



VILNIAUS UNIVERSITETAS
ŠIAULIŲ AKADEMIJA

IŠMANIOSIOS GAMYBOS INŽINERIJOS MAGISTRO STUDIJŲ PROGRAMA

TOMAS GAILIŪNAS

Magistro studijų baigiamasis darbas

**IŠMANUS PATIKROS STENDAS „POWERBOX“ REKUPERATORIŲ
AUTOMATIKOMS, JO PROJEKTAVIMAS IR TAIKYMAS GAMYBOJE**

Darbo vadovas (ė) : dr. E. Bielskis

Šiauliai, 2022

**Studijuojančiojo, teikiančio baigiamąjį darbą,
GARANTIJA**

WARRANTY of Final Thesis

Vardas, pavardė <i>Name, Surname</i>	Tomas Gailiūnas
Padalinys <i>Faculty</i>	Šiaulių akademija <i>Šiauliai Academy</i>
Studijų programa <i>Study Programme</i>	Išmaniosios gamybos inžinerija <i>Smart Manufacturing Engineering</i>
Darbo pavadinimas <i>Thesis topic</i>	Išmanus patikros stendas "Powerbox" rekuperatorių automatikoms, jo projektavimas ir taikymas gamyboje <i>Intelligent test stand for „Powerbox“ recuperator automation, its design and application in production</i>
Darbo tipas <i>Thesis type</i>	Baigiamasis darbas <i>Final Thesis</i>

Garantuojau, kad mano baigiamasis darbas yra parengtas sąžiningai ir savarankiškai, kitų asmenų indėlio į parengtą darbą nėra. Jokių neteisėtų mokėjimų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

I guarantee that my thesis is prepared in good faith and independently, there is no contribution to this work from other individuals. I have not made any illegal payments related to this work.

Šiame darbe tiesiogiai ar netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos yra pažymėtos literatūros nuorodose.

Quotes from other sources directly or indirectly used in this thesis, are indicated in literature references.

Aš, Tomas Gailiūnas, pateikdamas (-a) šį darbą, patvirtinu (pažymėti)



**Embargo laikotarpis
*Embargo Period***

Prašau nustatyti šiam baigiamajam darbui toliau nurodytos trukmės embargo laikotarpį:
I am requesting an embargo of this thesis for the period indicated below:

- _____ mėnesių / *months*
(embargo laikotarpis negali viršyti 60 mėn. / *an embargo period shall not exceed 60 months*).
- Embargo laikotarpis nereikalingas / *no embargo requested*.

Embargo laikotarpio nustatymo priežastis / *Reason for embargo period:*

Gailiūnas T. Išmanus patikros stendas „Powerbox“ rekuperatorių automatikoms, jo projektavimas ir taikymas gamyboje. Išmaniosios gamybos inžinerijos magistro darbas. Vadovas dr. E. Bielskis, Vilniaus universitetas, Šiaulių akademija, 2022, 63 p.

SANTRAUKA

Stengiantis pagreitinti surinkimo linijų darbą gamybos įmonėje reikia stengtis išvengti defektinių atvejų linijose, kurie mažina linijos pralaidumą ir didina vidinius nuostolius. Norint pasiekti geresnių rezultatų būtina užtikrinti kokybiškesnę montuojamų komponentų patikrą jų gamybos metu. Naujai kuriamiems produktų pusgaminiams patikra atliekama tik paviršutiniška, nes nėra dar sugalvoti ir suprojektuoti testavimo būdai gamybos linijose.

Savo darbe atlikau naujos gaminių serijos defektinių automatikų tyrimą, nustačiau naujos serijos rekuperatorių automatikų aibę, paruošiau patikros stendo projektą, aprašiau galimą stendo atsipirkimą.

Pagrindiniai projekto uždaviniai: suprojektuota sistema veiktų patikimai, būtų saugi naudoti, tiktų visoms „Powerbox“ automatikų versijoms, būtų numatytos apsaugos nuo netyčinio laidų sumaišymo, sistema atitiktų elektros įrenginių įrengimo bendrąsias taisykles.

Raktiniai žodžiai: automatika, patikros stendas, komponentas, rekuperatorius, jungimas.

Gailiūnas T. Intelligent test stand for „Powerbox“ recuperator automation, its design and application in production. Master's work in Smart Manufacturing Engineering. Supervisor dr. E. Bielskis; Vilnius University, Šiauliai Academy, 2022, 63 p.

SUMMARY

In an effort to speed up the operation of assembly lines at the manufacturing plant, efforts should be made to avoid defects in the lines that reduce line throughput and increase internal losses. In order to achieve better results, it is necessary to ensure better inspection of the installed components during their production. For newly developed semi-finished products, the inspection is only superficial, as no test methods have yet been developed and designed on the production lines.

