automobilio ir sudaro aplink jį šešėlį (6 pav.), kuris neapakina vairuotojo. Taip yra padaroma, kai automobilio žibintai nukreipia šviesos spindulį nuo atvažiuojančio priešais automobilio. Ši sistema yra pažangesnė vien dėl šio aspekto, kuris leidžia išlaikyti maksimalų matomumo lygį važiuojant tamsiuoju paros metu neapšviestomis gatvėmis.

Visų sistemų analogai pagal jų technines charakteristikas ir funkcijas apžvelgti 1 lentelėje.

1 lentelė

Analoginių sistemų techninių charakteristikų apžvalga

Techninės charakteristikos ir funkcijos	Audi	Volkswagen	BMW	Mercedes-Benz
Naujesniuose automobiliuose automatiškai reguliuojamas šviesų aukštis.	+	+	+	+
Galima reguliuoti šviesos srauto jutiklio veikimo jautrumą.	+	-	-	+
Turi „Grįžimo namo/išėjimo iš namų“ funkciją, kuri aktyvi tik tada, kai jungiklis auto padėtyje.	+	+	+	+
Stebėti aplinkos apšviestumą yra naudojama kamera.	-	+	+	+
Iškraipo šviesos skleidžiamą spindulį, kad neakintų kitų vairuotojų.	-	+	-	+
Automatinis artimųjų ir dieninių šviesų valdymas	+	+	-	-

Atlikus automobilio automatinį šviesų sistemų analizę nustatyta, kad visos sistemos veikia labai panašiai valdomos automobilyje esančio šviesų valdymo kompiuterio, jungikliui esant auto padėtyje kompiuteris stebi signalus iš šviesos srauto jutiklio ir dauguma sistemų analogų turi tas pačias funkcijas. Visose automatiškai reguliuojamas šviesų aukštis ir turi grįžimo ir išėjimo iš namų funkciją, daugiausiai pažengusios sistemos yra Mercedes-Benz ir Volkswagen automobilių gamintojų.

Išvados

1. Sudarytos automatinį trumpųjų ir automatinį ilgųjų šviesų žibintų sistemų struktūrinės schemas, kurias sudaro sekantys elementai: bendri elementai yra 12 V maitinimo šaltinis, saugiklis, keitiklis, mikrovaldiklis, fotorezistorius, jungiklis bei atskiri elementai, kurie įvairiuose automobiliuose skiriasi yra relės ir žibintai.

2. Atlikus automatinį šviesų įjungimo ir automatinį ilgųjų šviesų asistentų sistemų analizę pastebėta, kad sistemos veikia panašiai, nes visos turi automatiškai reguliuojamą šviesų aukščio funkciją bei „Grįžimo namo/išėjimo iš namų“ funkciją, Audi ir Mercedes-Benz automobiliuose

galima šviesos srauto jutiklio jautrumo reguliavimo funkcija, aplinkos apšvietumas Audi sistemoje stebima fotorezistoriumi, o kitose sistemose kameros pagalba, Volkswagen sistemose integruotas ilgųjų šviesų valdymas, tačiau labiausiai pažengusios sistemos yra Mercedes-Benz ir Volkswagen automobilių, nes gali iškreipti šviesos spindulį aplink priekyje esantį automobilį kad jo neakintų.

Literatūra

1. Alsumady M., Alboon S. Intelligent Automatic High Beam Light Controller. [žiūrėta 2022 – 12 – 01]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/296183467_Intelligent_Automatic_High_Beam_Light_Controller.
2. Audihelp.com. Audi automatinių šviesų sistema. [žiūrėta 2022-11-25]. Prieiga per internetą: [http://www.audi A4 Lights Lights and vision Controls \(audihelp.com\)](http://www.audi A4 Lights Lights and vision Controls (audihelp.com)).
3. BMW.UK. BMW ilgųjų šviesų asistento sistemos apžvalga. [žiūrėta 2022–11–24]. Prieiga per internetą: https://www.bmw.co.uk/en/shop/ls/dp/FLA_Offer_gb.
4. Bober Isaac. Rain sensing windscreen wiper. [žiūrėta 2022-12-12]. Prieiga per internetą: <https://i1.wp.com/practicalmotoring.com.au/wp-content/uploads/2019/05/rain-sensing-windscreen-wiper.jpg?fit=1440%2C1080&ssl=1>
5. Fadil, M. Design of Automatic Headlight System Based on Road Contour and Beam from Other Headlights. [žiūrėta 2022–12–01]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/347427707_Design_of_Automatic_Headlight_System_Based_on_Road_Contour_and_Beam_from_Other_Headlights.
6. Hanley Steve. Adaptive Headlights. [žiūrėta 2022-12-12]. Prieiga per internetą: <https://cleantechnica.com/2021/11/18/adaptive-headlight-technology-coming-to-us-within-2-years/>
7. Lighting manufacturer. Audi adaptyvūs žibintai. [žiūrėta 2022-11-25]. Prieiga per Internetą: <https://www.manufacturer.lighting/info/162/>.
8. Mercedes-benz dealer in Austin, Texas. Mercedes-Benz ilgųjų šviesų asistento sistemos pristatymas. [žiūrėta 2022 – 11 – 24]. Prieiga per internetą: <https://www.youtube.com/watch?v=XXRiPmh tpQ>.
9. Sova Vitalyj. Modern car interior. [žiūrėta 2022-12-12]. Prieiga per internetą: <https://www.istockphoto.com/photo/parts-buttons-knobs-gm1160148413-317468419?phrase=car%2Blight%2Bswitch>
10. Volkswagen Group. Volkswagen adaptivių šviesų sistema. [žiūrėta 2022-12-01]. Prieiga per Internetą: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/evolution-of-light>.
11. Catalin. Adaptive front lightning system. [žiūrėta 2022-12-15]. Prieiga per internetą: <http://inocar.blogspot.com/2011/05/adaptive-front-lighting-system.html>.

ANALYSIS OF AUTOMATIC VEHICLE LIGHT SYSTEM

Summary

The main reason for the interest in automatic lights is the desire to improve old cars so that drivers experience greater driving pleasure and less fatigue. Work problem. What are the differences between automatic high beam on/off and low beam, daytime running light on/off systems on the market that allow you to turn the high beam, low beam or daytime running lights on or off? The goal set for solving the problem is to perform an analysis of automatic low beam, daytime and high beam systems and their analogues. Tasks set to achieve the goal: to perform an analysis of the control systems of automatic low beams and automatic high beams, to perform an analysis of automatic low beams and automatic high beams. After completing the tasks, we found that the structural diagrams of automatic dipped beam and automatic high beam headlight systems include the following elements: 12 V power supply, fuse, converter, microcontroller, photo resistor, switch, relays and lights. After analysing the analogues of automatic light systems, it was noticed that all systems work on a similar principle, but the most advanced systems are those of MB and VW car manufacturers. These cars have also been found to have a variable light beam to avoid dazzling other road users.

Key words: traffic, automatic system, light flow sensor, switch, signal, relay, lamp lighting.

AUTOMOBILIO VARIKLIO ALKŪNINIO VELENO SŪKIŲ ATVAIZDAVIMO SISTEMŲ REALIZACIJOS BŪDŲ ANALIZĖ

Egidijus Gelūnas, Paulius Vitonis

Kauno technikos kolegija, Autotransporto elektronikos studijų programa

Anotacija

Šiame darbe analizuojami būdai, kurie leistų atvaizduoti automobilio variklio alkūninio veleno sūkių informaciją vairuotojui ir suteiktų galimybę maksimaliai efektyviai išnaudoti variklio galią lenktynių traseje, tuo pačiu apsaugant variklį nuo alkūninio veleno sūkių ribos viršijimo. Aptariami duomenų atvaizdavimo būdai, kurie leistų vairuotojui stebėti alkūninio veleno sūkius, mažinant dėmesio nukreipimą nuo kelio. Tikslui pasiekti sudaryti uždaviniai: atlikti analogiškų sistemų lyginamąją analizę bei realizacijos būdų apžvalgą. Analizuojamos esamos automobilio variklio alkūninio veleno sūkių atvaizdavimo sistemos ir palyginamos esamų prietaisų techninės savybės ir funkcijos. Atsižvelgiant į privalumus ir trūkumus pasiūlomas alternatyvus sistemos realizavimo būdas: naudojant alkūninio veleno padėties jutiklį, atvaizduoti sūkių jutiklio signalo informaciją šviesos diodais ir skaitmeniniu indikatoriumi perteikti vairuotojui.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Automobilų sportas, indikacija, alkūninis velenas, sūkių jutiklis, šviesos diodas, skaitmeninis indikatorius.

Įvadas

Padidėjęs automobilių prieinamumas atspindi išaugusiam transporto priemonių skaičiui, panaši tendencija yra stebima ir automobilių sporte, kurio populiarumas vis auga. Vienas iš didžiausių iššūkių šioje disciplinoje yra automobilio surinkimas ir paruošimas varžyboms. Daugybė faktorių turi įtakos automobilio konstravimui, tačiau kaip ir visose veiklose pagrindinis aspektas yra biudžetas, leidžiantis pasirinkti ne tik galingesnį automobilį, bet ir geresnes jo dalis. Taip pat padidėjus infliacijai, daugelis sportininkų susiduria su įvairiais iššūkiais: pabrangę degalai, startiniai mokesčiai, finansų planavimas. Norint palengvinti sportinio automobilio tobulinimą, ieškoma būdų, kurie ne tik padidina variklio išnaudojimo galimybes, bet tuo pačiu yra prieinami ir pradedantiesiems sportininkams. Lenktynėse svarbu tikslingai išnaudoti variklio galią, tačiau dažnai pasitaikanti klaida yra neteisingai pasirenkamas pavarų perjungimo laikas [4]. Alkūninio veleno sūkių atvaizdavimo sistema padės vairuotojui pasirinkti optimaliausią pavaros perjungimo laiką ne tik traseje, bet ir už jos ribų. Variklio veleno apsisukimų skaičius ir pavarų perjungimo laikas yra svarbus faktorius nulemiantis ilgaamžiškumą.[7] Vidaus degimo variklio apsakos tiesiogiai susiję su variklio galingumu ir atsižvelgus į trasos altitudės kitimą, oro sąlygas, vėjo stiprumą, tinkamai pasirinktos variklio apsakos leidžia pasiekti optimalius rezultatus trasos pravažiavimo laikui ir variklio ilgaamžiškumui. [8] Siekiant platesnio sistemos pritaikymo ir universalumo, ją taip pat galima naudoti paprastuose kasdieniniuose automobiliuose, norint sutaupyti degalų ir sumažinti taršą [3].

Darbo problema. kokie duomenų atvaizdavimo būdai leistų vairuotojui stebėti alkūninio veleno sūkius, mažinant dėmesio nukreipimą nuo kelio?

Tikslas– susipažinus su analogiškomis sistemomis, išanalizuoti galimus realizacijos būdus.

Uždaviniai:

1. Atlikti esamų alkūninio veleno sūkių atvaizdavimo sistemų analogų apžvalgą ir palyginti jų technines charakteristikas.
2. Atlikti alternatyvios automobilio variklio alkūninio veleno sūkių atvaizdavimo sistemos realizacijos būdų apžvalgą ir analizę.

Panašių alkūninio veleno sūkių atvaizdavimo sistemų apžvalga

Projektuojama sistema nėra standartiškai diegiama automobilyje, todėl dauguma gamintojų ir analogų yra antrinės rinkos. Įdiegiant tokią sistemą, reikia atsižvelgti į jos montavimo vietą ir reikalingus signalus jai funkcionuoti.

Viena iš panašaus tipo sistemų, tai „CARTEK“ sūkių atvaizdavimo sistema su OBDII jungtimi. Šią versiją, pavaizduotą 1 paveikslėlyje, galima prijungti tiesiai prie daugumos transporto priemonių, kuriose sumontuota tokio tipo jungtis. Ji tiekama su specialiu 1,5 metro kabeliu ir jungtimi, todėl nereikia jokių papildomų laidų. Įjungus įtaisą, sistema ieško tinkamo OBDII protokolo, o kai variklis išjungtas, ji persijungia į miego režimą, kad sumažintų akumulatoriaus sąnaudas. Atvaizdavimo įtaisas montuojamas prietaisų skydelyje ir yra skirtas parodyti vairuotojui optimaliausią pavaros perjungimo laiką, norint išnaudoti pilną variklio galią.

Sistemos veikimui reikalingas greičio signalas, kuris gali būti tachometro, uždegimo ritės arba bet koks variklio valdymo bloko veleno greičio signalas, kuris dažniausiai būna 5 V arba 12 V kvadratinės bangos tipo.

Reikia atkreipti dėmesį, kad ši pavarų perjungimo indikacijos sistema nėra tinkama senesniems automobiliams, kurie naudoja kondensatorinės iškrovos uždegimo sistemą.

Šioje sistemos versijoje taip pat yra gintaro spalvos blyksėjimo schema, kurią galima naudoti norint įspėti apie variklio gedimą, perkaitimą ar žemą alyvos slėgį, prijungiant prie tam tikro jutiklio, duomenų registravimo sistemos arba prietaisų skydelio aliarmo išvesties signalo.

„CARTEK“ pavarų perjungimo šviesų su OBDII jungtimi sistemos pagrindinės savybės:

- Galimybė konfigūruoti minimalius ir maksimalius rodomas sūkius rankiniu būdu.
- Šešios pasirenkamos RGB šviesų perjungimo schemos – linijiniu arba susiliejančiu būdu.
- Rankiniu būdu reguliuojamas dviejų padėčių šviesos diodų ryškumas.
- Pakankamai kompaktiška – gali būti montuojama įvairiose automobilio salono vietose.

„CARTEK“ pavarų perjungimo šviesų su OBDII jungtimi sistemos techniniai duomenys:

- Darbinė temperatūra: -10 °C iki 85 °C.
- Maitinimo įtampa: 7 – 18 V DC.
- Srovė: 0,5 A.
- Svoris: 55 g.



1 pav. „CARTEK“ pavarų perjungimo šviesos
Šaltinis: www.cartekmotorsport.com

Kita sistema, tai skaitmeninis tachometras kartu su holo jutikliu. Šį įtaisą galima naudoti ir su senesniais automobiliais, kurie neturėjo alkūninio veleno padėties jutiklio, nes jis įeina į sistemos komplektą. Šis jutiklis yra pagrindinis sistemos signalas, o pagrindinė išvestis yra keturis skaitmenis vaizduojantis ekranas, kuris gali rodyti alkūninio veleno sūkių per minutę skaičių. Sistemos prijungimas yra ribotas, nes yra galimas tik vienintelis alkūninio veleno padėties signalas, tačiau pastarasis, atvaizduojant alkūninio veleno sūkius, yra tiksliausias. Kitaip nei „CARTEK“ įranga, ši sistema, pavaizduota 2 paveikslėlyje, neparodo palankaus pavaros perjungimo laiko, tačiau suteikia vairuotojui tikslų alkūninio veleno sūkių skaičių.



2 pav. Skaitmeninis tachometras
Šaltinis: capcer.com

Skaitmeninio tachometro pagrindinės savybės:

- Itin paprastas sistemos veikimo principas.
- Kompaktiška, užima mažai vietos.
- Tikslus skaitmeninis atvaizdavimas.
- Pigi sistemos savikaina.

Skaitmeninio tachometro techniniai duomenys:

- Maitinimo įtampa: 8 – 24 V DC.
- Atnaujinimo dažnis: 0,25-0,06 s.
- Reagavimo dažnis: 100 HZ.
- Jutiklio srovė: 20 mA.
- Darbinė temperatūra: -10 iki 60 °C.

„ECUMASTER“ išmanusis ekranas su duomenų registravimu yra viena iš pažangiausių sistemų, naudojamų šiuolaikiniuose moderniuose lenktyniniuose automobiliuose. Ši sistema yra pilnai sukonfigūruota

ir paruošta sportiniam automobilio naudojimui bei turi begalę įvairių funkcijų. Sistema informuoja vairuotoją apie visus automobilio mazgus, jų būklę ir gedimus, taip pat ji registruoja automobilio valdymo blokų duomenis ir realiu laiku komunikuoja per CAN duomenų perdavimo magistralę. Kadangi ši sistema yra itin pažangi, ji nėra tinkama visiems automobiliams ir reikalauja atskiro variklio valdymo bloko. Ekrane yra integruota 15 itin ryškių RGB šviesos diodų, kurie gali būti naudojami kaip pavarų perjungimo indikacija ir modifikuojami pagal vartotojo nustatytą logiką. Sistemoje yra įdiegtas šviesos jutiklis, jis stebi ekrano apšvietimą, o integruotas temperatūrinis jutiklis apsaugo sistemą nuo perkaitimo. Ekranas turi po 8 skaitmeninio ir analoginio tipo įėjimo jungtis.

„ECUMASTER“ pažangaus ekrano pagrindinės savybės:

- Palaiko daugumos antrosios rinkos variklio valdymo blokų gamintojų įrangą.
- Nereikalauja papildomos išvesties duomenų atvaizdavimui.
- Informatyvus ekranas, rodo daugybę skirtingų automobilio parametrų.
- Individualus pritaikomumas pagal vairuotojo poreikius.

„ECUMASTER“ pažangaus ekrano techniniai duomenys:

- Sistema komunikuoja su visais valdymo blokais per CAN magistralę.
- Ekrano įstrižainė 13 cm arba 18 cm.
- Maitinimo įtampa 6 – 22 V DC.
- Darbinė temperatūra: -30 iki 80 °C.
- Informacijos atvaizdavimo greitis: 50 kadrų per sekundę.



3 pav. „ECUMASTER“ pažangusis ekranas

Šaltinis: ecumasterusa.com

Vaire integruota alkūninio veleno sūkių atvaizdavimo sistema - tai dar vienas analogas kuris dažniausiai diegiamas naujausiuose automobiliuose. Ši sistema yra unikali savo padėtimi salone, ji neužima papildomos vietos ir yra ergonomiška. Dar vienas šios sistemos išskirtinumas - tai mažas ekranėlis, kuriame atvaizduojama įvairi automobilio informacija, tačiau jis yra gan mažas ir sunkiai įžiūrimas. Veikimo principas yra panašus kaip ir anksčiau apžvelgtoje „CARTEK“ sistemoje, kur naudojama OBDII jungtis ir reikalingi signalai perimami iš valdymo blokų.



4 pav. Vaire integruota sūkių atvaizdavimo sistema

Šaltinis: carbonexauto.com

Nors sistema yra pakankamai išmani ir patogi, jos padėtis nėra visiškai tinkama ir sukanč vairą lengva pasimesti tarp šviesų. Taipogi sistema yra tiesiogiai susieta su vairu, tą galima matyti 4 paveikslėlyje, todėl ją įdiegti yra sunkiau, nes reikalingas viso vairo keitimas ir laidyno prijungimas, nes sistema atvaizduoja papildomą informaciją. Atvaizdavimo ribas galima keisti, rankiniu būdu, kaip ir ryškumą. Sistema yra gan brangi, nes į jos kainą įeina ne tik papildomos funkcijos, bet ir vairo padengimas specialia „alcantara“ arba stiklo pluošto medžiaga. Taip pat šie vairai nėra tinkami senesniems automobiliams ir sunkiai pritaikomi.

Vaire integruotos sūkių atvaizdavimo sistemos pagrindinės savybės:

- Gera surinkimo kokybė.
- Ergonomiška ir neužima papildomos vietos.

- Itin ryškūs skirtingų spalvų šviesos diodai.
- Didelis patiekiamos informacijos pasirinkimas.

Vaire integruotos sūkių atvaizdavimo sistemos techniniai duomenys:

- Maitinimo įtampa 12 – 16 V DC.
- Darbinė temperatūra: -40 iki 85 °C.
- Darbinė srovė: 30 mA.
- Budėjimo srovė: 3 mA.