In my work I researched the defective automatics of the new product series, determined the set of the new series recuperators and their automatics, prepared the design of the test bench, described the possible payback of the stand.

The main objectives of the project: the designed system would operate reliably, would be safe to use, would be suitable for all versions of Powerbox automation, would provide protection against unintentional mixing of wires, the system would comply with the general rules for electrical installation.

Keywords: automation, test bench, component, recuperator, connection.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	6
LENTELIŲ SĄRAŠAS	8
ĮVADAS	9
1. Automatikos defektai rekuperatorių gamyboje	10
2. Automatikos gamybos procesai	17
3. Patikros stendų apžvalga	21
3.1 Gamyboje naudojami patikros stendai	21
3.2 Kiti patikros stendai	23
4. Tikrinamų automatikų aibės nustatymas	25
4.1 „Powerbox“ rekuperatorių serija	25
4.2 „Powerbox“ įrenginių automatikos	27
4.3 V tipo automatikos mazgų jungimas „Wago“ jungtyse	29
4.4 H tipo automatikos mazgų jungimas „Wago“ jungtyse	31
5. Testuojamos automatikos komponentai	33
5.1 Valdiklis	33
5.2 Slėgio keitikliai	35
5.3 Temperatūros jutikliai	36
5.4 Kiti komponentai	36
6. Patikros stendo projektavimas	37
6.1 Mechaninė dalis	39
6.2 Elektrotechninė dalis	45
6.3 Testavimo dalis	55
7. Potencialios naudos įmonei ir atsipirkimas	59
7.1 Nauda automatikų gamybos linijai	59
7.2 Nauda rekuperatorių gamybos linijai	59
7.3 Kaina ir atsipirkimo laikas	60
8. Darbo sauga dirbant su patikros stendu	61
IŠVADOS	62
LITERATŪRA	63

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Rekuperatorius	10
2 pav. Automatikos defektų kiekis per mėnesį.....	11
3 pav. Defektų kiekis procentais	12
4 pav. Defektų grupės	12
5 pav. Automatikos neatitikčių procesas	14
6 pav. Darbuotojų pasiskirstymas pagal remonto atvejus	15
7 pav. Gamybos procesai.....	17
8 pav. Bandinys	17
9 pav. Gamybos procesų pasiskirstymas procentais.....	18
10 pav. Patikros etapai.....	19
11 pav. MCB patikros stendas.....	21
12 pav. „Novatys“ automatikų patikros stendas.....	22
13 pav. Automatikos paruoštos tikrinimui	23
14 pav. Vertikalus rekuperatorius.....	25
15 pav. Horizontalus rekuperatorius.....	25
16 pav. Automatika V tipo rekuperatoriui.....	27
17 pav. V tipo automatikos elementai	27
18 pav. Automatika H tipo rekuperatoriui.....	28
19 pav. H tipo automatikos elementai	28
20 pav. A modulis.....	33
21 pav. B modulis.....	34
22 pav. Slėgio keitiklis	35
23 pav. Slėgio keitiklio + ir - antgaliai	35
24 pav. NTC jutiklio charakteristika	36
25 pav. Patikros stendas	39
26 pav. Indikacija ant durų	40
27 pav. Išorinių mazgų jungtys	40
28 pav. Ventilatoriaus mazgas.....	41
29 pav. Apėjimo sklendė	41
30 pav. Stendo automatika.....	42
31 pav. Stendo automatikos vidinis padas.....	43
32 pav. Patikros stendo struktūra.....	44
33 pav. "Emrex" valdiklis.....	45

34 pav. Jėgos grandinės 1	46
35 pav. Jėgos grandinės 2	46
36 pav. Šildytuvo patikros grandinė	47
37 pav. Tiekiamo ventiliatoriaus patikros grandinė	48
38 pav. Slėgio keitiklių ir jutiklių patikros grandinė	49
39 pav. Pašildytuvo patikros grandinė.....	50
40 pav. Ištraukiamo ventiliatoriaus patikros grandinė.....	51
41 pav. Slėgio keitiklių, jutiklių ir sklendės patikros grandinė	52
42 pav. Jungtys H tipo automatikų prijungimui	53
43 pav. Maitinimas ir indikacija	54
44 pav. Ethernet struktūrinė schema.....	54
45 pav. Automatikos patikros procesas	55
46 pav. Testavimo aplinka.....	55
47 pav. Vidinis gamybos užsakymo numeris	56
48 pav. Testavimo eiga.....	56
49 pav. Testavimo algoritmas.....	57

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Defektų grupės	13
2 lentelė. Darbuotojų praleistas laikas defekto šalinimo procese	14
3 lentelė. Automatikos gamybos procesų laikas minutėmis.....	17
4 lentelė. Patikros etapų laikas minutėmis	19
5 lentelė. Stendų pavyzdžiai	24
6 lentelė. „Powerbox“ gaminių komplektacijos	26
7 lentelė. „Powerbox“ įrenginių dydžiai.....	26
8 lentelė. „Powerbox“ V 1000 jungimas	29
9 lentelė. „Powerbox“ V 1500-2000-3000 jungimas.....	29
10 lentelė. „Powerbox“ V 4000-5000 jungimas.....	30
11 lentelė. „Powerbox“ V 9000 jungimas	30
12 lentelė. „Powerbox“ H 1000 jungimas	31
13 lentelė. „Powerbox“ H 1500-2000-3000 jungimas.....	31
14 lentelė. Simbolių panaudotų 8-13 lentelėse reikšmės.....	32
15 lentelė. Grandinių bei mazgų trumpas sąrašas.....	38
16 lentelė. Rankinės ir automatinės patikros laiko palyginimas	59

ĮVADAS

Vėdinimo sistemų gamybos įmonėje gaminami įvairūs rekuperatoriai. Jie renkami surinkimo linijose, montuojant anksčiau pagamintus pusgaminius. Toks gamybos proceso išskaidymas į pusgaminius užtikrina trumpiausią laiką per kurį įmanoma pagaminti pilnai funkcionuojantį įrenginį. Dėl didelių gamybos tempų pusgaminių linijos yra pilnai apkrautos, todėl nespėja laiku tiekti sudedamųjų mazgų. Taip pat padaugėja defektinių atvejų rekuperatorių surinkimo linijose. Tai įtakoja gamybos terminus nuo užsakymo iki pristatymo klientui. Norint pagreitinti pusgaminių linijos darbą reikia pagerinti automatikų patikros procesą.

Automatikos gamybos metu vienas iš privalomų procesų yra jos elektrinė patikra. Tai leidžia išvengti sutrikimų rekuperatoriaus surinkimo ir patikros metu. Pirminė automatikos mazgo elektrinė patikra atliekama rankiniu būdu multimetromis pagalba. Toks rankinis patikros procesas nėra efektyvus, nes yra lėtas, neužtikrina visų grandinių tinkamo veikimo dėl žmogiškojo faktoriaus, reikalauja aukštesnės kvalifikacijos darbuotojo.

Darbo tikslas: Suprojektuoti išmanaus „Powerbox“ rekuperatorių automatikų patikros stendo prototipą, kuris leistų sutrumpinti patikros laiką ir sumažinti defektinių automatikų skaičių gamybos linijose.

1. Automatikos defektai rekuperatorių gamyboje

Vėdinimo sistemų gamybos įmonėje kasdien yra pagaminama dešimtys rekuperatorių vidaus ir užsienio rinkoms. Rekuperatorius – tai įrenginys patalpų vėdinimui ir šilumos recirkuliacijai (žr. 1 pav.). Įrenginiai surenkami linijose iš ankščiau pagamintų pusgaminių. Priklausomai nuo gaminio gabaritų ir funkcinių mazgų kiekio, surinkimo linijose per dieną gali būti surenkama nuo 1 iki 100 rekuperatorių.