Norint tinkamai įvertinti panašias analogiškas sistemas reikia apžvelgti visus jų privalumus ir trūkumus, taip pat patikrinti ar jos atitinka keliamus techninės charakteristikos reikalavimus projektuojamai sistemai. Panašių sistemų palyginimas pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė

Analogiškų sistemų palyginimas pagal technines charakteristikas ir funkcijas

Techninės charakteristikos ir funkcijos	„CARTEK“ PAVARŲ PERJUNGIMO ŠVIESOS	SKAITMENINIS TACHOMETRAS	„ECUMASTER“ PAŽANGUSIS EKRANAS	VAIRE INTEGRUOTA SŪKIŲ ATVAIZDAVIMO SISTEMA
Maitinimo įtampa, 12 V	+	+	+	+
Variklio alkūninio veleno sūkių kitimo atvaizdavimo funkcija	+	+	+	+
Sistemos pritaikymas senesniems automobiliams	-	+	-	-
Sistemos veikimo režimų pasirinkimas	+	-	+	+
Automatinė sistemos ryškumo reguliavimo funkcija	-	-	+	-
Matmenys iki 150 x 100 x 50, mm	+	+	-	+

Šaltinis: Sudaryta autorių

Išnagrinėjus lentelę, pastebėta, kad analizuotos sistemos turi savų privalumų, tačiau ne visai atitinka projektuojamos sistemos techninės charakteristikos reikalavimus. Visos sistemos atitiko tik maitinimo įtampą. Nors sūkių kitimo atvaizdavimo funkciją atlieka visos sistemos, tačiau jos skiriasi diodų ryškumu, skaičiumi ir ne visos perteikia skaitinę indikaciją. Norint sukurti sistemą, pasitelkiami apžvelgtų analogų privalumai ir pritaikomi projektuojamai sistemai. Vienintelis „ECUMASTER“ ekranas turi automatinio ryškumo reguliavimo funkciją, kadangi ši sistema yra daugiafunkcinė ir brangi, turinti daug integruotų sistemų, komunikuoja su kitais automobilyje esančiais valdymo blokais, tačiau tai nėra aktualu projektuojamai sistemai. Skaitmeninis tachometras vienintelis tinka ir senesniems automobiliams, o siekiant sukurti kuo universalesnę ir nepriklausomą nuo automobilio komplektacijos sistemą galima pritaikyti šiame įtaise naudojamą holo jutiklį.

1.3. Pagrindinių funkcijų realizavimo būdų apžvalga ir analizė

Sistemos maitinimas. Sistemai reikalinga 12 V maitinimo įtampa, kad ją būtų galima įdiegti į visus automobilius, kurių pagrindinis maitinimo šaltinis yra 12 V akumuliatorius. Sistema bus valdoma mikrovaldiklio, kurio maitinimo įtampa yra 5 V, todėl reikalingas įtampos keitiklis, kuris leis jam tinkamai funkcionuoti. Norint taupyti akumuliatorių, negalima sistemos jungti tiesiogiai prie šaltinio, kadangi automobiliui nedarbant sistema veiks ir naudos akumuliatorių baterijos energiją. Vienas iš būdų naudoti relę su papildomu jungikliu arba prijungti sistemą prie užvedimo spynelės, tokiu būdu sistema bus įjungiamą rankiniu būdu arba tik užvedus automobilį. Siekiant užtikrinti sistemos saugumą taip pat svarbu įdiegti tinkamo nominalo saugiklį, kuris apsaugotų elektrinius komponentus nuo viršįtampio ir visiško sistemos sugedimo.

2 lentelė

Šviesos jutiklių palyginimas pagal techninius duomenis

Gamintojas	OEM	OpenPlatform	Import
Techninės Charakteristikos			
Maitinimo įtampa, V	3,3-5	3,3-5	<5
Signalų tipas	Skaitmeninis signalas	Analoginis signalas	Analoginis signalas
Matmenys, mm	32 x 17	20 x 17	5 x 5

Šaltinis: Sudaryta autorių

Automatinė sistemos ryškumo reguliavimo funkcija. Kad sistema galėtų automatiškai reguliuoti ryškumą, reikalingas fotorezistorius. Matuojant šviesos srautą būtų galima nustatyti kuriuo paros metu veikia sistema. Apdorojęs šviesos jutiklio perduodamą informaciją, mikrovaldiklis koreguotų atvaizdavimo elementų įtampą. Paprasčiausi fotorezistoriai veikia puslaidininkio principu, jie yra pasyvūs elementai ir neturi pn sandūros, jų varža kinta tiesiogiai nuo šviesos srauto. Kad sistema veiktų tiksliau, galima naudoti šviesos jutiklių modulius, „OEM“ gamintojo jutiklyje yra integruotas potenciometras, kuris leidžia reguliuoti jutiklio jautrumą, o „OpenPlatform“ gamintojo modulis siunčia analoginį signalą, kuris yra dažniau naudojamas su šviesos jutikliais. Galimi komponentai šiai funkcijai pavaizduoti 2 lentelėje.

3 lentelė

Skaitmeninės išvesties ir šviesos komponentų palyginimas

Techninės charakteristikos	Gamintojas	NeoPixel	OEM	Import
				
Maitinimo įtampa, V		4 - 7	3,0 - 3,19	2,2
Srovė, mA		20	20	20
Matmenys, mm		53 x 10	5	50 x 20

Šaltinis: Sudaryta autorių

Variklio alkūninio veleno sūkių kitimo atvaizdavimo funkcija. Pagrindinė sistemos išvestis, kuri atvaizduos alkūninio veleno sūkius. Norint sukurti išmanesnę sistemą, geriausia naudoti dviejų tipų atvaizdavimą, skaitmeninį ir šviesinį, galimi variantai pateikti 3 lentelėje. Skaitmeninė sūkių išvestis galima su LCD arba LED, 7 segmentų ekranu, kuris leidžia sugeneruoti visus skaičius iki 10 tūkstančių, reikalingų projektuojamai sistemai. Šviesinei indikacijai tinkamesnis komponentas yra LED juosta, nes ji turi integruota valdiklį ir jos valdymas yra paprastesnis, tačiau montavimo atžvilgiu ji nėra geriausias variantas, nes juosta nelankstoma ir negalima išgauti kitos formos. Norint sukurti lenktą šviesos juostą, galima naudoti įprastus RGB šviesos diodus, kadangi jie išdėliojami pagal norimą formą ir pasirinktą diodų kiekį.

Sistemos sūkių skaičiavimo signalas. Pagrindinis sistemos jutiklis fiksuos alkūninio veleno sūkius ir perduos juos į mikrovaldiklį. Galima naudoti uždegimo ritės signalą, tačiau uždegimo sistemos yra skirtingos visuose automobiliuose ir siekiant suvienodinti projektuojamą sistemą, reiktų naudoti tik alkūninio veleno padėties jutiklio signalą, kuris tiesiogiai rodytų sūkius, turėtų mažesnę uždelsimą ir mažesnę paklaidą. Dabartiniai automobiliai standartinėje komplektacijoje turi įmontuotą alkūninio veleno padėties jutiklį, todėl pakanka jo signalą prijungti prie projektuojamos sistemos. Pagrindiniai jutikliai būna holo efekto, magnetorezistyviniai arba indukciniai.

Išvados:

1. Apžvelgus keturis sistemos analogus buvo atlikta palyginamoji analizė. Išnagrinėjus antrinės rinkos sistemas buvo nustatyta, kad visos sistemos turi savų privalumų bei trūkumų ir pilnai neatitinka visų techninės charakteristikos reikalavimų. Visos sistemos atitiko tik maitinimo įtampą ir sūkių kitimo atvaizdavimo funkciją.

2. Atlikus realizacijos būdų apžvalgą buvo atrinkti galimi komponentai, kurie atitinka projektuojamos sistemos techninius reikalavimus. Automatinio ryškumo reguliavimo funkcijai tinkamiausias komponentas skaitmeninio signalo tipo OEM fotorezistoriaus modulis, atvaizdavimo funkcijai - skaitmeninis LED indikatorius su šviesos diodais, o alkūninio veleno sūkių stebėjimui holo jutiklis.

Literatūra

1. „CARTEK“ perjungimo šviesos. 2020 [Žiūrėta 2022 – 11 – 28]. Prieiga per internetą: <https://www.cartekmotorsport.com/sequential-shift-light/>
2. „ECUMASTER“ pažangusis ekranas. 2022 [Žiūrėta 2022 – 11 – 28]. Prieiga per internetą: <https://ecumasterusa.com/collections/digital-dash-displays/products/>
3. Macedo E., Pascale A., Ferreira E., Guarnaccia C., C.Coelho M. Eksperimentinis pavarų perjungimo ir vidaus degimo variklio kintamųjų degalų sąnaudų, triukšmo ir teršalų išmetimo įvertinimas. 2022 Kovas [Žiūrėta 2022 – 11 – 20]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522002149>
4. Blagojevic I. ir Stamenkovic D. Pavarų perjungimo indikatoriaus bandymo rezultatų analizė. 2017 Sausis [Žiūrėta 2022 – 11 – 20]. Prieiga per internetą: <https://www.researchgate.net/The Analysis of Gear Shift Indicator Test Results>

5. Skaitmeninis tachometras. [Žiūrėta 2022 – 11 – 29]. Prieiga per internetą: <https://www.capcer.com.ar/MLA-9359-tacometro-digitalrpm-sensor--magnetico-iman- JM>
6. Vaire integruota sūkių atvaizdavimo sistema. 2022 [Žiūrėta 2022 – 11 – 29]. Prieiga per internetą: <https://carbonexauto.com/products/steering-wheel-option-led-shift-light-display>
7. Dr. Peter Schöggel 2008. Tools for optimising the performance and durability of race engines. ATZautotechnology 01-02I2008 Volume 8
8. You, Y., Kim, J., & Seo, M.-G. 2018. Prediction of an actual RPM and engine power of an LNGC based on full-scale measurement data. Ocean Engineering, 147, 496–516.

DESIGN OF AUTOMATIC VEHICLE LIGHT SYSTEM

Summary

This article is an analysis of engineering methods which allows to display the crankshaft speed information of the car engine to the driver and give him the opportunity to use the engine's power as efficiently as possible on the race track, while protecting the engine from exceeding the crankshaft speed limit. To achieve this goal, the following tasks were set: to analyse the technical requirements and functions of existing car engine crankshaft speed monitoring systems, to perform a comparative analysis of analogous systems and an overview of implementation methods. According to the provided analysis and means to offer design for an affordable to starting racers system which uses the crankshaft position sensor to display the signal information of the speed sensor with LEDs and convey it to the driver with a digital indicator screen.

Key words: motorsport, indication, crankshaft, rev sensor, LED, digital indicator.

**TRANSPORTO IR MECHANIKOS INŽINERIJOS INOVACIJOS MOKSLE IR
PRAMONĖJE**

AUTOMOBILIŲ MODIFIKAVIMO DIRBTUVĖSE ATLIEKAMŲ DARBŲ IR JŲ APIMTIES ANALIZĖ

Vytautas Šukevičius, Marius Mažeika

Kauno technikos kolegija, Automobilių techninio eksploatavimo studijų programa

Anotacija

Lietuvoje žmonės labai vertina savo transporto priemones. Pakilus pragyvenimo lygiui, automobilių savininkai vis dažniau skiria pinigų savo transporto priemonių patobulinimams. Vieniems labiau aktuali automobilio galia, kitiems - automobilio išvaizda, treči investuoja pinigus į transporto priemonės salono patobulimus. Tie patobulinimai padaro transporto priemonę išskirtine. Tokie darbai yra imlūs laikui, reikalauja kruopštumo ir žinių. Paprastos automobilių remonto dirbtuvės neapsiima daryti tokių darbų, todėl tokie darbai atliekami specializuotose dirbtuvėse.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Automobilis, modifikavimas, važiuoklė, patobulinimas, apdaila.

Įvadas

Automobilių modifikavimas yra procesas, kai keičiama originali automobilio konfigūracija arba pridedami papildomi elementai, siekiant pagerinti jo išvaizdą, funkcionalumą arba našumą. Automobilių modifikavimas yra plačiai paplitęs reiškinys visame pasaulyje ir yra svarbi automobilių kultūros dalis.

Priežastys, dėl kurių žmonės modifikuoja savo automobilius, gali skirtis. Kai kurie žmonės modifikuoja savo automobilius, kad jie atrodytų labiau patrauklūs arba išsiskirtų iš kitų. Kiti modifikuoja savo automobilį, kad jis veiktų geriau arba būtų greitesnis. Taip pat žmonės modifikuoja savo automobilį, kad jis atitiktų jų asmeninius poreikius arba stilių.

Norintys turėti išskirtinį išmetimo sistemos garsą, keičia duslintuvo bakelius į negamyklinius, tokius, kurie ir buvo sukurti skleisti gražesnę garsą ar net pagerinti automobilio dinamines savybes (R. Viršilas. 2019). Norisi žvaigždėto dangaus automobilio salone, bet nėra panoraminio stogo? Dirbtuvėse į automobilio lubų apdailą gali būti sumontuota žvaigždėto dangaus imitacija, panaudojant optinį pluoštą (Starlight custom. 2022). Per minkšta važiuoklė? Jos vietoje galima sumontuoti reguliuojamo kietumo amortizatorius, kurie gali pagerinti automobilio dinamines ir komforto savybes (D. Więckowski et al. 2018). Dirbtuvės, atliekančios automobilių modifikavimą, gali išpildyti beveik bet kokią savininko kaprizą, kurį priima kaip iššūkį. Straipsnyje analizuojami dažniausiai atliekami darbai ir jų apimtys automobilių modifikavimo dirbtuvėse.

Automobilių modifikavimo dirbtuvėse atliekamų darbų apžvalga

Vienas iš populiariausių darbų, atliekamų automobilių modifikavimo dirbtuvėse, yra galios didinimas programiniu būdu. Jo metu į variklio valdymo bloką įrašoma iš anksto paruošta variklio valdymo programa, skirta būtent tai automobilio markei ir varikliui. Tokiu būdu, pakeičiant įpurškiamų degalų kiekius, laiką, slėgius, koreguojant turbokompresoriaus veikimą, galima padidinti variklio galią (W. Anggono, et. al. 2019). Jei automobilio savininkui nepatiktų rezultatas, galima atgal įrašyti prieš tai buvusią gamyklinę programą. Prieš darant programinės įrangos pakeitimus, būtina įsitikinti, kad automobilis yra techniškai tvarkingas, kad visos sistemos veikia teisingai. Priešingu atveju toks patobulinimas gali baigtis brangiu variklio remontu.



1 pav. Variklio valdymo bloko programavimas

Šaltinis: prieiga per internetą: < <https://motomajutus.ee> >

Labai dažnai žmonės, užsiimančios valdymo blokų programavimu, siūlo programavimo pagalbą atjungti arba „pakoreguoti“ ekologinių automobilio sistemų, tokių kaip išmetamųjų dujų recirkuliacijos (EGR),

suodžių filtro (DPF), AdBlue darbą (Dizrida, 2022). Tokiu būdu yra išvengiama šių sistemų remonto kaštų, bet aplinkos tarša padidėja labai ženkliai (C.Kannan et al. 2022).

Kita modifikacija yra gamyklinių amortizatorių ir spyruoklių pakeitimas reguliuojamais amortizatoriais arba orine važiuokle. Automobiliams jau būna pagaminti amortizatorių ir spyruoklių rinkiniai, kuriuos nesudėtinga sumontuoti, viskas tvirtinama į gamyklines vietas. Tokia modifikacija po sumontavimo leidžia keisti automobilio prošvaisą, amortizatorių kietumą pagal savininko poreikius. Orinės važiuoklės sudėtingesnės, be amortizatorių ir oro pagalvių į komplektą įeina kompresorius, oro rezervuaras, valdymo blokas. Tokią važiuoklę sumontuoti sudėtingiau, nes reikia rasti vietą kompresoriui, oro rezervuarui, pravedti valdymo bloko maitinimo laidus, nuo valdymo bloko į kiekvieną oro pagalvę nuvesti oro padavimo magistralę. Montuojant dažniausiai stengiamasi panaudoti gamyklines kėbulo skylės, bet kartais tenka padaryti ir papildomų skylių automobilio kėbule. Po sumontavimo būtina patikrinti, ar visi sujungimai sandarūs.



2 pav. Orinės važiuoklės komponentai

Šaltinis: prieiga per internetą: < https://c1552172.ssl.cf0.rackcdn.com/698935_x800.jpg >

Tokios važiuoklės aukštį galima reguliuoti pulteliu. Tiek priekinės dalies, tiek galinės arba kiekvieno kampo atskirai (K. Eskandary 2016).

Pasirinkę modifikuoti automobilio išvaizdą savininkai kreipiasi į automobilių modifikavimo dirbtuves, kad jų darbuotojai ant automobilio sumontuotų modifikuotus kėbulo elementus. Dažniausiai tai būna kėbulo elementų rinkiniai. Jie padailina ir išryškina kėbulo formas ir linijas. Tokiuose rinkiniuose būna automobilio bamperiai, slenksčiai, grotelės, bagažinės dangčio oro aptakai, sparnai. Komplektacija priklauso nuo rinkinio. Kadangi tokie rinkiniai brangūs, savininkai retai ryžtasi juos montuoti patys. Tokie darbai reikalauja įgūdžių.



3 pav. Porsche 911 kėbulo apdailos

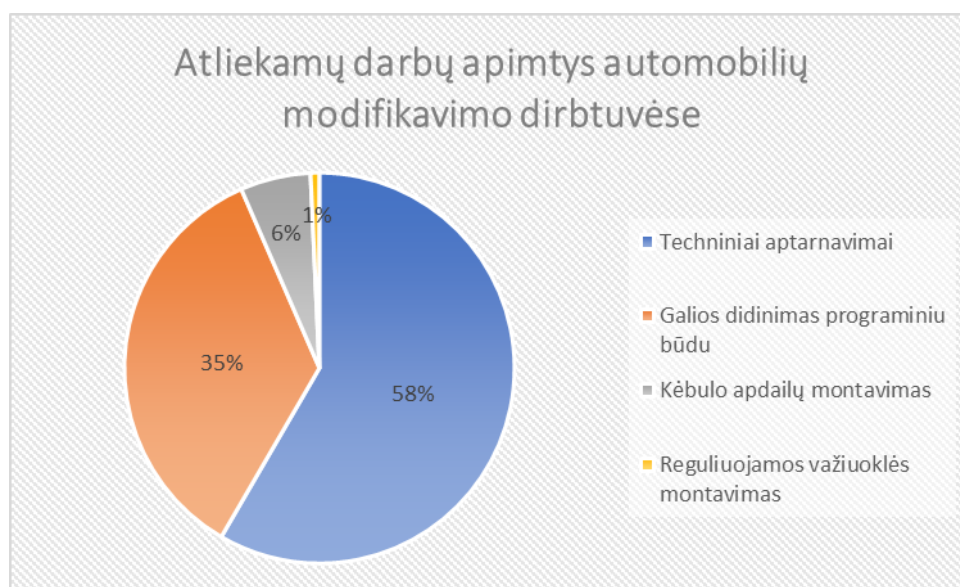
Šaltinis: prieiga per internetą <https://www.vividracing.com/images/097.100.061.009_1.jpg>

Automobilių modifikavimas gali būti gana brangus procesas, ypač jei atliekami rimtesni pakeitimai ar reikalingos brangesnės dalys. Kėbulo apdailų rinkinys, pavaizduotas 3 paveiksle, kainuoja 58994 JAV dolerių (Vivadracing, 2022).

Taip pat kai kurios modifikacijos gali sumažinti automobilio vertę arba padidinti jo eksploataavimo kaštus. Kai kurie automobiliai labiau vertinami būnant gamyklinės būklės ir pagrindinis kriterijus, pagal kurį nustatoma kaina, - tai automobilio būklė ir rida. Todėl, prieš pradėdant modifikuoti savo automobilį, svarbu apsvarstyti visus galimus padarinius ir įsitikinti, kad modifikacijos yra vertos sunaudoto laiko ir pinigų.

Automobilių modifikavimo dirbtuvėse atliekamų darbų apimtys

Duomenų analizei buvo pasirinkta įmonė, kurios pagrindinė deklaruojamą ir prioritetinę veiklą yra automobilių modernizavimas. Atlikus išsamią atliktų darbų analizę, buvo nustatyta, kad didžiausią darbų apimtį analizuojamose dirbtuvėse sudarė techniniai aptarnavimai. Techninių aptarnavimų buvo atliekama vidutiniškai 20 automobilių per savaitę. Antroje vietoje pagal atliktų paslaugų skaičių yra automobilio galios didinimas programiniu būdu. Tokia paslauga dirbtuvėse buvo atliekama vidutiniškai 12 kartų per savaitę. Kėbulo apdailų montavimas vidutiniškai buvo atliekamas 2 automobiliams per savaitę. Reguluojamos važiuoklės montavimas buvo vidutiniškai atliekamas 1 kartą per mėnesį.



4 pav. Atliekamų darbų apimtys automobilių modifikavimo dirbtuvėse

Pagal 4 paveiksle pateiktus duomenis matoma, kad modifikavimo darbai nesudaro nė pusės visų darbų, kas gali būti paaiškinama darbų trukme ir tuo, kad automobilių aptarnavimai reikalingi nepriklausomai nuo metų laikų ar finansinės klientų situacijos.

Išvados

1. Apžvelgus automobilių modernizavimo įmonės veiklą nustatyta, kad modernizavimo darbai sudarė 42 proc. atliktų paslaugų.
2. Išanalizavus atliktus modernizavimo darbus, galima teigti, kad dažniausiai buvo atliekamas galios didinimas programiniu būdu.

Literatūra

1. C.Kannan T.Vijayakumar. Application of exhaust gas recirculation for NOx reduction in CI engines. NOx Emission Control Technologies in Stationary and Automotive Internal Combustion Engines, 189-222 (2022).
2. D. Więckowski, K. Dąbrowski, G. Ślaski. Adjustable shock absorber characteristics testing and modelling. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.(2018).
3. Dizrida. <https://www.dizrida.lt/automobilio-programavimas-kas-tai/> interaktyvus [žiūrėta 2022.12.16].
4. K. Eskandary, P., Khajepour, A., Wong, A. et al. Analysis and optimization of air suspension system with independent height and stiffness tuning. International Journal of Automotive Technology, 17, 807–816 (2016).
5. Motomajetus. <https://motomajutus.ee/wp-content/>. interaktyvus [žiūrėta 2022.12.16].
6. R. Viršilas. Automobilio duslintuvo akustinių charakteristikų tyrimas. Baigiamasis magistro studijų projektas. KTU (2019)
7. Starlight custom. <https://www.starlightcustom.com/blog>. interaktyvus [žiūrėta 2022.12.16].

8. Vivadracing. <https://www.vividracing.com> interaktyvus [žiūrėta 2022.12.16].
9. W.Anggono, W. Ikoma, H. Chen, Z. Liu, M. Ichiyanagi, T.Suzuki, J. Gotama., Investigation of intake pressure and fuel injection timing effect on performance characteristics of diesel engine. Earth and Environmental Science 257 (2019)

ANALYSIS OF WORK PERFORMED IN CAR MODIFICATION WORKSHOPS AND THEIR SCOPE

Summary

Car modification is the process of changing a car's original configuration or adding extras to improve its appearance, functionality or performance. Car modification is a widespread phenomenon around the world and is an important part of car culture.

The reasons why people modify their cars can vary. Some people modify their cars to make them look more attractive or stand out from the crowd. Others modify their car to make it perform better or go faster. Also, people modify their cars to meet their personal needs or style.

Those who want to have a nice sound of the exhaust system change the mufflers to non-factory ones, which are designed to emit a nicer sound. Do you want a starry sky in the interior of your car, but no panoramic roof? No problem. In the workshop, an imitation of the starry sky can be installed in the car ceiling decoration using optical fiber. Chassis is too soft? Shock absorbers with adjustable hardness can be installed. Car modification workshops can fulfill almost any wish of the owner that they take on as a challenge. The article analyzes the most commonly performed works and their scope in car modification workshops.

Key words: car, modification, chassis, improvement, decoration.

SPORTUI PRITAIKYTŲ AUTOMOBILIŲ VAŽIUOKLIŲ ANALIZĖ

Gražvydas Strazdas, Marius Mažeika

Kauno technikos kolegija, Automobilių techninio eksploatavimo studijų programa

Anotacija

Šiuo metu automobilių sportas yra tikrame „aukso amžiuje“ ir jo populiarumas bei sportinių automobilių paklausa sparčiai auga. Vienose automobilių sporto šakose varžybų kiekis didėja, kitose išlieka ganėtinai nemažas, lyginant 2014 m. ir 2022 m. Tai reiškia, jog sportininkams kyla poreikis tobulinti savo automobilius, norint pasiekti aukštų rezultatų. Vienas iš pagrindinių veiksmų, norint pagreitėti trasoje – sumontuoti sportinę važiuoklę, su kuria sumažinama gedimų tikimybė bei automobilis tampa dar stabilesnis, automobilio svorio centras sužemėja ir pagerėja amortizatorių darbas važiuojant nelygiu paviršiumi. Sportinė važiuoklė yra kietesnė ir ilgaamžiškesnė nei standartinė, todėl yra labai svarbu tinkamai prižiūrėti šią važiuoklę, pastebėti laiku dylančias detales, dėl ko automobilis gali prarasti stabilumą lenktynių metu.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Automobilis, važiuoklė, sportinis, tobulinimas.

Ivadas

Automobilio važiuoklė – tai sistema, kuri turi išlaikyti kėbulą tam tikrame aukštyje virš kelio ir perduoti jėgas, susidarancias važiuojant per nelygumus, posūkiuose arba stabdant. Ne mažiau svarbus yra važiavimo komfortas, kuris užtikrinamas virpesių ir smūgių slopinimu. Pakabą sudaro standūs ir lankstūs elementai, jungiantys transporto priemonės ratus su kėbulu. Konstruktoriams siekiant suderinti daugelį (dažnai viena kitai prieštaraujančių) funkcijų buvo sukurti skirtingi sprendimai. Siekiant sportinius automobilius padaryti kuo greitesnius bei patikimesnius, juose esantys važiuoklės mazgai yra nuolat tobulinami. Sportinis automobilis yra veikiamas visokių inercinių jėgų, kurios padidina automobilio mazgų dilimą. Todėl varžybų metu svarbu kruopščiai peržiūrėti visus važiuoklės mazgus, pastebėti gedimus bei dylančias detales, siekiant išvengti nelaimingų atsitikimų.

Tyrimo objektas – sportinių automobilių važiuoklės sistema.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti sportinių automobilių važiuoklės komponentų gedimus ir jų priežastis.

Tipiniai važiuoklės defektai

Dažniausiai gendantys komponentai yra tie, kurie dyla labiausiai – įvairūs važiuoklės tvirtinimo mazgai (šarnyrai), guminės tarpinės (įvorės), amortizatoriai, ratų guoliai, stabdžių diskai ir trinkelės. Šios dalys nuolat veikia, patiria trintį, apkrovą ir įtempimą. Taigi natūralu, kad anksčiau ar vėliau tenka remontuoti važiuoklę. Kartais dėl sulūžusių ar pažeistų važiuoklės dalių automobilis kelyje gali tapti nevaldomas. Tuo tikslu labai svarbu laiku pastebėti važiuoklės komponentų gedimus, kad būtų išvengta rimtesnių automobilio gedimų ar avarių. Amortizatoriai, svirtys, traukės, įvorės, šarnyrai, ratų guoliai turi įtakos dažniausiai pasitaikantiems automobilio važiuoklės gedimams. Amortizatoriai užtikrina automobilio keleivių komfortą, sušvelnina patiriamus smūgius, užtikrina stabilų automobilio ratų sukibimą su kelio danga. Sugedus automobilio amortizatoriui, keliuose su daugybe duobių ar posūkių pablogės automobilio važiavimo kokybė ir stabilumas, padidės automobilio stabdymo kelias avarinio stabdymo metu. Netvarkingi amortizatoriai gali paveikti ir sugadinti kitas važiuoklės dalis – svirtis, traukės ir kt., o tvarkingi amortizatoriai suteikia stabilumo, saugumo ir užtikrina patogų važiavimą kelyje, todėl svarbu juos reguliariai tikrinti. Važiuoklės diagnostika dažniausiai ir prasideda būtent nuo amortizatorių būklės tikrinimo. Jei jų efektyvumas didesnis negu 50 proc., tuomet juos dar galima eksploatuoti, jei ne – patartina keisti naujais [Autura 2021].



1 pav. Dažniausi šarnyrų gedimai

Šaltinis: Wozniak et. al. 2021

Šarnyro susidėvėjimo požymis

Susidėvėjus šarnyrams (1 pav.), automobilis tampa nestabilus kelyje, girdimi pašaliniai garsai. Kad šarnyras yra sugedęs, galima suprasti iš specifinio, kiksėjimą primenančio garso važiuojant smulkius nelygumus turinčiu keliu. Tas garsas parodo, jog šarnyras yra atsipalaidavęs ir kliba. Kuo stipresnis garsas, tuo labiau detalė yra sudilusi. Pastebėjus šiuos požymius būtina patikrinti automobilio pakabą, o pastebėjus defektus – pakeisti pakabos detales. Šarnyro gedimas gali būti pavojingas dėl kelių priežasčių. Visų pirma, tai gali lemti ir kitų automobilio detalių būklės prastėjimą, nes tada pakaba gaus didesnę apkrovą. Šarnyrai gali būti ne tik keičiami. Šarnyrų restauravimas – taip pat yra geras sprendimas. Po šarnyrų remonto yra rekomenduojama patikrinti bei sureguliuoti ratų suvedimą (Toptis 2021).

Sailenbloko sudilimas

Sailenbloko - tai transporto priemonės guminės įvorės (3 pav.), dažniausiai turinčios metalinį apvalkalą ir yra skirtos pakabos judesių sugėrimui bei pakabos detalių judėjimui, kadangi paviršius, kuriuo važiuoja automobilis, nėra lygus. Tai labai svarbi automobilio detalė, kuri kontroliuoja automobilio pakabos judesius, kurie atsiranda važiuojant nelygiu keliu, todėl siūloma atkreipti ypatingą dėmesį ir nedelsti sailenbloko sudilimo ar suplyšimo (Giedra et al. 2006).

Susidėvėjus, įplyšus sailenbloko, automobilio stabilumas kelyje sumažėja. Gali atsirasti „smūgiai“ pajudant iš vietos, girgždesiai, automobilis gali važiuoti nestabiliai. Paprastai dažniausia to priežastis yra suplyšę sailenbloko priekinėse pakabos dalyse, apatinėse svirtyse. Sailenbloko susidėvėjus stipriai, automobilio pakaba pradeda bildėti. Nepašalinant šio gedimo, yra pažeidžiamos ir kitos pakabos dalys, todėl automobilis tampa nestabiliu. Savaime suprantama, jog taip atsitikus vairuoti automobilį nėra saugu (Toptis 2020).



2 pav. Sailenbloko

Šaltinis: Sailenbloko keitimas (2021). Prieiga per internetą: < <https://toptis.lt/automobiliu-remontas/vaziuokles-remontas/sailenbloku-keitimas/> >

Sportinės pakabos elementai

Sportinę pakabą nuo įprastos pakabos skiria mažesnė prošvaista ir specialūs spyruoklių bei amortizatorių nustatymai, kitaip tariant, didelis skirtumas yra spyruoklėse ir amortizatoriuose. Dėl mažesnės eigos sportinės pakabos spyruoklės yra storesnės, todėl jos yra standesnės nei įprastai. Šios pakabos amortizatoriai taip pat yra trumpesni, o tai užtikrina mažesnę amortizacijos kelią. Spyruoklių ir amortizatorių derinys sportinėje pakaboje yra labai svarbus, todėl šio tipo pakaboms paprastai naudojami „Coilover“ amortizatoriai (Shi, 2022).



3 pav. „Coilover“ amortizatoriai

Šaltinis: BC RACING COILOVERS (2022). Prieiga per internetą: < <https://www.drifthq.com/products/bc-racing-coilovers-br-series-coilover-for-89-94-nissan-240sx-s13-d-12-br?variant=32806843416623> >

Be spyruoklių ir amortizatorių, sportinės pakabos komponentai taip pat yra: poliuretano įdėklai (4 pav.), stabilizatoriaus juosta, važiuoklės aukščio reguliavimo rinkiniai, kietumo kontrolės įtaisai ir dar daugiau.



4 pav. Poliuretaninės įvorės

Šaltinis: Poliuretanas (2022). Prieiga per internetą: < <https://webautoparts.lt/automobilio-dalys--pakabos-sistema--hidrauline-ir-pneumatine-pakaba--sferos-granatos/mod--bmw--3--e36/>>

Sportinę pakabą galima pritaikyti skirtingose automobilių sporto šakose, pavyzdžiui, driftui, raliui, trumpų ar ilgų distancijų varžyboms ir kt. Pavyzdžiui, drifte, norint įvažiuoti ir išvažiuoti iš posūkio neprarandant greičio, reikalinga sportinė pakaba, kuri turėtų padidintą spyruoklės standumą ir reguliuojamus amortizatorius. Taip pat kaip ir kiti minėti pakabos tipai, ši irgi turi savų privalumų ir trūkumų (žr. 1 lentelę).

1 lentelė

Sportinės pakabos privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Garantuotas stabilumas posūkiuose.	Didelės pirkimo, įrengimo ir priežiūros išlaidos.
Patobulintas transporto priemonės valdymas.	Sumažėjęs vairavimo komfortas.
Galimybė automatiškai reguliuoti automobilio aukštį, atstumą tarp ratų ir amortizatorių standumą.	Trumpas tarnavimo laikas, naudojant pakabą ne pagal paskirtį.
Perkeliant automobilio svorį žemyn, tai padidina jo stabilumą.	

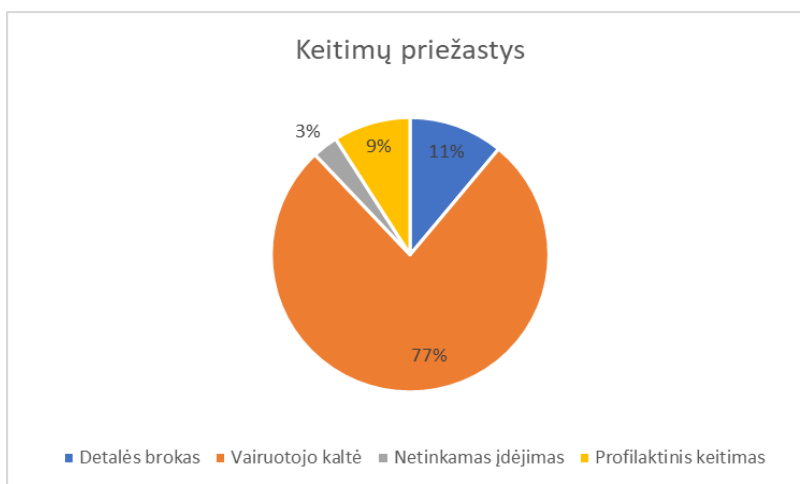
Šaltinis: sudarytas autoriaus

Sportinė važiuoklė yra skirta labiau sportui negu kasdieniniam važiavimui. Pakabos priežiūra ir remontas yra brangesni, be to prarandamas komfortas važiuojant paprastu keliu.

Važiuoklės komponentų keitimo priežasčių statistika lenktynių metu

Atliekant praktiką „KTK Racing Division“, buvo renkami duomenys apie lenktynėse važiuojančių automobilių patirtus važiuoklės gedimus, kai reikėjo keisti tam tikrus sugadintus važiuoklės mazgus. Buvo nustatytos šių gedimų atsiradimo priežastys ir jos suskirstytos į keturias grupes:

- Pagamintos detalės brokas;
- Dėl vairuotojo kaltės (kontakto, nepasirinktas greitis pagal trasos būklę, išvažiavimas iš trasos ribų);
- Dėl netinkamo detalės įdėjimo;
- Profilaktinis detalės keitimas (nuvažiavus automobiliui tam tikrą kilometrų skaičių yra profilaktiškai keičiami tam tikri važiuoklės mazgai).



5 pav. Važiuoklės mazgų gedimų atsiradimo priežastys.

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Iš gautų rezultatų, kurie pavaizduoti 5 paveiksle, matoma, kad dažniausiai važiuoklės mazgai yra keičiami dėl vairuotojo kaltės (77 proc.). Sekanti dažniausiai pasitaikanti gedimų priežastis yra dėl brokuotos detalės (11 proc.). 9 proc. važiuoklės komponentų pakeičiama profilaktiškai. Rečiausiai važiuoklės mazgai sugenda dėl netinkamai įdėtos detalės - tik 3 proc.

Išvados

1. Apžvelgti dažniausiai gendantys važiuoklės komponentai, tai yra įvairūs tvirtinimo mazgai, guminės įvorės, amortizatoriai, ratų guoliai, stabdžių diskai ir trinkelės. Išskirtos galimo šių defektų pasekmės bei šalinimo būdai.
2. Išanalizuoti šarnyro susidėvėjimo požymiai, tokie kai šarnyrams susidėvint automobilis tampa nestabilus kelyje, girdimi pašaliniai garsai, ir tai gali pažeisti kitus važiuoklės mazgus.
3. Išanalizuoti sailenbloakai, kuriems susidėvėjus, įplyšus, automobilio stabilumas kelyje sumažėja. Gali atsirasti „smūgiai“ pajudant iš vietos, girgždesiai.
4. Nustatyta, kad varžybų metu dažniausiai važiuoklės mazgai yra keičiami dėl vairuotojo kaltės (kontaktas, nepasirinktas tinkamas greitis pagal trasos būklę, išvažiavimas iš trasos ribų).

Literatūra

1. Autoservisas TOPTIS. Sailenbloko keitimas 2021 [žiūrėta 2022-10-15] Prieiga per internetą <<https://toptis.lt/automobiliu-remontas/vaziuokles-remontas/sailenbloku-keitimas/>>
2. Autoservisas TOPTIS. Šarnyrų keitimas 2021 [žiūrėta 2022-10-15] Prieiga per internetą <<https://toptis.lt/automobiliu-remontas/vaziuokles-remontas/sarnyru-keitimas/>>
3. Drift HQ. Bc Racing Coilovers - Br Series Coilover For 89-94 NISSAN 240SX S13 (D-12-BR) [žiūrėta 2022-10-19]. Prieiga per internetą: <<https://www.drifthq.com/products/bc-racing-coilovers-br-series-coilover-for-89-94-nissan-240sx-s13-d-12-br?variant=32806843416623>>
4. Giedra K., Kirka A., Slavinskas S. 2006. Automobiliai. Kaunas: smaltijos leidykla.
5. K. Shi. An Active Suspension System Design for a Racing Car. Journal of Physics: Conference Series, (2022)
6. M. Wozniak , K. Siczek , G. Ozuna , P. Kubiak. A Study on Wear and Friction of Passenger Vehicles Control Arm Ball Joints. Energies June (2021)
7. WEB autoparts. Pakabos mova [žiūrėta 2022-10-22] Prieiga per internetą: <<https://webautoparts.lt/automobilio-dalys-pakabos-sistema--hidrauline-ir-pneumatine-pakaba--sferos-granatos/mod--bmw--3--e36/>>

ANALYSIS OF RACING CAR CHASSIS

Summary

A car chassis is a system that must keep the body at a certain height above the road and transmit the forces generated when driving over bumps, cornering or braking. Riding comfort is equally important, which is ensured by damping vibrations and shocks. The suspension consists of rigid and flexible elements that connect the wheels of the vehicle to the body. Different solutions have been developed by designers to combine many, often conflicting, functions. In order to make sports cars as fast and reliable as possible, the chassis units are constantly improved. A sports car is exposed to all kinds of inertial forces that increase the wear and tear of the car's components. Therefore, during the competition, it is important to carefully inspect all chassis units, to notice malfunctions and worn parts, in order to avoid accidents.

Key words: car, chassis, sports, development.

LAŠELINIO IR IMPULSINIO METALO PERNEŠIMO SUVIRINIMO LANKE TECHNOLOGIJŲ EFEKTYVUMO VERTINIMAS

Neda Sinicaitė, Andrius Kozlovas

Kauno technikos kolegija, Medžiagų apdirbimo inžinerijos studijų programa

Anotacija

Tyrimo tikslas - įvertinti lašelinio ir impulsinio elektrodo lašelio pernešimo suvirinimo lanke produktyvumą. Produktyvumas – gamybinėje aplinkoje plačiai vartojama sąvoka, reiškianti per tam tikrą laiką pagamintų produktų kiekį, sunaudojus tam tikrą kiekį medžiagų. Todėl yra tikslinga įvertinti galimas gamybos technologijas produktyvumo kontekste, nes nuo pastarojo priklauso daugelis dalykų: gaminio savikaina, sunaudojamų medžiagų kiekis ir t.t.

Tyrimui atlikti buvo išanalizuoti literatūros šaltiniai bei atliktas eksperimentas. Išanalizavus literatūros šaltinius buvo nustatyta, kad taikant tam tikrus suvirinimo režimus elektrodo metalas suvirinimo lanke į suvirinimo vonelę gali būti pernešamas keliais būdais – lašelinio ir srautinio impulsiniu. Taip pat nustatyta, kad elektrodo metalo pernešimas lašelinio būdu gaunamas naudojant suvirinimo transformatorius, o srautinį impulsinį metalo pernešimą galima gauti, naudojant inverterinius suvirinimo įrenginius.

Išnagrinėjus fizikinius procesus metalo pernešime, nustatyta, kad aukščiau aprašyti metalo pernešimo būdai yra metalo lašelį veikiančių jėgų pusiausvyros rezultatas.

Atlikus eksperimentą, skaičiavimus ir remiantis gautais rezultatais, įvertintas lašelinio ir srautinio impulsinio technologijų produktyvumas. Iš produktyvumo vertinimo darytina išvada, kad lašelinio metalo pernešimo technologija yra žemesnio produktyvumo nei srautinio impulsinio pernešimo technologija. Taip pat eksperimento metu nustatyta, kad suvirinta siūlė srautiniu impulsiniu būdu yra geresnės kokybės nei lašelinio pernešimo būdas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Produktyvumas, lašelinis metalo pernešimas, srautinis impulsinis metalo pernešimas, suvirinimo lankas, GMAW.

Išvadas

Šiuo metu suvirintos konstrukcijos plačiai naudojamos statinių konstrukcijose ir kitose pramonės šakose. Didelis dėmesys suvirinimo procesams skiriamas dėl santykinai lengvo paviršiaus paruošimo ir didelės jungties laikomosios galios. Suvirinimo procesas pagrįstas medžiagos išlydymu ir aušimu.

Suvirinimo proceso kokybė anglies dvideginio aplinkoje – lanko stabilumas, našumas ir pūslų, elektrodų metalo pernešimo pobūdis ir kt. – tirta įvairiais režimais tam tikriems vielos skersmenims.

Suvirinimo anglies dioksido panaudojimo pramonėje mastai daro ypač jautrius jo trūkumus- ne visada patenkinama suvirinimo siūlių išvaizda, kai kuriais atvejais nepakankamas proceso našumas, padidėjęs pridėtinio metalo pūslų kiekis.

Suvirinimo metu prarandama vidutiniškai 10% pridėtinio metalo. Išlydyto metalo lašeliai prilimpa prie ruošinio, degiklio antgalio ir srovės rinktuvo arba susilieja. Į suvirinimo siūlę patekus dideliems pridėtinio metalo pūslams, padidėja tikimybė atsirasti defektams siūlėje: nesulydymas, šlako intarpai. Atlikus suvirinimą atsiranda poreikis papildomai, daug darbo reikalaujančiai neproduktyviai operacijai – pūslų valymui. Ši operacija užima laiką, kuris yra neproduktyvus, o taip pat suvirinimo metu neproduktyviai naudojamos medžiagos.

Žodis „produktyvumas“ vartojamas daugiau kaip du šimtus metų. Produktyvumas tam tikru laikotarpiu yra gaminių arba paslaugų kiekis, sukurtas sunaudojus tam tikrus išteklius (Vanagas, 2009:13).

Tyrimo objektas – elektrodo lašelio pernešimas suvirinimo lanke.

Tyrimo tikslas – įvertinti lašelinio ir impulsinio elektrodo lašelio pernešimo suvirinimo lanke produktyvumą.

Problematis klausimas – kuri technologija lašelinio ar impulsinio metalo pernešimo suvirinimo lanke yra produktyvesnė?

Tikslui pasiekti iškelti uždaviniai:

1. Išanalizuoti lašelinį ir srautinį metalo pernešimą suvirinimo lanke.
2. Realiois sąlygomis atlikti eksperimentą.
3. Nustatyti suvirinimo technologijų produktyvumą.

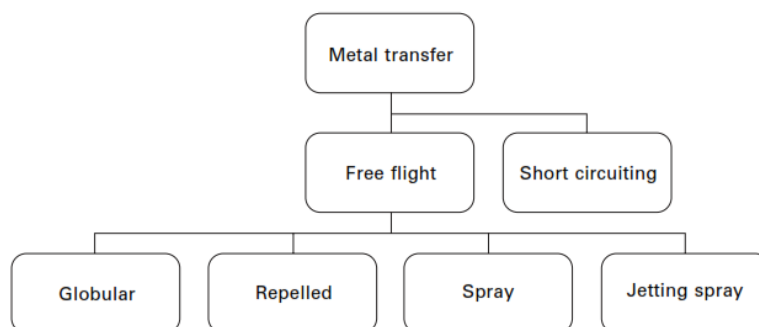
Tyrime naudojami metodai: mokslinės ir techninės literatūros analizė, praktiniai bandymai, matematiniai skaičiavimai.

Straipsnio struktūra – metalo lašo pernešimo elektros lanke būdų analizė, eksperimento realiois sąlygomis atlikimas, eksperimento rezultatai, išvados.

Metalo pernešimas suvirinant metalus apsauginių dujų (MIG/MAG) aplinkoje

Metalo pernešimas nuo elektrodo į suvirinimo vonelę būdas turi didelę įtaką visam suvirinimo apsauginių dujų aplinkoje, toliau MIG/MAG procesui. Nuo metalo pernešimo būdo priklauso proceso stabilumas, pusrų susidarymas, suvirinimo kokybė ir proceso atlikimo erdvėje padėties galimybės. Fenomenalūs metalo pernešimo būdo tyrimai buvo atlikti naudojant greitaeigius kino arba stroboskopinius kino ir vaizdo metodus. (Norrish, 2006:100).

Įvairūs natūralūs perdavimo tipai buvo suskirstyti į grupes (Norrish, 2006:101). Supaprastinta pagrindinė klasifikacija parodyta 1 pav.



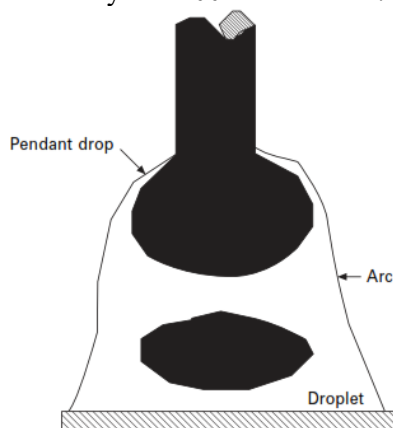
1 pav. Metalo pernešimo būdų klasifikacija. Metal transfer-metalo pernešimas, free flight-laisvas kritimas, short circuiting-trumpieji jungimai, globular-rutuliškas (lašelinis), repelled-atstūmimo būdu, spray- srautinis, jetting spray-srovinis srautinis

Šaltinis: John Norrish „Advanced welding Processes. Technologies and process control“

Vykstant suvirinimo procesui, tarp elektrodo ir ruošinio dega suvirinimo lankas, o elektrodo metalas lanke į suvirinimo vonelę pernešamas lašelių pavidalu. Lašelių dydis ir jų pernešimo dažnis gali labai skirtis, todėl dėl šių skirtumų išskiriami šie tokie pridėtinio metalo lašelių įprastiniai pernešimai:

1. Rutuliškas (lašelinis būdas);
2. Purškimas (srautinis būdas).

Lašelinis (rutuliškas) metalo perdavimas pasižymi dideliais lašeliais ir mažu perdavimo greičiu (2 pav.). Paprastai jis būna esant mažoms srovėms ir gana aukštai lanko įtampai, nors tai priklauso nuo pridėtinio metalo skersmens, jo sudėties ir naudojamų apsauginių dujų. Pavyzdžiui, 1,6 mm skersmens aliuminio vielos argono dujų aplinkoje, esant suvirinimo srovei $I=100$ A, lašelių perdavimo dažniai gali būti mažesni nei 1 Hz. CO₂ dujų aplinkoje plieno (GMAW – gas metal arc welding) rutuliškas metalo pernešimas, esant įvairaus skersmens pridėtiniam metalui, būna, kai suvirinimo srovės yra $I=200$ A ir didesnės.



2 pav. Rutuliškas lašų pernešimas. Pendant drop-pakibęs lašelis, arc-suvirinimo lankas, droplet-lašelis

Šaltinis: John Norrish „Advanced welding Processes. Technologies and process control“

Ir lašelio išvaizda, ir lašelių susidarymo stebėjimas rodo, kad perdavimo mechanizme vyrauja gravitacinės jėgos; t.y., lašelis atsiskiria, kai jo dydis išauga iki tokios būsenos ir kai žemyn nukreipta lašelio masės jėga tampa didesne už paviršiaus įtempimo jėgą, kuri neleidžia lašeliams atsiskirti (Norrish, 2006:101).

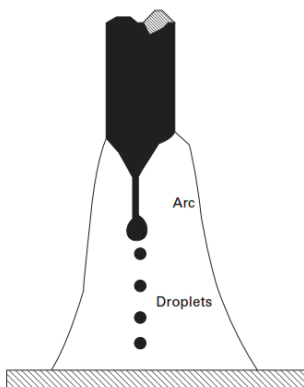
Proceso metu egzistuoja elektromagnetinės jėgos, tačiau jos nėra tokios didelės, kad įtakotų lašelių atsiskyrimą esant mažoms suvirinimo srovėms (Norrish, 2006:102).

Srovės tankis turi įtakos pernešamo metalo ištaškymui. Esant nedideliame srovės tankiui, lašelis formuojasi ant šoninio elektrodinės vielos paviršiaus ir dažnu atveju, lašelis pernešamas ne suvirinimo lanko

stulpo zonoje. Dėl to pastebimas metalo ištaškymas, t.y. pridėtinio metalo nuostoliai kurie yra didesni, esant didesnio skersmens suvirinimo vielai. Suvirinimo vielos nuostoliai gali siekti 10-15%. Didėjant srovės tankiui, pernešamo metalo lašeliai tampa smulkesni, padidėja jėgos „nutraukiančios“ jį nuo suvirinimo vielos, suvirinimo lankas tampa stabilesnis ir pernešamo metalo nuostoliai sumažėja iki 7-9% (esant tam tikrai srovės tankio reikšmei).

Lašelinis metalo pernešimas lanke yra apibūdinamas kaip tarpinis tarp pernešimo trumpais jungimais ir srautinio metalo pernešimo. Suvirinimo parametrai yra: srovė - 110–240 A ir įtampa - 18–26 V priklausomai nuo elektrodinės vielos skersmens. Šis būdas vyksta tiek trumpais jungimais, tiek sroviniu būdu be trumpų jungimų stambiais lašais. Nestabiliai besiformuojantys stambūs lašai sukelia didelį ištaškymą. Virinant detales lašelinio metalo pernešimo metodu, dėl stambių lašų įtakos yra galimybė atsirasti suvirinimo defektams – nesulydymui, intarpų atsiradimui. Dažniausiai lašelinio metalo pernešimo siekiama išvengti.

Pridėtinio metalo pernešimas srautu (purškimu) (3pav.). Perėjimas prie numatomo metalo pernešimo srautu (purškimu) vyksta santykinai siaurame srovės diapazone, tačiau buvo nustatyta (Norrish, 2006:104), kad šiame pereinamajame diapazone gali atsirasti svarbus tarpinis perdavimo režimas. Šis perkėlimo būdas pasižymi tuo, kad elektrodinės vielos viršūnėje susidaro vientisas kūgio formos kaklelis, o sferiniai lašeliai yra kurių skersmuo šiek tiek didesnis nei elektrodinės vielos skersmuo, iš pradžių, prieš jiems atsijungiant nuo vielos, viršūnėje tarsi pakimba (3 pav.).



3 pav. Metalo pernešimas srautu (purškimu). Arc-suvirinimo lankas, droplet-lašelis
Šaltinis: John Norrish „Advanced welding Processes. Technologies and process control“

Esant srautiniam metalo lašelių pernešimo suvirinimo lanke režimui, lašelių atsiskyrimas vyksta labai efektyviai, metalo lašeliai pernešami dideliu greičiu su maža metalo išsitaškymo dalimi, kuri traktuojama kaip medžiagos nuostoliai. Naudojant 1,2 mm anglies plieno vielą, dujų mišinį Ar/5% CO₂ srautinis pernešimo režimas vyksta nuo 250A iki 270 A srovių diapazone, užregistruotas 7m min⁻¹ lašelių kritimo greitis ir pastebimas nežymus lydimosi greičio padidėjimas (Norrish, 2006:104). Srautinis metalo lašelių pernešimo režimas yra efektyvus ir „švarus“ su labai mažu metalo išsitaškymu (purslais) ir mažu kietųjų dalelių dūmų lygiu, tačiau esant normalioms nuolatinės srovės veikimo sąlygoms, reikia labai atidžiai kontroliuoti suvirinimo parametrus ir tai galima pasiekti tik naudojant aukštos kokybės suvirinimo šaltinį.

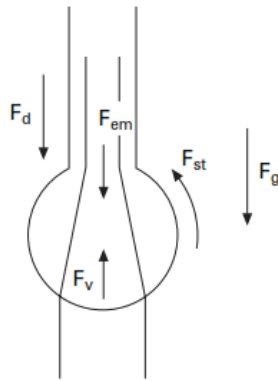
Fizikiniai procesai metalo pernešime. Metalo pernešimo suvirinimo lanke suvokimui būtina išanalizuoti fizikinius procesus, vykstančius jo metu. Aukščiau aprašyti metalo pernešimo būdai yra metalo lašelį veikiančių jėgų pusiausvyros rezultatas.

Šiame procese vyrauja pagrindinės jėgos (4pav.) (Norrish, 2006:110):

1. Gravitacijos jėga, F_g ;
2. Aerodinaminis pasipriešinimas, F_d ;
3. Elektrodinaminės jėgos, F_{em} ;
4. Dujų srauto garavimo jėgos, F_v ;
5. Paviršiaus įtempimas, F_{st} ;

Dominuojančios jėgos ir jų įtaka metalo pernešimui priklausys nuo darbo sąlygų (srovės, įtampos, elektrodinės vielos skersmens, apsauginių dujų ir kt.). Statinis jėgų balansas lašelių atsiskyrimo taške pavaizduotas 4 paveiksle ir aprašytas lygtimi:

$$F_g + F_d + F_{em} = F_{st} + F_v \quad (1)$$



4 pav. Metalo lašelį veikiančių jėgų balansas

Šaltinis: John Norrish „Advanced welding Processes. Technologies and process control“

Krentant lašui žemyn, padidėja paviršiaus įtempimo jėga F_{st} , o kitos jėgos, išskyrus elektromagnetinę jėgą F_{em} , gali būti labai mažos. Šių jėgų dydžiai apskaičiuojami, remiantis visuotinai priimtu klasikinės fizikos metodu, tačiau daugelis susijusių parametų priklauso nuo laiko ir temperatūros, todėl norint atlikti išsamią teorinę analizę, reikia atsižvelgti į vykstančių reiškinių dinamiką.

Gravitacijos jėga apskaičiuojama taip:

$$F_g = mg \quad (2)$$

Čia, m – lašelio masė, o g – laisvo kritimo pagreitis, jo reikšmė $9,81 \text{ m/s}^2$.

Aerodinaminis pasipriešinimas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$F_d = 0,5\pi V^2 dr^2 C \quad (3)$$

Čia, V – dujų greitis, d – dujų tankis, r – lašelio spindulys, C – pasipriešinimo koeficientas.

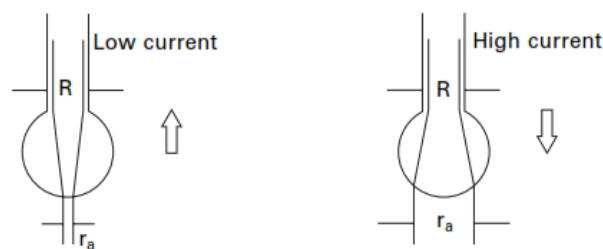
Šios jėgos dydis bus didžiausias, kai lašelio skersmuo ir dujų greitis yra dideli. Aerodinaminis pasipriešinimas bus didžiausias, esant dideliame lašelio skersmeniui ir dideliame dujų greičiui. Tačiau, žinoma, kad dideli lašeliai paprastai būna esant mažoms suvirinimo srovėms, o dideli dujų tekėjimo greičiai dažniausiai yra esant aukštomis suvirinimo srovėms. Todėl daugeliu atvejų aerodinaminio pasipriešinimo jėgos yra mažos.

Elektromagnetinės jėgos. Elektros srovei tekant laidininku, sukuriama magnetinis laukas ir dėl to atsiranda elektromagnetinės jėgos.

Elektromagnetinė jėga apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_{em} = \frac{\mu I^2}{4\pi} \ln \left[\frac{r_a^2}{R^2} \right] \quad (4)$$

Čia, μ – yra medžiagos magnetinis laidumas, I – srovė, r – srovės „išėjimo“ spindulys, o R – „įėjimo“ spindulys (žr. 5 pav.).



5 pav. Srovės kelio „geometrija“ įvairiais pernešimo režimais. Low current-žema srovė, high current-aukšta srovė

Šaltinis: John Norrish „Advanced welding Processes. Technologies and process control“

Elektromagnetinės jėgos gali turėti santykinai dideles reikšmes (pvz., iki $0,02 \times I$ buvo išmatuotos virinant metalus nelydžiuoju elektrodu (GTAW-gas tungsten arc welding)) ir aiškiai priklauso nuo srovės. Elektrodinaminės jėgos dominuoja, esant srautiniam metalo pernešimui suvirinimo lanko (Norrish, 2006:112).

Dujų srauto garavimo jėgos. Esant didelėms suvirinimo srovėms, suvirinimo lanko srityje gali smarkiai išgaruoti išlydyto lašelio paviršius. Dujų srauto garavimo šiluminis pagreitis lanko plazmą veikia jėga, kuri įtakoja išlydyto metalo lašelių pernešimą. Dujų srauto garavimo jėga plokščiam paviršiui apskaičiuojama taip:

$$F_v = \frac{m_0}{d_v} I * J \quad (5)$$

Čia, m_0 – bendra išgarinama masė per 1s, I – srovė, A , J – srovės tankis, d_v – dujų tankis. Dujų srauto garavimo jėga paprastai turi reikšmę esant tik didesnėms srovėms arba kai yra žemo garų slėgio elementų.

Paviršiaus įtempimas. Paviršiaus įtempimas atlieka labai svarbų vaidmenį metalo pernešime; esant laisvo kritimo pernešimo būdai, paviršiaus įtempimo jėga yra pagrindinė jėga, neleidžianti lašeliams atsiskirti; o pernešant metalą lašeline būdu paviršiaus įtempimo jėga yra pagrindinė jėga, traukianti lašą į suvirinimo vonelę.

Paviršiaus įtempimo jėga apskaičiuojama pagal formulę:

$$F_{st} = 2\pi r_w \sigma f(r_w/c) \quad (6)$$

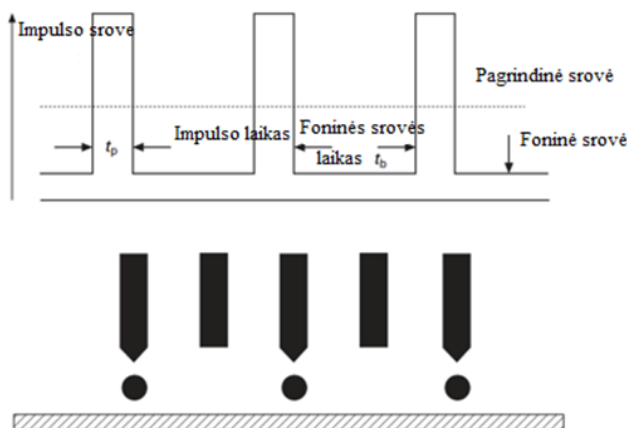
Čia, r_w - elektrodinės vielos skersmuo, σ - paviršiaus įtempis ir $f(r_w/c)$ - vielos skersmens ir kapiliarumo c konstantos funkcija. Didelių lašelių atveju šios lygties reikšmė yra maždaug $2\pi r_w$.

Tačiau jėgos, atsirandančios dėl paviršiaus įtempimo, dydžio apskaičiavimą apsunkina didelė priklausomybė nuo temperatūros ir nuo tam tikrų paviršinių aktyvumo elementų įtakos (pavyzdžiui, plieno lydymosi temperatūroje jo paviršiaus įtempis sumažės maždaug 30 proc., esant 0,1 % deguonies koncentracijai ir nedideliame sieros kiekiui veikiant paviršiaus įtempimą/temperatūros gradientą) (Norrish, 2006:113).

Metalo perdavimo režimui įtakos turi jėgų pusiausvyra, kuri priklauso nuo proceso parametrų. Gravitacinė, elektromagnetinė ir paviršiaus įtempimas yra svarbiausios jėgos, kontroliuojančios metalo perdavimą. Įprastai atliekant suvirinimą apsauginių dujų aplinkoje (GMAW) šių jėgų įtaka ir dėl to kylantis pernešimo elgesys priklauso nuo sistemos fizinių savybių (medžiagos ir apsauginių dujų), tačiau didžiąja dalimi yra valdomas suvirinimo srovės (Norrish, 2006:113).

Didėjant suvirinamos srovės tankiui ir lanko ilgiui keičiasi elektrodinio metalo pernešimo būdas. Suvirinimas trumpu lanku su trumpais jungimais pereina į procesą su retais trumpais jungimais arba be jų. Elektrodinis metalas pernešamas į suvirinimo vonelę nereguliariais, atskirais dideliais, įvairių matmenų lašais, kurie yra gerai matomi. Virinant tokiu režimu pablogėja technologinės lanko savybės, apsunkinamas suvirinimas lubinėje padėtyje, o elektrodinio metalo nuostoliai dėl išsitaškymo padidėja iki 15%.

Impulsinis GMAW. Impulsinis perdavimas buvo sukurtas taip, kad būtų galima gauti srautinio (purškimo) tipo metalo pernešimą, esant vidutinėms srovėms, mažesnėms už įprastą pereinamąjį lygį. Suvirinimo lankui palaikyti yra tiekama žema foninė srovė (pvz., 50-80 A), o elektrodo lašelių priverstinis atsiskyrimas gaunamas taikant didelės srovės impulsą (6 pav.).



6 pav. Srovės kelio „geometrija“ įvairiais pernešimo režimais

Šaltinis: John Norrish „Advanced welding Processes. Technologies and process control“

Medžiagų suvirinime apsauginių dujų aplinkoje (GMAW), naudojant impulsinę srovę, srovės šuoliai kinta nuo aukštos iki žemos amplitudės. Todėl atsiranda papildomi impulsų parametrai (6pav.): impulsinė srovė, foninė srovė, impulso srovės trukmė (impulso laikas), foninės srovės trukmė (foninės srovės laikas), ir impulsų dažnis (Agrawal, Kumar, 2016:320). Srovės impulsas sukuria labai dideles elektromagnetines jėgas, tai žinoma anksčiau pateiktos metalo pernešimo analizės, o metalinis „siūlas“, kuris prie elektrodo laiko lašelį, suplonėja ir nutrūksta, lašelis atsiskiria ir nukrenta suvirinimo vonelės link. Yra galimybė naudoti pavienius impulsus arba impulsų su vienodais ar skirtingais parametrais grupę. Paskutiniu atveju pirmas ar pirmi impulsai pagreitina elektrodo lydymąsi, o kiti numeta į suvirinimo vonelę. Proceso stabilumas priklauso nuo pagrindinių parametrų: impulsų ir pauzių dydžio ar trukmės. Tinkamai parinkus suvirinimo lanko ir impulso srovę galima padidinti vielos lydymosi greitį, pakeisti siūlės formą ir matmenis, sumažinti apatinę suvirinimo srovės ribą, užtikrinančią stabilų lanko degimą. Be to, naudojant impulsinio suvirinimo technologijas, susidaro suvirinimo vonelės elektromechaninė vibracija. Dėl vibracijos yra intensyviai pašalinami dujų burbuliukai ir gaunamos didelio tankio siūlės.

Impulsiniame GMAW suvirinime procesas visiškai valdomas ir neištaškomas pridėtinis metalas. Šiuo būdu suvirinti galima plonus gaminius ir suformuoti siūlę visose erdvinėse padėtyse.

Impulsinis metalo lašų pernešimas virinant GMAW būdu pasiekiamas uždedant ant nuolatinės suvirinimo srovės dedamosios trumpus srovės impulsus, kurių amplitudė didesnė už pirmosios kritinės srovės stiprumą. Impulsų dažnis parenkamas priklausomai nuo vielos padavimo greičio ar skersmens.

Eksperimentas. Eksperimento tikslas – nustatyti suvirinimo technologijų produktyvumą.

Reikalinga, įranga, įrankiai ir medžiagos eksperimentui atlikti:

1. Suvirinimo pusautomatis.
2. Suvirinimo viela.
3. Apsauginės dujos.
4. Plieninės plokštelės.
5. Svarstyklės.
6. Slankmatis.
7. Liniuotė.
8. Laiko matavimo prietaisas – sekundometras.

Eksperimento atlikimas:

1. Nustatyti plieninių plokštelių masę.
2. Nustatyti 1m suvirinimo vielos masę.
3. Nustatyti suvirinimo parametrus. Išbandyti.
4. Suvirinti siūlę.
5. Eksperimentą atlikti 3-ims skirtingiems srovės dydžiams.
6. Nuvalyti suvirinimo siūlę nuo pusrų.
7. Nustatyti prilydyto metalo masę $M_{pr.}$ ir išlydyto metalo masę $M_{i\dot{s}l.}$.
8. Apskaičiuoti suvirinimo vielos nuostolius.
9. Apskaičiuoti produktyvumą.

Eksperimento eiga.

Eksperimentui atlikti naudojama 1.2mm skersmens suvirinimo viela. Svarstyklėmis pasveriamas 1m ilgio šios vielos masė. Duomenys užrašomi į 1-ą lentelę. Pasveriamos plokštelės, sujungtos į dvitėjinį profilį. Sujungtų plokštelių masė užrašoma į lentelę. Parenkami trys suvirinimo režimai. Suvirinus bandinius pasirinktais suvirinimo režimais, pastarieji nuvalomi nuo pusrų ir atliekama bandinių svėrimo procedūra. Iš gautų duomenų, atlikus matematinius skaičiavimus, apskaičiuojama prilydyto metalo masė ir išlydyto metalo masė. Taip pat apskaičiuojami suvirinimo vielos nuostoliai. Išmatuojamas suvirintos siūlės storis “a”. Gauti duomenys surašomi į 1-ą lentelę.

Apskaičiuojami išlydymo $k_{i\dot{s}l.}$ ir prilydymo $k_{pr.}$, o taip pat ir nuostolių $k_{nuost.}$ Koeficientai.

$$k_{i\dot{s}l.} = (M_{i\dot{s}l.} * 3600) / I_{suv.} * t, \text{ g/A*h} \quad (7)$$

$$k_{pril.} = (M_{pril.} * 3600) / I_{suv.} * t, \text{ g/A*h} \quad (8)$$

$$k_{nuost.} = (M_{i\dot{s}l.} * M_{pril.}) / M_{i\dot{s}l.} * 100, \% \quad (9)$$

Čia t - suvirinimo laikas, s; $I_{suv.}$ - suvirinimo srovė, A.

Apskaičiuojamas suvirinimo technologijų produktyvumas P :

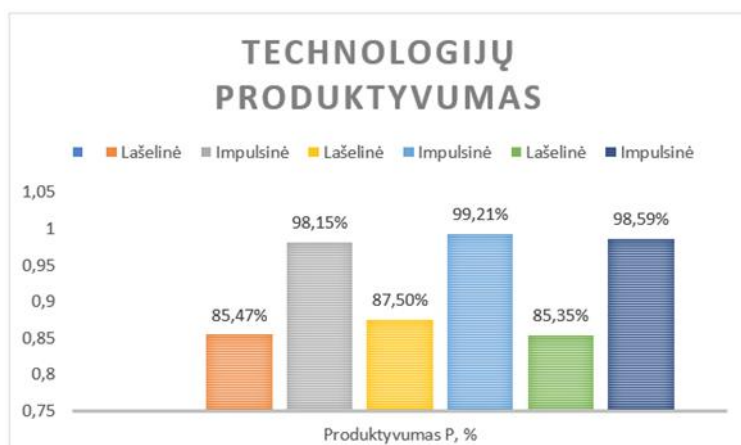
$$P = \frac{\text{prilydyto metalo masė } M_{(pr.)}}{\text{išlydyto metalo masė } M_{(i\dot{s}l.)}} \quad (10)$$

1 lentelė

Eksperimento rezultatai

Suvirinimo technologija	Bandinio masė, g	Suvirinto bandinio masė, g	Prilydyto metalo masė, g	Išlydyto metalo masė, g	Suvirinimo vielos nuostoliai, %	Išlydymo koeficientas $k_{(i\dot{s}l.)}$	Prilydymo koeficientas $k_{(pr.)}$	Produktyvumas P , %
Lašelinė	1290	1340	50	58,5	14,5	20,8	17,8	85,47
Impulsinė	1139	1192	53	54	1,9	18,8	18,5	98,15
Lašelinė	1274	1337	63	72	12,5	26,8	23,5	87,5
Impulsinė	1259	1309	50	50,4	0,8	19,1	18,9	99,21
Lašelinė	1142	1195	53	62,1	14,7	22,5	19,2	85,35
Impulsinė	1174	1237	63	63,9	1,4	20,4	20,1	98,59

Šaltinis: sudaryta autorių



7 pav. Technologijų produktyvumo vertinimo grafikas

Šaltinis: sudaryta autorių

Išanalizavus gautus rezultatus, darytina išvada, kad suvirinimo naudojant lašelinio metalo pernešimo technologiją, pridėtinio metalo suvartojama nuo 12,5% iki 14,65% daugiau, negu virinant srautiniu metalo lašelio pernešimo būdu, impulsine suvirinimo technologija. Atlikus eksperimentą, nustatyta, kad suvirinta siūlė lašeline technologija yra prastinės kokybės (išgaubta siūlės rumbelė, suvirinimo pūslai), negu siūlė suvirinta impulsine technologija – nėra iškilusios rumbelės, suvirinimo pūslų, geras sulydymas. Eksperimento metu nustatyta, kad dėl ištaškyto metalo, virinant lašeline technologija sugaištama 3-5 kartus daugiau laiko siūlės nuvalymui, negu virinant impulsine technologija.

Vertinant lašelinę ir impulsinę suvirinimo technologijas produktyvumo kontekste, nustatyta, kad apie 13,25% produktyvesnė yra impulsinė suvirinimo technologija. Šią suvirinimo technologiją tikslinga naudoti gamybos procese.

Technologijų efektyvumo palyginimo kontekste atskiro eksperimento palyginimo nebuvo atlikto, bet iš gautų rezultatų darytina išvada, kad efektyvesnė yra impulsinio suvirinimo technologija.

Išvados

1. Išanalizavus lašelinį ir srautinį metalo pernešimą suvirinimo lanku, nustatyta, kad lašelinio pernešimo būdu vykdant suvirinimo procesą, pastarasis yra nestabilus, t.y. nestabiliai dega suvirinimo lankas ir dėl to nestabiliai besiformuojantys stambūs lašai sukelia didelį ištaškymą, siekiantį nuo 5% iki 15%, o pernešant elektrodinį metalą srautiniu būdu, lašelių pernešimo režimas yra efektyvus ir „švarus“ su labai mažu metalo išsitaškymu (pūslais) ir mažu kietųjų dalelių dūmų lygiu.

2. Atlikus eksperimentą, nustatyta, kad naudojant lašelinio metalo pernešimo technologiją, gaunami elektrodinio metalo nuostoliai dėl ištaškymo ir išgaravimo siekia nuo 0,79% iki 15,87%, o kai elektrodinis metalas pernešamas impulsine technologija, nuostoliai siekia nuo 0,19% iki 1,41%. Naudojant impulsinio (srautinio) suvirinimo technologiją galima žymiai sumažinti metalo nuostolius, o taip pat pagerinti suvirinimo kokybę.

3. Vertinat lašelinio ir impulsinio metalo pernešimo suvirinimo lanku technologijas, naudojant impulsinio suvirinimo technologiją galima ženkliai padidinti produktyvumą.

Literatūra

1. B. P. Agrawal, Rajeev Kumar. Challenges in Application of Pulse Current GasMetal Arc Welding Process for Preparation of Weld Joint with Superior Quality. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181, Vol. 5 Issue 01, January-2016.
2. I.Gedzevičius, Č.Kazakevičius. Suvirinimo technologija. Suvirinimo režimų skaičiavimo metodiniai nurodymai. Vilnius „Technika“ 2009, ISBN 978-9955-28-418-5, eISBN 978-9955-28-967-8, doi:10.3846/1054-S.
3. Norrish J. Advanced welding Processes. Technologies and process control. Cambridge, England, 2006. ISBN-13: 978-1-84569-130-1 (book), ISBN-10: 1-84569-130-X (book), ISBN-13: 978-1-84569-170-7 (e-book), ISBN-10: 1-84569-170-9 (e-book).
4. J. Norrish Process Control and Automation Developments in Welding, 2009, 17-24. University of Wollongong, NSW, Australia . DOI: 10.1361/cp2008twr017
5. Vanagas P. Darbo organizavimas, normavimas ir atlyginimas už darbą. Kaunas, 2009, p.13.

6. Сидорец В. Н., Жерносеков А. М., Рымар С. В. ИМПУЛЬСНО-ДУГОВАЯ СВАРКА КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ. ISSN 1993-8322. ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. № 2 (38), 2016.
7. В. М. Белокопъ. КАЧЕСТВО ПРОЦЕССА СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ. Вестник Белорусско-Российского университета. 2009. № 3(24), УДК 621. 791

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF DROPLET AND IMPULSE METAL TRANSFER ARC WELDING TECHNOLOGIES

Summary

The purpose of the research is to evaluate the productivity of droplet and impulse electrode droplet transfer in the welding arc. Productivity is a widely used concept in the production environment, meaning the amount of products produced in a certain time, using a certain amount of materials. Therefore, it is appropriate to evaluate possible production technologies in the context of productivity, since many things depend on the latter: the cost of the product, the amount of materials consumed, etc.

The object of research is the transfer of the electrode droplet in the welding arc. The purpose of the study is to evaluate the productivity of droplet and pulsed electrode droplet transfer in arc welding.

The problematic question is which technology is more productive in the droplet or pulsed metal transfer welding arc?

Tasks set to achieve the goal:

1. To analyze droplet and flow transfer of metal in the welding arc.
2. Conduct an experiment under real conditions.
3. Determine the productivity of welding technologies.

Methods used in the research: analysis of scientific and technical literature, practical tests, mathematical calculations.

The structure of the article is the analysis of the methods of transporting a metal drop in an electric arc, conducting the experiment under real conditions, the results of the experiment, conclusions.

After analyzing the obtained results, it can be concluded that welding using droplet metal transfer technology consumes 12.5% to 14.65% more added metal than welding with flow metal droplet transfer technology, pulse welding technology. After carrying out the experiment, it was found that the welded seam with droplet technology is of lower quality (convex weld bead, welding spatter) than the seam welded with impulse technology - there is no raised bead, welding spatter, good fusion.

Conclusions

1. After analyzing the droplet and flow transfer of metal in the welding arc, it was found that during the droplet transfer method, the welding process is unstable, i.e. unstable burning of the welding arc and the resulting unstable formation of large droplets causes a large spatter, reaching 5% to 15%, while transferring the electrode metal in a flow mode, the droplet transfer mode is efficient and "clean" with very little metal spatter (splash) and small particulate smoke level.

2. After conducting the experiment, it was found that when using droplet metal transfer technology, the loss of electrode metal due to spattering and evaporation is from 0.79% to 15.87%, and when the electrode metal is transferred by pulse technology, the loss is from 0.19% to 1.41% . Using impulse (flow) welding technology can significantly reduce metal loss, and also improve the quality of welding.

3. When evaluating droplet and impulse metal transfer arc welding technologies, using impulse welding technology can significantly increase productivity.

Key words: productivity, droplet metal transfer, stream pulsed metal transfer, welding arc, GMAW.

**TECHNOLOGINĖS IR EKSPERTINĖS INOVACIJOS AERONAUTIKOS INŽINERIJOS
SRITYJE**

MATHEMATICAL ANALYSIS OF AIRBUS A320 NEO MAIN LANDING GEAR

Juan Flores De Dios¹, Esmeralda Štyps²

¹Rey Juan Carlos University, ²Kaunas University of Applied Sciences, Aircraft Maintenance Engineering Study Programme

Summary

The need to design landing gear with minimum weight, minimum volume, high performance, improved life, and reduced life cycle cost have posed many challenges to landing gear designers and practitioners. The aircraft chosen for the study of its landing gear is the Airbus A320Neo, belonging to the A320 family. The study of the landing gear and its respective modeling is of vital importance for the design of an airplane.

Key words: landing gear, airport runway layout, hypotheses and theoretical foundations.

Introduction

This aircraft, developed by the French company Airbus, is known worldwide due to the success of its entry into the aeronautical market, reducing operating costs and being the fastest-selling family of commercial jet aircraft in the world. This family of aircrafts was the first introducing the use of the sidestick or joystick in civil aircraft and fully digital fly-by-wire controls. In particular, the A320Neo model, equipped with two engines (CFM type LEAP 1st or Pratt & Whitney PW1000G), led to a 15% reduction in consumption, 8% in operating costs, while also being quieter and more respectful of the environment. (Airbus, 2020)

The study of the landing gear (in this case it is a "tricycle" gear, see Fig. 1) and its respective modeling is of vital importance for the design of an airplane, since it must support its weight on the ground, reduce the kinetic energy on landing (reducing the plane's vertical speed to 0), the tires being the first element that absorbs the impact, achieving optimum speed for takeoff, and even managing to dissipate unwanted effects such as rebound (both for the passenger comfort and ease of maneuvering), among others. (Ultra, 2016)

Research object - "Tricycle" landing gear

The aim – to create Computer Model of the Landing Gear of Airbus A320 Neo

Research tasks:

1. To review Airbus A320 Neo assembly and technical requirements for the landing gear.
2. To review Airbus theoretical models of the landing gear.
3. To analyse equations that governs the movement.

Research methods: computer modelling, mathematical analyses.

Description of technical requirements for the landing gear

The need to design landing gear with minimum weight, minimum volume, high performance, improved life, and reduced life cycle cost have posed many challenges to landing gear designers and practitioners. Further, it is essential to reduce the landing gear design and development cycle time while meeting all the regulatory and safety requirements.

The purpose of the landing gear in an aircraft is to provide a suspension system during taxi, take-off and landing. It is designed to absorb and dissipate the kinetic energy of landing impact, thereby reducing the impact loads transmitted to the airframe.

The landing gear represents 2.5 to 5% of the maximum takeoff weight (MTOW) and 1.5 to 1.75% of the aircraft cost, but 20% of the airframe direct maintenance cost. A suitably-designed wheel can support 30 t (66,000 lb), tolerate a ground speed of 300 km/h and roll a distance of 500,000 km (310,000 mi); it has a 20,000 hours time between overhaul and a 60,000 hours or 20 year life time.



Fig. 1. Landing gear construction [www.facebook.com/A320Theory]

The landing gear design takes into account various requirements of strength, stability, stiffness, ground clearance, control and damping under all possible ground attitudes of the aircraft.

In this computer modeling it has been considered the tricycle undercarriage (see figure 2), where there are two main pair of wheels under the wings and a third smaller wheel in the nose.

Equations that governs the movement

For the approach of the landing gear model, Newton's Second Law is applied to the mass m . Considering the positive axis of x upwards and how the lift compensates the weight, it is obtained (see Fig. 2):

$$\sum F = m \cdot a$$

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = z(t) \quad (1)$$

In this way we have the equation that governs the movement for a generic input $z(t)$, and its use as a flat track, with a slope and with a pothole, will be further studied.

However, it is recommended to decompose the system variable $x(t)$ according to $y(t)$ and $z(t)$, in such a way that the subsequent study is possible:

$$x(t) = y(t) - z(t) + x_{eq} - l_0; \quad (2)$$

$$(x_{eq} = l_0, \text{ being constant})$$

$$\dot{x}(t) = \dot{y}(t) - \dot{z}(t);$$

So rewriting equation 1 as a function of $z(t)$ and $y(t)$ and considering $x_{eq} = l_0$ (the tire has no mass):

$$m \cdot \ddot{y} + c \cdot \dot{y} + k \cdot y = c \cdot \dot{z} + k \cdot z$$

Dividing by the mass to obtain a typical 2nd order ODE:

$$\ddot{y} + \frac{c}{m} \cdot \dot{y} + \frac{k}{m} \cdot y = \frac{c}{m} \cdot \dot{z} + \frac{k}{m} \cdot z \quad (3)$$

To find the length of the spring in equilibrium, starting from 1 and assuming the plane is completely stationary, where $\ddot{x} = \dot{x} = 0$, and considering the weight since there is no lift (zero speed) and $z(t) = 0$ (flat runway)

$$x_{eq} = \frac{m \cdot g}{k} \quad (4)$$

Where it can be seen that it does not depend on time, being a valid reasoning (see Fig. 3).

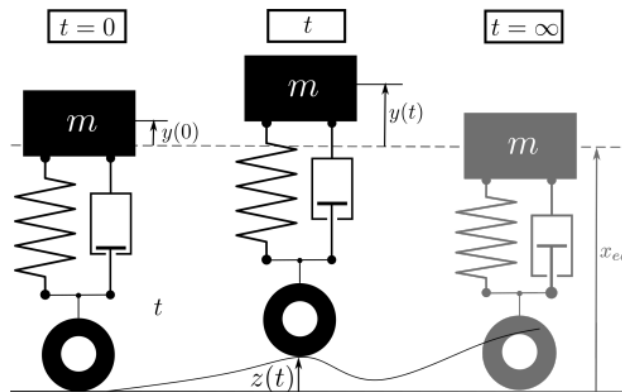


Fig. 3. Evolution of the system for a generic input $z(t)$. [Created by authors]

Knowing the form of a linear 2nd order ODE (equation 3):

$$\ddot{y} + \frac{c}{m} \cdot \dot{y} + \frac{k}{m} \cdot y = \frac{c}{m} \cdot \dot{z} + \frac{k}{m} \cdot z$$

Applying the Laplace transform to equation 3:

$$s^2 \cdot Y(s) - s \cdot y_0 - \dot{y}_0 + \frac{c}{m} [s \cdot Y(s) - y_0] + \frac{k}{m} \cdot Y(s) = \frac{c}{m} [s \cdot Z(s) - z_0] + \frac{k}{m} \cdot Z(s)$$

Assuming z and y with null initial conditions:

$$Y(s) \cdot \left[s^2 + \frac{c}{m} \cdot s + \frac{k}{m} \right] = Z(s) \cdot \left[\frac{k}{m} + \frac{c \cdot s}{m} \right]$$

From which $Y(s)/Z(s)$ is cleared, thus having the transfer function, being the following:

$$\frac{Y(s)}{Z(s)} = H(s) = \frac{\left[\frac{k}{m} + \frac{c \cdot s}{m} \right]}{\left[s^2 + \frac{c}{m} \cdot s + \frac{k}{m} \right]}$$

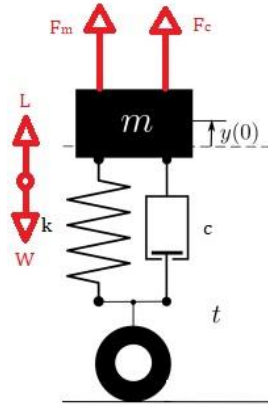


Fig. 2. Calculation scheme of forces applied to the mass m . [Created by authors]

To find the state space, we start from the general form of a 2nd order ODE (equation 3), wanting to reduce the order of the system. It is known that the variables of the system are those that, known at the initial instant along with the inputs, provide the response of the system for any other instant of time.

As required for the first scenario, the input to the system will be null, leaving an array expression:

$$\dot{\bar{X}} = A \cdot \bar{X} + B \cdot \bar{U},$$

where $\bar{X}$ is the output of the system, A the observation matrix, $\bar{X}$ is the state of the system, B the feedback matrix and $\bar{U}$ the input matrix.

In matrix form it is:

$$\dot{\bar{X}} = \begin{bmatrix} -\frac{c}{m} & -\frac{k}{m} \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{c}{m} & \frac{k}{m} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Where the following changes have been used:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ x \end{bmatrix} \quad \dot{x}_1 = -\frac{c}{m} \cdot x_1 - \frac{k}{m} \cdot x_2 + \frac{c}{m} z_1(t) + \frac{k}{m} z_2(t)$$

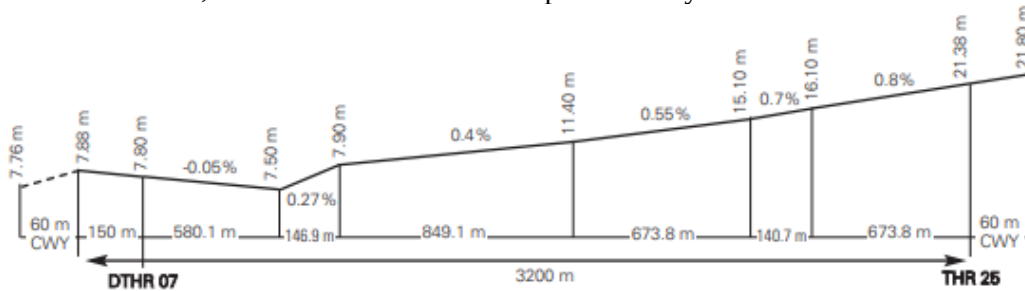
$$\dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \dot{x} \end{bmatrix} \quad \dot{x}_2 = x_1$$

In the case requested for study, there are no entries, since the track is considered flat, therefore being:

$$\dot{\bar{X}} = \begin{bmatrix} -\frac{c}{m} & -\frac{k}{m} \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Layout Of Different Runways

The airport chosen for the use of the slope of its runways is Almería Airport (Fig. 4), with IATA code LEI and ICAO code LEAM, located in the southeast of Spain. The layout of the track has the following form:



13. DISTANCIAS DECLARADAS		DECLARED DISTANCES			
RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)	
07	3200	3260	3200	3050	
25	3200	3260	3200	3200	
07 INT S2	2230	2290	2230	-	
25 INT S3	1266	1326	1266	-	

Fig. 4. Almería Airport runway layout

[https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum19/vdm02515ar/LE_AD_2_LEA_M_en.pdf]

The meaning of the declared distances is as follows:

- TORA = Take-Off Run Available.
- ASDA = Accelerate Stop Distance Available (TORA + SWY).
- TODA = Take-Off Distance Available (TORA + CWY).
- LDA = Landing Distance Available.

For the different studies with different tracks and the simplification of the model, a flat track and a distance d of 50 meters, the different inputs used (start of ramp and pothole) have been assumed.

Therefore, it is necessary to use the ramp input, starting at a time t until reaching the distance d. Assuming a distance traveled of 50 meters, before the slope or pothole on a flat runway, the plane takes time to reach it:

$$v_{forward} = \frac{distance}{time}; t = \frac{distance}{v_{forward}} = \frac{50}{67.96}; t_{flat} = 0.7357 s$$

This time will serve to indicate when the ramp or bump will begin to act in XCOS.

Runway With Slope

The part of the track with a positive slope of 0.4% has been chosen (see Fig. 5) and, with respect to the negative slope (see Fig. 6), the part with a slope of 0.55% has been assumed, taking it as negative, since the negative slope of 0.05% does not provide relevant information for its study, due to its minimal slope.

A constant approach speed of 244.8 km/h has been assumed, being 68 m/s, and a descent angle of 2° . Decomposing its component on the axis perpendicular to the ground, the rate of descent is obtained, being:

$$v_D = -68 \frac{m}{s} \cdot \sin(2^\circ); v_D = -2.37316 \frac{m}{s}$$

The component of the velocity parallel to the ground can also be found, being:

$$v_{approach} = 68 \frac{m}{s} \cdot \cos(2^\circ); v_{forward} = 67.96 \frac{m}{s}$$

Studying the model in a short interval of time, where the pilots do not apply the brakes or high-lift surfaces, the forward speed will not vary.

Knowing that the forward speed is constant due to the aforementioned, the introduced slope can be expressed as a function of time, since:

$$v_{forward} = \frac{distance}{time};$$

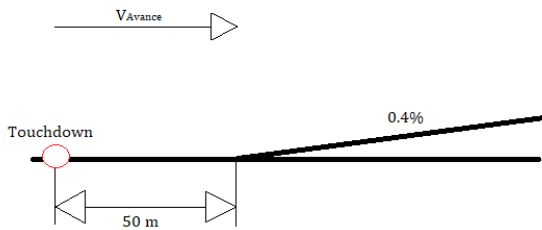


Fig. 5. Diagram of the problem with a flat track and a subsequent ramp with a positive slope. [Created by authors]

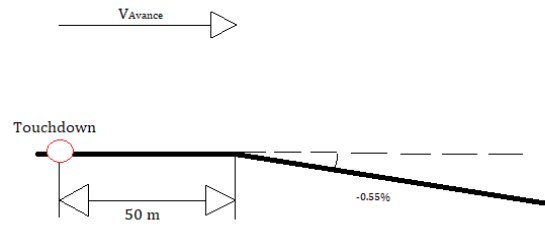


Fig. 6. Diagram of the problem with a flat track and a subsequent ramp with a negative slope. [Created by authors]

Changing the percentage values of the ramps to times per 1 and the time at which they start to affect the equation (t_{flat}), they are entered into the XCOS model together with the initial condition of the rate of descent.

Runway With Bump

Starting from the block diagram used for the rest of the practice, we want to introduce a bump to the track for its later study about how it affects the system variables.

Assuming the bump or projection at a distance d of 50 meters with a depth/height h of 1 meter, a width of 1 meter and a forward speed of 67.96 m/s, the following representative schemes can be defined (see Fig. 7 and Fig. 8).

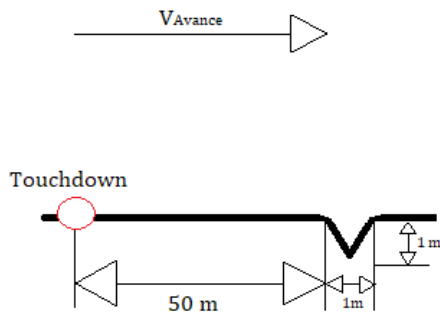


Fig. 7. Diagram problem with flat track and a pothole. [Created by authors]

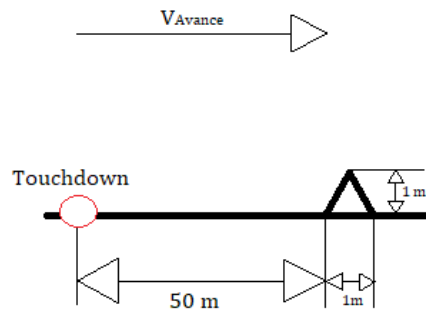


Fig. 8. Diagram problem with flat track and a bump. [Created by authors]

In order to apply slopes in XCOS, the following methodology has been followed:

- The useful ramp is defined with slope $-1(\text{bump})/1(\text{protrusion})$ from instant t when the plane arrives at this point.
- To compensate the effect of this ramp from the minimum (bump) / maximum (protrusion) point, another ramp is generated with an opposite initial value at the end of the first tool and a slope with the opposite sign.

- The second useful ramp is defined from the final value of the first useful ramp (yellow point and slope with the opposite sign to the slope of the first ramp).
- To compensate the effect of the second ramp from the point where the track becomes flat again, another ramp is generated with an initial value of zero (flat track) and with a slope opposite to the second useful ramp.

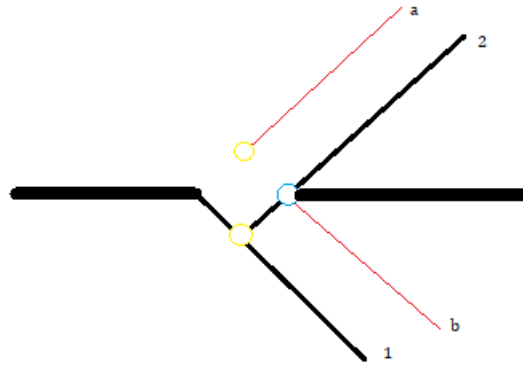


Fig. 9. The scheme of 4 ramps to generate a pothole. *[Created by authors]*

- For the understanding of this methodology, the scheme for the pothole is presented (see Fig. 9): where ramp 1 (useful) is compensated from the yellow point by ramp 'a', while ramp 2 (useful) is compensated from the blue point by ramp 'b'.

Proceed in the same way with the protrusion (object out of study, included, however, in a block diagram in the delivery attached to the report).

Results

1. Using State Space.

After using the model and its subsequent simulation, results were obtained (see fig. 10).

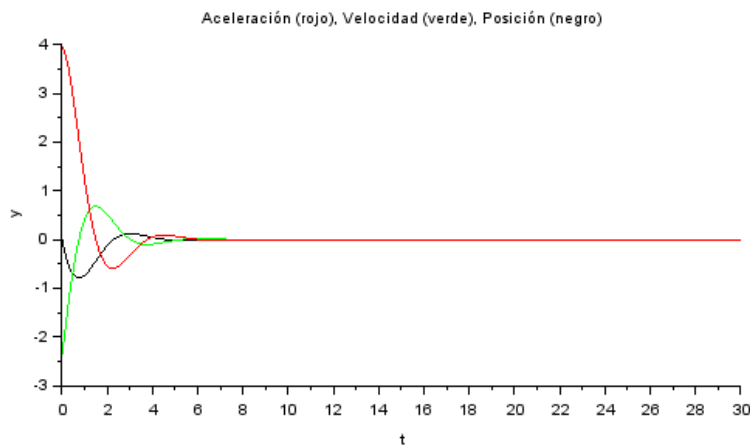


Fig. 10. Time evolution of the position, velocity and acceleration for a null input and an initial descent velocity. *[Created by authors]*

For a null input, with a descent speed as the initial condition in the chosen touchdown of -2.37 m/s and an underdamped coefficient (0.51755 N s/m), a compression is obtained in the position after touching the ground, recovering later and oscillating until reach equilibrium.

Regarding the speed, it starts from the initial speed of descent, fluctuating towards positive values once the maximum compression of the spring has been reached (positive sign upwards).

Finally, for acceleration, we start from a positive value, decreasing after the touchdown and oscillating together with the other variables of the system until tending to 0.

In the attached model of the state space, the simulation time has been shortened for a better visualization of how each variable oscillates as a function of time.

2. Runway With Slope

Once the Almería airport ramp has been entered, with a positive 4% slope (left) and a negative 0.55% slope (right), both at a distance of 50 meters from touchdown, accelerations (see Fig. 11) and velocities (see

Fig. 12, vertical ones) are obtained, being almost similar (the chosen slopes disturb these variables in a very slight way), being the compression the object of study:

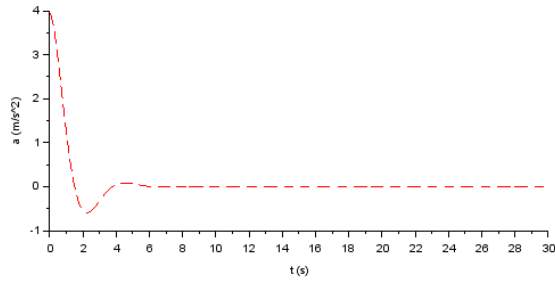


Fig. 11. Time evolution of acceleration. [Created by authors]

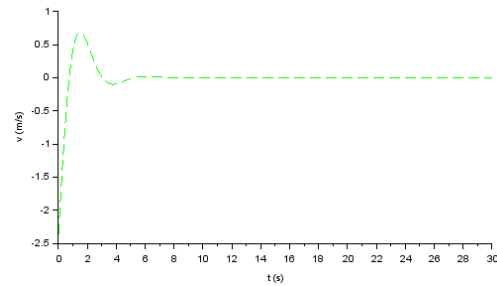


Fig. 12. Temporal evolution of the speed. [Created by authors]

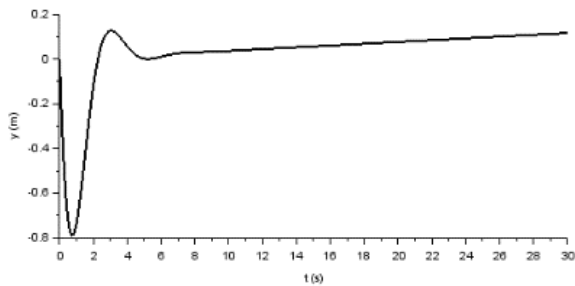


Fig. 13. Time evolution of compression for a positive slope. [Created by authors]

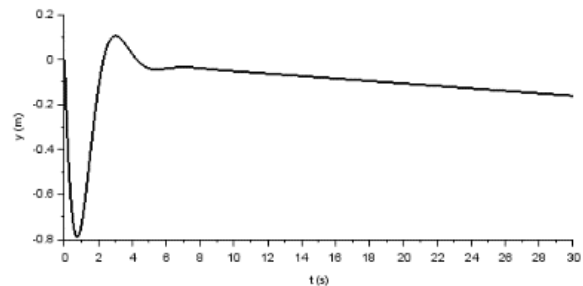


Fig. 14. Time evolution of compression for a negative slope. [Created by authors]

Observing consistent results, since the ramp introduces a slight disturbance in the system (the greater the slope, the greater the disturbance), increasing $y(t)$ for the positive slope (see Fig. 13) due to the height that introduces the input in a constant manner and decreasing for the negative slope (with a greater decrease since the negative slope considered is greater than the positive one)(see Fig. 14).

For a higher slope, a faster increase or decrease (either negative or positive, depending on the sign of the slope) would be obtained.

With a lower initial forward speed, less disturbance will be obtained, since it will reach the ramp located 50 meters away almost at rest. Therefore, at a higher speed, the disturbances of the ramp would be 'added' earlier.

The increase in the speed of descent would cause greater oscillations and, if the ramp is relatively close, both disturbances could be added, taking a longer time to reach the equilibrium position.

3. Runway With Pothole

After the theoretical approach of the pothole at a distance d of 50 meters from the touchdown, taking a time t of 0.7357 s to reach the pothole and assuming an average time interval between the start of the fall and the start of the rise of the pothole itself of 0.007357 s, we get:

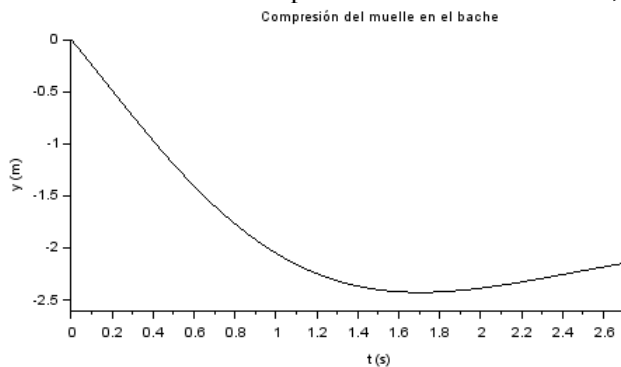


Fig. 15. Compression time course for a bump introduced into the track. [Created by authors]

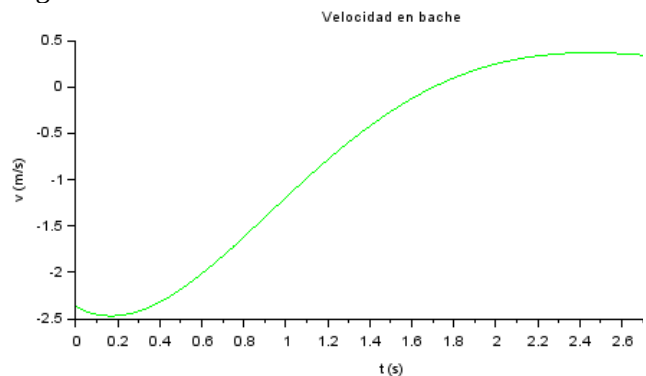


Fig. 16. Time evolution of the speed for a bump introduced in the track. [Created by authors]

It can be seen how the pothole only affects the acceleration (see Fig. 15), plummeting the moment it hits the pothole, due to the large mass supported by the landing gear. The rest of the variables (see Fig. 16 and Fig. 17) do not suffer major disturbances since both the spring and the heat sink are capable of 'counteracting' the effect caused by the pothole.

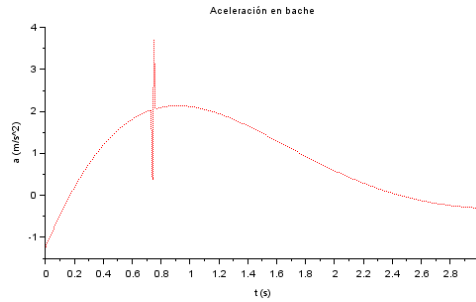


Fig. 17. Time evolution of the acceleration for a pothole introduced in the track [Created by authors]

This is due to several factors. The forward speed, for example, can be much greater than the width and depth of the dock, causing minimal disturbance (average time interval over the bump of 0.014714 s, very low).

Another case would be the high value of k and c , managing to dissipate any effect introduced by the pothole very quickly. Assuming lower values of these parameters, a greater disturbance would be obtained.

Therefore, the model could be studied with a lower forward speed, consequently spending more time on the pothole and suffering greater disturbance.

Conclusions

The implementation of the model, after its simplifications, hypotheses and theoretical foundations, there are several very important factors to consider:

1. The approach speed and the angle of descent to the runway before the touchdown are key, since they determine the rate of descent with which the aircraft will impact the ground. At high speeds, the aircraft could lift off the ground. This is not a real problem in today's airports, since they have a longer runway length than necessary, in order to mitigate different unforeseen scenarios (moisture on the runway, miscalculation of the contact point of the approach instruments or of the pilot himself for landing, rebound of the plane itself due to having too high vertical speed, wheel lock, sliding on the runway and taking longer to brake, etc.).

2. However, there are runways (in remote places and difficult to access), where any unforeseen event such as rebound can trigger a fatal accident.

3. It is also necessary to consider the structural damage that can be caused by a very high vertical speed (torsion of the wheels, a punctured tyre, breakage of some component of the spring and/or shock absorber), which can in turn lead to any other problem of those cited above.

4. Other parameters to consider are the stiffness constant and the damping constant, being of vital importance to reduce the impact on the aircraft on landing. The higher the damping, the greater the damping coefficient value, being able to obtain the critical damping or even the overdamped one. Regarding the stiffness constant, the natural frequency will vary and therefore the damping coefficient. The higher the stiffness constant, the lower the value of the damping coefficient, having a valid physical meaning.

5. Regarding the proposed model, although it is true that it is complete and versatile in terms of studying different simple situations, being able to unite them to recreate more complex situations, there are many scenarios that it does not include.

6. At the time of landing, it has been assumed that the studied landing gear supports 45% of the total mass. However, in many cases, sometimes for human reasons (bad approach by the pilot), mechanical (bad maintenance of parts or problems arising in flight) or external factors (wind, storms, etc.), it may land on a single landing gear or on two of them. This is why the model must be able to withstand these extreme situations.

REFERENCE LIST

1. A320neo. (2020). <https://www.airbus.com/aircraft/passenger-aircraft/a320-family/a320neo.html>

2. Chuet-Missé, J. P. (2019, 10 octubre). Qué tiene el A320neo para ser la nueva estrella de Airbus. https://www.tendenciashoy.com/viajeros/aerolineas/a320neo-para-ser-la-nueva-estrella-de-airbus_20000594_102.html
3. Cómo funciona el tren de aterrizaje en un avión. (2016, 24 octubre). <https://plusultra.com/blog/tren-aterrizaje>
4. Esteban Roncero, S. (2020). Tema 15 - Diseño Detallado - Tren de Aterrizaje. http://www.aero.us.es/adesign/Slides/Temas/Tema_15%20-%20Dise%C3%B1o%20Detallado%20-%20Tren%20de%20Aterrizaje.pdf
5. Gavilán Giménez, F., & Rivas Rivas, D. (2014). *Introducción a la Estabilidad Dinámica de Aviones*. <http://www.aero.us.es/mv/files/Introduccion%20a%20la%20Estabilidad%20Dinamica%20de%20Aviones.pdf>
6. (2019, 11 septiembre). Detalle Flota Iberia Airbus A320neo es un 50% más silencioso y más respetuoso con el medio ambiente. <https://www.iberia.com/es/flota/iberia/A320neo/>
7. Oscilaciones amortiguadas (GIE). (2017). [http://laplace.us.es/wiki/index.php/Oscilaciones_amortiguadas_\(GIE\)](http://laplace.us.es/wiki/index.php/Oscilaciones_amortiguadas_(GIE))
8. Valenciano Muela, S. I. (2000). *DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS DINÁMICOS VERTICALES Y LATERALES EN EL EJE DE LA RUEDA DEL TREN DE ATERRIZAJE DELANTERO DE UN AVIÓN LIGERO*. <https://zaguan.unizar.es/record/64291/files/TAZ-PFC-2017-030.pdf>
9. Vila Rovira, O. (2011, julio). *Modelización de aeronaves no tripuladas con Simulink*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/12919/memoria.pdf>

MATEMATINĖ AIRBUS A320 NEO PAGRINDINĖS VAŽIUOKLĖS ANALIZĖ

Santrauka

Poreikis sukurti minimalaus svorio, tūrio, didelio našumo, ilgesnio eksploatavimo ir mažesnių gyvavimo ciklo sąnaudų važiuoklę sukėlė daug iššūkių važiuoklės dizaineriams ir praktikams. Tyrimui pasirinkta lėktuvo „Airbus A320Neo“, priklausančio A320 šeimai, važiuoklė. Lėktuvo konstrukcijai labai svarbu ištirti važiuoklę ir atitinkamą jos modeliavimą.

Reikšminiai žodžiai: važiuoklė, oro uosto kilimo ir tūpimo tako išdėstymas, hipotezės ir teoriniai pagrindai.

**PROFESINIŲ IR BENDRŲJŲ KOMPETENCIJŲ UGDYMAS: GEROSIOS PRAKTIKOS
PAVYZDŽIAI**

STUDENTŲ POŽIŪRIO Į KOMANDINĮ DARBĄ TYRIMAS

Zita Ruzgienė, Erika Bujanauskaitė

Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa

Anotacija

Komandinis darbas yra ganėtinai populiarus bei užima svarbią vietą šiuolaikinėje visuomenėje. Komandos kuriamos remiantis įvairiais tikslais. Vienas iš pagrindinių komandinės veiklos taikymo argumentų studijų procese yra greitesnis sprendimų priėmimas bei kokybiškesni rezultatai. Šio tyrimo tikslas buvo atskleisti studentų požiūrį į komandinio darbo taikymą KTK statybos inžinerijos studijų programos procese. Straipsnyje išnagrinėta komandinio darbo samprata bei ypatumai. Remiantis teorinėmis prielaidomis bei analize, atliktas studentų požiūrio į komandinį darbą tyrimas. Tyrimui pasirinktas empirinis analizės metodas – apklausa raštu. Įvertinus tyrimo duomenis, galima daryti prielaidą, kad pagrindiniai veiksniai padedantys efektyvinti komandinį darbą yra bendradarbiavimas, komandinė atsakomybė, aukšta narių motyvacija, narių sutelktumas, tarpusavio pagarba, pasitikėjimas.

Reikšminiai žodžiai. Komanda, komandinio darbo organizavimas, efektyvus komandinis darbas.

Įvadas

Dinamiškai kintanti pasaulinė aplinka organizacijoms kelia uždavinius, kuriuos sprendžiantis mokslas ieško vis naujesnių organizacijų vystymo būdų. Šiuolaikinės organizacijos siekia kiek įmanoma didesnio lankstumo ir prisitaikymo prie išorinės aplinkos bei ieško darbo metodų, suteikiančių organizacijos veiklai efektyvumo. Organizacijų pagrindas yra žmonės, kurie kuria organizacijos kultūrą ir įgyvendina numatytus tikslus. Organizacijų gyvavimo sėkmė priklauso nuo tarpusavio sąveikos, bendravimo ir bendradarbiavimo, dirbant komandoje ir padedant vieni kitiems. Daugumoje organizacijų komandinis darbas – vienas pagrindinių veiklos sėkmę lemiančių veiksnių. Komandinis darbas išskiriamas kaip vienas pagrindinių įgūdžių, kurio darbdaviai tikisi iš savo darbuotojų.

Šiandieninėje visuomenėje komandinis darbas turi didelę įtaką ir užima svarbią poziciją. Knygos „Svajonių komandos kūrimas“ autorius Patrick Lencioni (2020) yra pasakęs, kad „ne finansai, ne strategija, ne technologijos, bet komandinis darbas yra svarbiausias konkurencinis pranašumas“.

Komandos kuriamos norint pasiekti ir įvykdyti įvairius tikslus, tačiau vienas iš svarbiausių komandinės veiklos tikslų – efektyvesnis ir greitesnis sprendimų priėmimas bei kokybiškesni veiklos rezultatai. Jei organizuojamas teisingai, komandinis darbas kur kas efektyvesnis nei individualus darbas dėl sinergijos efekto. Šiuo atžvilgiu posakis „Vienas lauke ne karys“ (Bagdonas, Bagdonienė, 2000) tiksliausiai atspindi komandinės veiklos prasmę, kadangi vienam asmeniui priimti sprendimą ar sukurti tam tikrą produktą neretai užtrunka daugiau laiko, energijos ir kitų su jo darbo veikla susijusių išteklių. Organizacijos, siekdamos dirbti našiau, savo prioritetus skiria komandinei veiklai. Ne išimtis ir aukštosios mokyklos, siekiančios stiprinti studijų kokybę, plėtoti į studentą orientuotas studijas ir atliepti šiandieninius darbo rinkos reikalavimus, keliamus absolventų kompetencijai. Komandinio darbo įgūdžiai - svarbi bet kokių mokymų dalis. Puikiam specialistui, norint kilti karjeros laiptais, reikia pirma išmokyti dirbti komandoje, o tik tada – vadovauti komandai.

Komandinis darbas priskiriamas prie aktyvių mokymosi metodų, nes jo metu vyksta keli procesai: socializacijos – kai mokomasi bendrauti, dalintis mintimis, girdėti ir suprasti kitą, kartu spręsti problemas ir kt. patirties perdavimas, supratimo refleksija bei kritiškumo ugdymas (kartu mokomasi ir lyginamas bei koreguojamas supratimas).

Tyrimo tikslas - atskleisti studentų požiūrį į komandinio darbo taikymą KTK statybos inžinerijos studijų programos procese.

Uždaviniai:

1. Teoriškai pagrįsti požiūrį į komandinį darbą.
2. KTK statybos inžinerijos studentų požiūrį į komandinio darbo ypatumus studijų programos procese.

Tyrimo metodai:

1. Mokslinės literatūros analizė, kurios tikslas aptarti komandinio darbo ypatumus.
2. Empirinis analizės metodas – apklausa raštu. Šiuo metodu siekta nustatyti KTK statybos inžinerijos studentų požiūrį į komandinį darbą.

Tiriamieji

Anketinės apklausos metodu buvo apklausti 39 KTK Statybos inžinerijos antro kurso studentai.

Komandos ir komandinio darbo samprata

Komanda mokslinėje literatūroje yra apibūdinama gana įvairiai, tačiau dauguma apibrėžimų interpretuojami panašiai. B. Everardas bei G. Morrisas (1997) teigia, jog komandą sudaro tam tikra žmonių

grupė, veiksmingai atliekanti darbą, kuriam ji ir buvo sukurta. Šiuo atveju veiksmingumo sąvoka bei narių sutelktumas, geriausiai apibūdžia komandos paskirtį.

A. Endriulaitienės bei S. Raižienės (2007) teigimu, komanda yra nedidelė žmonių grupė, kurių žinios bei patirtis papildo vienas kitą siekiant bendro tikslo, už kurį yra atsakingas kiekvienas komandos narys. Šis apibrėžimas rodo, jog komandos nariai remiasi bendradarbiavimo bei tikslingumo principu. Todėl galima teigti, jog komandinė veikla yra bendra komandos narių veikla.

Komanda vadiname du ar daugiau žmonių, kurie tarpusavyje yra susiję ir daro vienas kitam įtaką, siekdami bendro tikslo (Stoner J.A.F., Freeman R.E., Gilbert D.R.Jr., 2001).

Pagal V. Barvydienę ir J. Kasiulį (2005), pasiekusios aukščiausią lygį, efektyvios darbo grupės dažniausiai vadinamos komandomis. Komanda - tai kartu dirbančių asmenų grupė, kurioje visų asmenų buvimas yra būtinas bendram tikslui įgyvendinti ir kiekvieno grupės nario individualiems poreikiams patenkinti. Tokią grupę sudaro panašūs ir kartu skirtingi žmonės (Barvydienė V., Kasiulis J., 2005). Tai, ko gero, yra geriausiai komandą apibūdinantis apibrėžimas.

V. Baršauskienė bei B. Janulevičiūtė – Ivaškevičienė (2007) teigia, kad komandomis yra vadinamos grupės, pasižyminčios labai aukštu darbo efektyvumu. Remiantis šiuo teiginiu, galima daryti išvadą, jog bendradarbiaujant grupėse bei dalinantis turima patirtimi, sukurama efektyvi veikla bei produktyvumas, leidžiantis pasiekti aukštų rezultatų.

Apibendrinant visų aukščiau paminėtų autorių nuomonę, galima sakyti, kad komanda laikoma tarpusavyje sąveikaujanti žmonių grupė, kuri turi vieną bendrą tikslą. Taip pat paminėti autoriai vienbalsiai sutinka, jog komanda būtinai turi turėti vieną ar kelis bendrus tikslus, kurių ir siekia savo kruopščiu bendru darbu. Iš apibrėžimų matyti, kad komandos nariai besąlygiškai yra vienas nuo kito priklausomi, nes nuo vieno nario darbo priklauso kitų komandos narių darbas. Todėl komandose turi būti nuolatinis bendradarbiavimas, informacijos kaita, dalinimasis turimomis žiniomis bei įgyta patirtimi.

Komanda savaime nesusidaro – jai suburti ir suformuoti reikia žinių ir pastangų. Dažniausiai komandų formavimosi prielaidos glūdi žmogaus psichologijoje. Komanda paprastai pradeda kurti apsibrėžus būsimo darbo sritį, tikslus ir uždavinius ir tik tada grupės nariai nustato tam tikras normas, kaip turėtų elgtis jie patys ir kiti nariai komandoje (Stoner J.A.F., Freeman R.E. 2006). Formuojant komandą, anot E. Smilgos, A. Boso (1999), jos kūrime dalyvauja visi komandos nariai. Formuojant komandą, ypač svarbus vaidmuo tenka vadovui, kuris turi turėti aiškius veiklos tikslus ir vertinimo kriterijus, orientuotis į aukštus veiklos rodiklius, pažinti ir pripažinti komandos narius, taikyti lanksčią elgesio taktiką, rodyti asmeninį pavyzdį, palaikyti palankų psichologinį klimatą (Smilga E., Bosas A. 1999). Mokslininkai komandų formavimui pabrėžia lyderiavimo komandose svarbą. Lyderiai daugiau pasieks, pašalinę autoritarinį aspektą. Visi komandoje turi būti partneriais (Stoner J.A.F., Freeman R.E. 2006).

Pagrindiniai komandos darbo bruožai pagal B. Vijeikienę ir J. Vijeikį (2000) yra: 1) bendradarbiavimas, 2) tarpusavio pagalba, 3) vienalytiškumo ir įvairiapusiškumo pusiausvyra. Išnagrinėjus komandos sąvoką, galima apibrėžti, ką vadiname komandiniu darbu ar komandine veikla. Stephen P. Robbins (2007) teigimu, komandinis darbas – tai sugebėjimas dirbti kartu, siekti bendrų tikslų ir bendros vizijos, sutelkus komandos narių žinias, sugebėjimus bei patirtį, kuo efektyviau spręsti problemas bei priimti sprendimus. Šis teiginys atskleidžia pagrindinį komandinės veiklos principą, jog tai yra bendra komandos narių veikla, pagrįsta bendradarbiavimu, siekiant gauti tam tikrą užsibrėžtą rezultatą. Remiantis šių autorių mintimis, galime daryti prielaidą, jog komandą sudaro tam tikra žmonių grupė, sąmoningai bendradarbiaujanti bei siekianti konkrečių tikslų.

Komandinio darbo efektyvumas ir jį lemiantys veiksniai

Savo darbuose mokslininkai nagrinėja komandos efektyvumo veiksnius, kurie turi įtakos sėkmingai komandos veiklai (Stoner, Freeman, 2006; Vijeikienė, Vijeikis, 2000; Kasiulis, Barvydienė, 2001; Robbins, 2006 ir kt.; Savanavičienė, Šilingienė, 2005). Autorių nuomone, kad komanda dirbtų sėkmingai, turi būti aiškus tikslas, normos, narystė, statusas, bendravimas, palankus psichologinis mikroklimatas, vaidmenų pasiskirstymas ir atlikimas, tinkamas vadovas - lyderis ir pan. Jie taip pat pažymi mokymo ir mokymosi dirbti komandose reikšmę. R. Heller (2000) išvardina visoms gerai dirbančioms komandoms bendrus bruožus: stiprus ir veiklus vadovas, tikslūs uždaviniai, kompetentingi sprendimai, sugebėjimas greitai į juos reaguoti, laisvas bendravimas, pakankama kvalifikacija užduočiai įgyvendinti, aiškūs galutiniai tikslai, o svarbiausia – reikiama pusiausvyra tarp žmonių, pasirengusių dirbti bendram grupės labui. Labai svarbus komandos efektyvumo rodiklis yra komandos sutelktumas. Kaip teigia J.A.F., Stoner, R.E. Freeman (2006), kuo daugiau sutelkta grupė, kuo stipriau jos nariai jaučiasi priklausomi jai, - tuo jos įtaka didesnė. Tokiose komandose įtampa ir priešiškas yra reti reiškiniai.

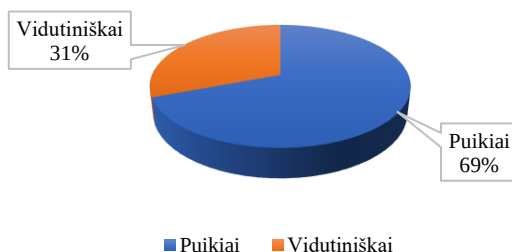
Apibendrinant mokslinę literatūrą, galima teigti, kad geriems komandos santykiams ir galutiniam rezultatui pasiekti labai svarbus aiškus tikslas, aukšta bendravimo ir bendradarbiavimo kokybė, darnus vaidmenų pasiskirstymas, komandos sutelktumas, pasitikėjimas, konstruktyvus problemų sprendimas, efektyvus informacijos valdymas.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Tyrimo tikslas – atskleisti studentų požiūrį į komandinio darbo taikymą KTK statybos inžinerijos studijų programos procese. Pasirinkta kiekybinio tyrimo metodika - anketinė apklausa. Tyrimo anketa parengta pagal įvairius mokslinius straipsnius. Anketa anoniminė. Didžioji anketos klausimų dalis buvo uždaro tipo, kur atsakymų variantai yra parašyti ir respondentams reikėjo tik pažymėti jiems tinkantį. Kadangi tokio tipo klausimai yra patogūs ir aiškūs, tad respondentai į juos galėjo atsakyti greitai. Taip pat buvo keli klausimai uždaro – atviro tipo, kai respondentui neradus jam tinkamo atsakymo jis galėjo įrašyti ranka jam tinkamiausią. Taip yra suteikiama galimybė respondentui pasirinkti jam priimtinausią atsakymą. Keletas klausimų su pateiktais teiginiais turėjo būti įvertinti svarbos tvarka: (visiškai sutinku, sutinku, nesutinku, visiškai nesutinku).

Pirmuoju šio tyrimo klausimu buvo siekiama išsiaiškinti, ar studentams anksčiau teko dirbti komandoje. Rezultatai atskleidžia, kad visi respondentai 100% pasirinko, kad teko dirbti komandoje. Tik išsiskyrė vertinimas ankstinio komandinio darbo. Beveik du trečdaliai respondentų (69%) savo darbą įvertino puikiai, 31% įvertino vidutiniškai. Reiktų pabrėžti, jog nei vienas iš respondentų nepažymėjo blogo komandinio darbo vertinimo. Gautuose rezultatuose galima išvelgti, kad komandinis darbas statybos inžinerijos studijų programos studentams nėra naujiena.

Kaip vertinate darbą komandoje?

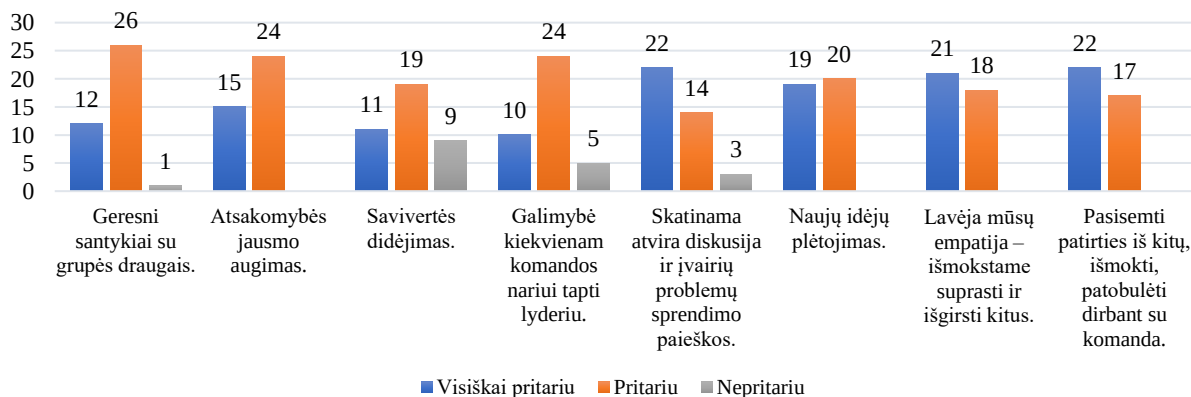


1 pav. Respondentų darbas komandoje.

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš gautų atsakymų galima pastebėti, kad vertinant skatinimą dirbti komandoje, studentų nuomonė išsiskyrė: teiginiams “Pasisemti patirties iš kitų” bei “Atsakomybės jausmo augimas” nepritariančių nebuvo. Teiginiams “Savivertės didėjimas” nepritarė 23%, “Galimybė kiekvienam komandos nariui tapti lyderiu” nepritarė 12.8%. Su teiginiu “Geresni santykiai su draugais” nesutiko tik vienas respondentas (2.5%). Galima daryti prielaidą, kad nuomonės įvairovei turėjo įtakos studentų patirtis ir lūkesčiai. (žr. 2 paveikslė).

Kas Jus skatina dirbti komandoje?

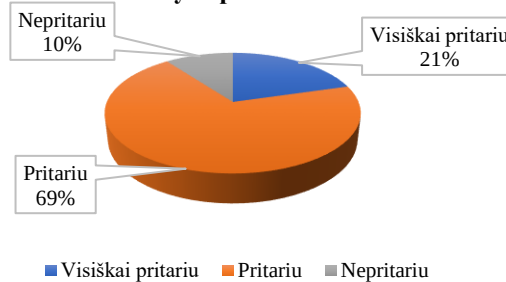


2 pav. Paskata dirbti komandoje

Šaltinis: sudaryta autorių

Į teiginį „Komandinis darbas yra pranašesnis už individualų“ respondentų nuomonės išsiskyrė (žr. 3 paveikslė).

Komandinis darbas yra pranašesnis už individualų



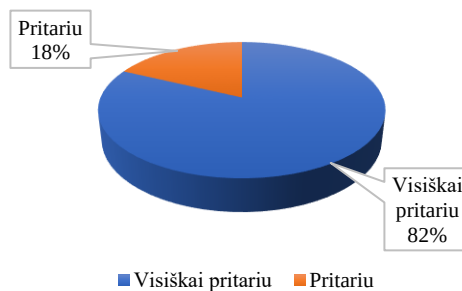
3 pav. Komandinio ir individualaus darbo pasirinkimo prioritetai

Šaltinis: sudaryta autorių

Analizuojant gautus duomenis, matyti jog 90% respondentų teigia, kad komandinis darbas yra pranašesnis už individualų. Tik 10 % pritaria nuomonei, kad individualus darbas yra pranašesnis už komandinį. Pasitvirtino prielaida, kad dirbant komandose priimami efektyvesni sprendimai nei dirbant individualiai, nes iškilusias problemas galima išspręsti komandose.

Mokslinėje literatūroje teigiama (Stoner J.A.F., Freeman R.E. 2006) kad komandiniame darbe svarbus darnus vaidmenų ir užduočių pasiskirstymas. Todėl ir norėjosi sužinoti tiriamųjų nuomonę šiuo klausimu.

Komandoje svarbu tiksliai paskirstyti užduotis



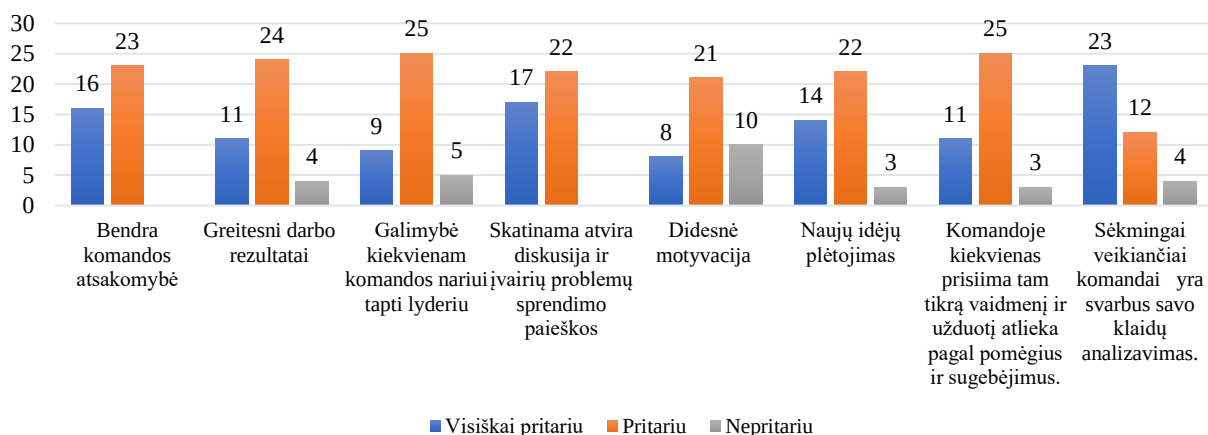
4 pav. Užduočių pasiskirstymo svarba

Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinant užduočių pasiskirstymą komandoje, 82% visiškai pritarė, 18% pritarė, kad labai svarbu užduočių pasiskirstymas komandoje. Gautose rezultatuose galima įžvelgti, kad užduočių pasiskirstymas komandoje yra aktualus, nes nebuvo neigiamų atsakymų.

Siekiant išsiaiškinti respondentų nuomonę apie komandinio darbo privalumus, anketoje buvo pateikti aštuoni teiginiai. Didžiausią pritarimą, vertinant komandinio darbo privalumus, respondentai išreiškė šiems veiksniams: bendra komandinė atsakomybė (100%), skatinama atvira diskusija ir įvairių problemų sprendimo paieškos (100%), (žr. 5 paveikslė).

Komandinio darbo privalumai dirbant komandoje:



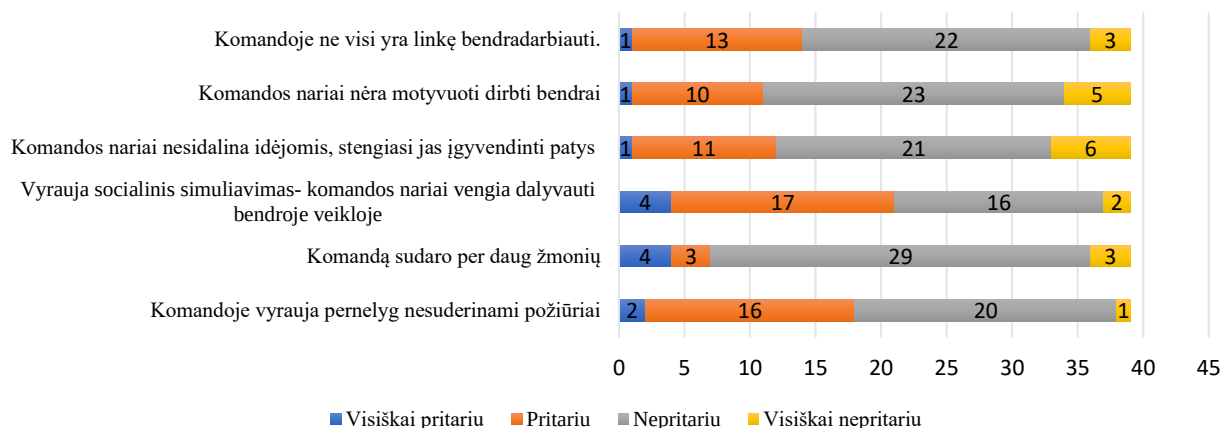
5 pav. Komandinio darbo privalumai

Šaltinis: sudaryta autorių

Rezultatai atskleidė, kad didžiausias nepritarimas (10 respondentų, t.y 25,6%) skiriamas privalumui, jog komandinis darbas skatina motyvaciją. Šis rezultatas skatina patikslinti studentų motyvacijos veiksnius komandiniame darbe.

Išsiaiškinus respondentų nuomonę apie komandinio darbo privalumus, buvo siekiama sužinoti nuomonę apie vyraujančius trūkumus (žr. 6 paveiksle).

Komandinio darbo trūkumai:

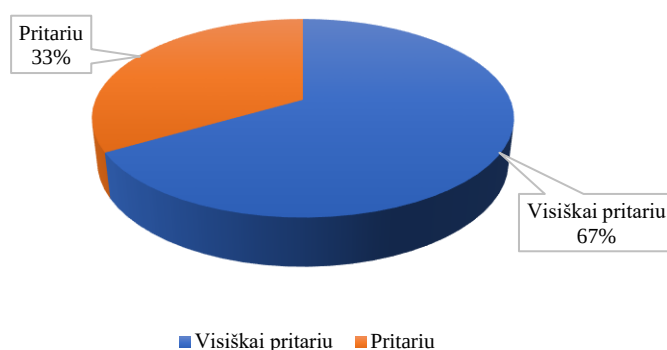


6 pav. Komandinio darbo trūkumai

Šaltinis: sudaryta autorių

Teiginiui “Komandą sudaro per daug žmonių” nepritarė 82%, todėl iš gautų rezultatų galima daryti išvadą, kad komandos narių skaičius, atliekant semestrinį darbą, yra tinkamas. Beveik pusė respondentų (43,6%) pritaria teiginiui, kad komandiniame darbe vyrauja pernelyg nesuderinami požiūriai bei socialinis simuliavimas – komandos nariai vengia dalyvauti bendroje veikloje. 28% respondentų pritaria teiginiui, kad komandos nariai nėra motyvuoti dirbti bendrai, o 30,8% teigia, kad komandos nariai nesidalina idėjomis, o stengiasi jas įgyvendinti patys.

Ar dirbdamas komandoje jaučiate pareigos jausmą?



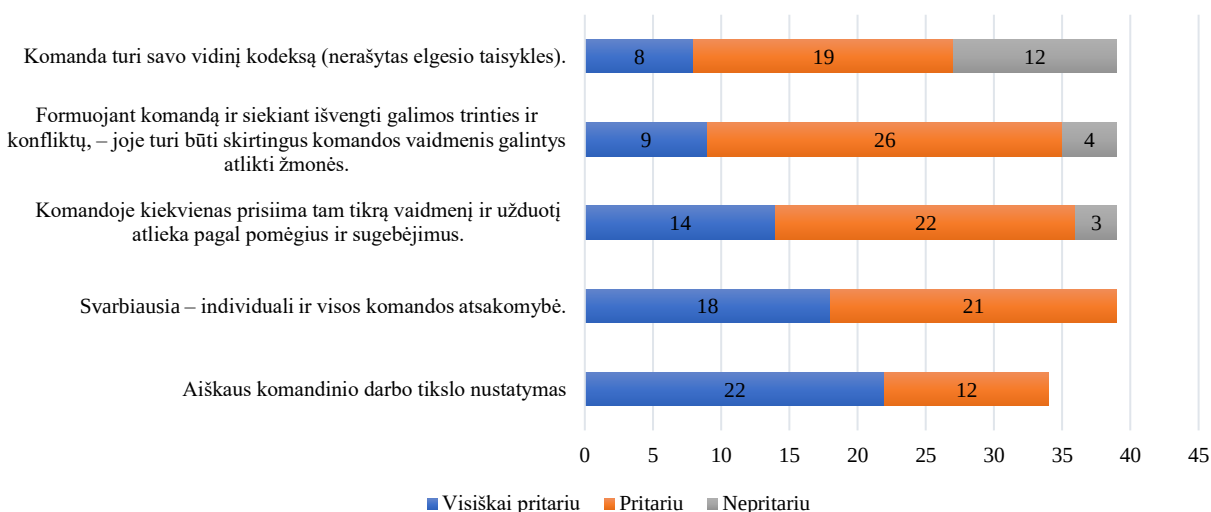
7 pav. Pareigos jausmas komandoje

Šaltinis: sudarytas autorių

Vertinant pareigos jausmą komandiniame darbe, visi respondentai pritarė (100%). Abejingai žiūrinčių į komandinį darbą nėra.

Buvo svarbu sužinoti respondentų nuomonę, kas svarbu pradedant dirbti komandoje. Iš gautų respondentų išskyrė penkis, jų nuomone svarbiausius. Atsakymai pateikti 8 pav.

Pradedant dirbti komandoje svarbu:



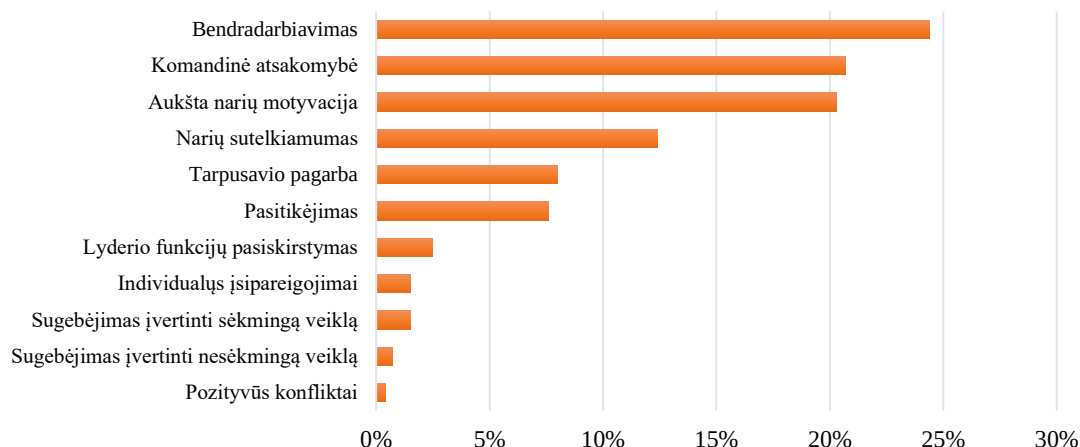
8 pav. Komandinio darbo pradžia

Šaltinis: sudarytas autorių

Teiginiams “Svarbiausia – individuali ir visos komandos atsakomybė” bei “Aiškaus komandinio darbo tikslo nustatymas” nepritariančių nebuvo. Apibendrinant šiuos duomenis, galima teigti, kad visų lygybė ir dalyvavimas – viena iš sąlygų būtinų efektyviai komandos veiklai, o komandos vadovas turi dalintis vadovavimu ir atsakomybe už bendrus sprendimus ir jų pasekmes. Mokslinėje literatūroje teigiama, kad komandos sėkmę garantuoja aiškūs ir kiekvienam nariui suprantami tikslai.

Respondentų atsakymai patvirtina prielaidą, kad norint efektyviai dirbti komandoje, pirmas žingsnis – tikslų iškėlimas ir jų suformulavimas. 30,8% respondentų nesutiko su teiginiu, kad komanda turi savo vidinį kodeksą. 10,2% respondentai, nesutikę su teiginiu, kad formuojant komandą turi būti skirtingus vaidmenis galintys atlikti žmonės, pakomentavo, kad formuojant komandas semestriniam darbui tai padaryti labai sunku.

Kokie veiksniai lemia efektyvų komandinį darbą?



9 pav. Veiksniai, lemiantys efektyvų komandinį darbą

Šaltinis: sudarytas autorių

Dirbant komandoje neįmanoma individo izoliacija, nes komandinis darbas pagrįstas bendradarbiavimu. Dauguma respondentų (24,2%) išreiškė nuomonę, kad svarbiausias veiksnys lemiantis efektyvų darbą komandoje yra bendradarbiavimas. Nemažiau svarbus veiksnys lemiantis efektyvų darbą komandoje yra komandinė atsakomybė (21,9%). Galima daryti prielaidą, kad dirbant komandoje priimami efektyvesni sprendimai, nes jaučiama komandinė atsakomybė. Dalyvavusių respondentų anketinėje apklausoje (20,6 %) mano, kad labai svarbi efektyvaus komandinio darbo sąlyga yra aukšta narių motyvacija. Vienas iš efektyvaus komandinio darbo rodiklių yra komandos narių sutelktumas (11,3 %). Norint gerai dirbti komandoje labai svarbi pagarba vienas kitam. Dirbant kartu jaučiama pagarba, vyrauja geras komandos mikroklimatas, tam pritaria 7,8% respondentų. Taigi galima teigti, kad respondentai dirbdami komandoje norėtų geranoriškos atmosferos, kuri padėtų gerinti komandinį darbą. Pasitikėjimas kitais atsiranda, kai pasitikima savimi. 7,2% respondentų mano, kad pasitikėjimas savimi lemia efektyvesnį darbą komandoje. Ištyrus respondentų nuomonę, mažiau įtakos efektyviam darbui komandoje turi: lyderio funkcijų pasiskirstymas (2,8%), individualūs įsipareigojimai (1,7%), sugebėjimas įvertinti sėkmingą veiklą (1,4%), sugebėjimas įvertinti nesėkmingą veiklą (0,7%). Išanalizavus tiriamųjų nuomonę, galima teigti, kad mažiausiai efektyviam darbui komandoje padeda konfliktai, nors jie ir būtų pozityvūs. Galima teigti, kad semestrinio darbo eigoje, dirbdami komandose, studentai vengia konfliktuoti, nes tik 0,4% respondentų mano, kad konfliktai gali padėti efektyviau dirbti. Įvertinus tyrimo duomenis, galima daryti prielaidą, kad pagrindiniai veiksniai padedantys efektyvinti komandinį darbą yra bendradarbiavimas, komandinė atsakomybė, aukšta narių motyvacija, narių sutelktumas, tarpusavio pagarba, pasitikėjimas.

Išvados

1. Atlikus literatūros analizę išryškėjo, kad komandą sudaro tam tikra žmonių grupė, sąmoningai bendradarbiaujanti bei siekianti konkrečių tikslų. Geriems komandos santykiams ir galutiniam rezultatui pasiekti labai svarbus aiškus tikslas, aukšta bendravimo ir bendradarbiavimo kokybė, darnus vaidmenų pasiskirstymas, komandos sutelktumas, pasitikėjimas, konstruktyvus problemų sprendimas, efektyvus informacijos valdymas.

2. Atlikus kiekybinį tyrimą, paaiškėjo, kad statybos inžinerijos studijų programos studentų nuomone dirbant komandose priimami efektyvesni sprendimai nei dirbant individualiai, komandinio darbo sėkmė priklauso nuo gebėjimo nustatyti tikslus, nuo bendravimo kokybės, atsakingumo, o pagrindiniai veiksniai, padedantys efektyvinti komandinį darbą, yra bendradarbiavimas, aukšta narių motyvacija, tarpusavio pagarba bei pasitikėjimas.

Literatūra

1. Bagdonas E., Bagdonienė L. Administravimo principai: vadovėlis. - Kaunas: Technologija, 2000. – ISBN – 9986138140.
2. Baršauskienė V., Janulevičiūtė – Ivaškevičienė B. Komunikacija: teorija ir praktika: vadovėlis. – Kaunas: Technologija, 2007. – ISBN – 9955099038

3. Barvydienė V., Kasiulis J. Vadovavimo psichologija: vadovėlis. – Kaunas: Technologija, 2005. – ISBN – 9955090782.
4. Endriulaitienė A., Raižienė S. Organizacinė psichologija: komandų formavimo principai: metodinė priemonė. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas, 2007. – ISBN – 9789955122227.
5. Everard B., Morris G. Efektyvus mokyklos valdymas. Vilnius: Poligrafija ir informatika 1997.
6. Heller, R. Grupių valdymas. Vilnius: Alma litera, 2000. – ISBN – 9789986027935.
7. Lencioni P. Svajonių komandos kūrimas. Vilnius: Alma litera, 2020. – ISBN – 9786090129425.
8. Robbins P. S. Kaip vadovauti žmonėms. Vilnius: Tyto alba, 2007. – ISBN – 9789986165521.
9. Savanevičienė A., Šilingienė V: Darbas grupėse: vadovėlis. – Kaunas: Technologija, 2005. – ISBN – 9955097930.
10. Smilga E., Bosas A. (1999). Vadovas ir jo komanda: vadovavimo – bendradarbiavimo procesas ir jo ypatybės. Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai, 12, p. 211-225
11. Stoner J.A. F., Freeman R. E., Gilbert D. R. Vadyba. Kaunas: Poligrafija ir informatika. 2001. – ISBN – 9789986850304.
12. Vijeikienė B., Vijeikis J. Komandinio darbo pagrindai. – Vilnius: Rosma, 2000. – ISBN – 998603577-5

A STUDY OF STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS TEAMWORK

Summary

Teamwork is gaining popularity and is an integral part of the modern society. Teams are formed based on different goals. Faster decision making and higher quality results are the main factors supporting team approach in the educational process. The objective of this study was to measure KTK construction engineering students' attitudes towards team work in their educational process. This article analyses team work idea and its specificities. This current research was supported by theoretical hypotheses and analysis. Data for this empirical research was collected via written questionnaire. Research findings suggest that main factors influencing effectiveness of teamwork are communication, team responsibility, high level of motivation from the team members, member cohesiveness, interpersonal respect, as well as trust.

Key words: Team, organization of teamwork, effective teamwork.

ISSN 2783-6223 (leidinio forma: Elektroninis)

Mokslinės konferencijos
„PRAMONĖS IR VERSLO SINERGIJA TVARIAI ATEIČIAI”
recenzuotų straipsnių rinkinys

Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas
www.ktk.lt,
el.p. ktk@edu.ktk.lt