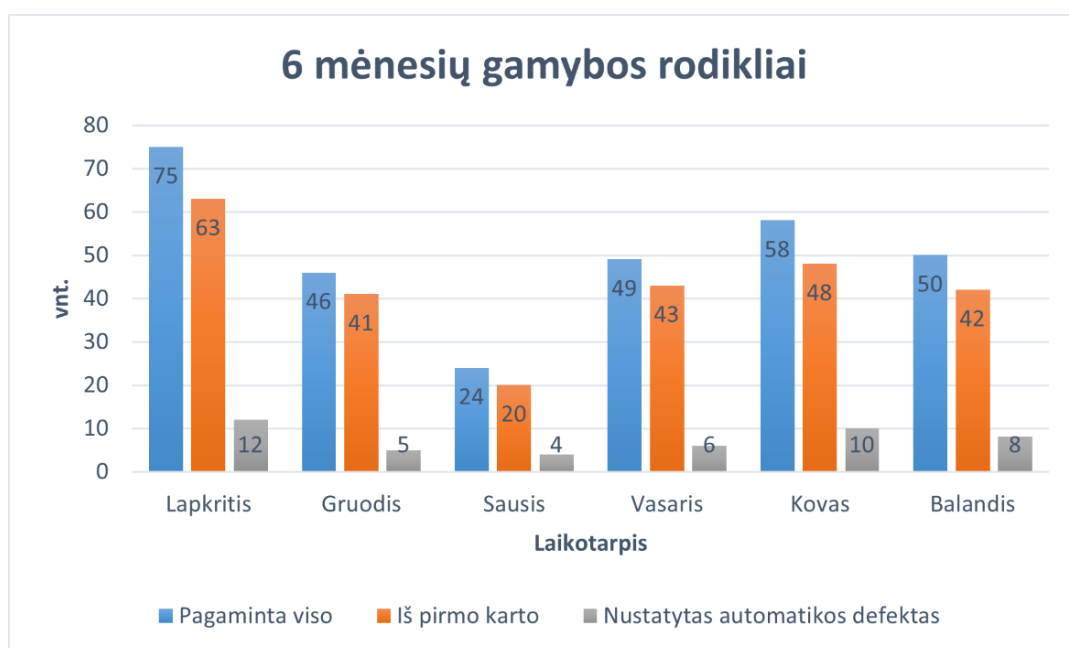
1 pav. Rekuperatorius

Siekiant užtikrinti kokybę kiekvienas gaminys yra kruopščiai patikrinamas. Rekuperatoriai gali būti rankinio valdymo arba pilnai automatizuoti, t. y. viduje turi sumontuotą valdymo bloką – automatiką. Jei įrenginys yra rankinio valdymo, tuomet patikra nėra sudėtinga nes nėra daug mazgų, jų veikimą lengva patikrinti, o nustačius defektą įmanoma suremontuoti per trumpą laiką.

Įmonėje 9 iš 10 rekuperatorių turi įmontuotą valdymo bloką, tokiu atveju rankinė patikra netinka, nes atsiranda daugiau įvairių mazgų, pailgėja patikros laikas, o atsiradus defektui remontas yra sudėtingas ir užtrunka ilgą laiko tarpą. Surinkimo linijoje dirbantys darbuotojai neturi pakankamai laiko nuodugnai gedimų paieškai arba neturi gebėjimu jiems nustatyti. Didelę reikšmę gedimų dažnumui turi tai, ar įrenginys yra naujai suprojektuotas, ar jau ne vienerius metus gaminamas. Senesniuose įrenginiuose gamybos broko pasitaiko retai, nes darbuotojai jau žino problemines vietas ir per ilgą laiką turi sukaupę didelę patirtį.

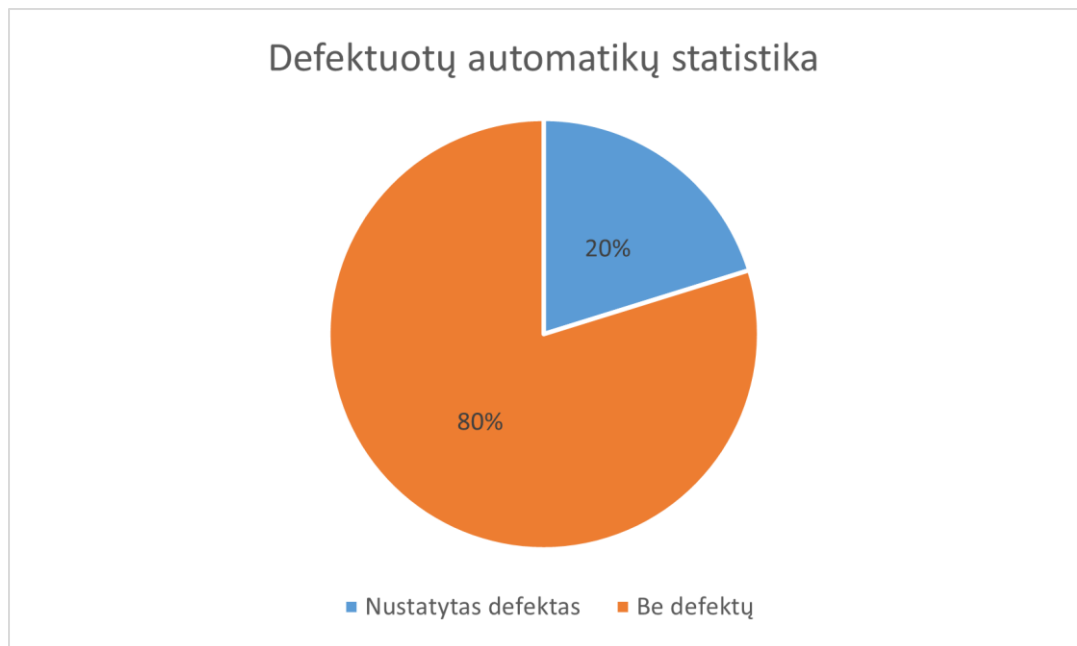
Kita situacija yra kuomet kuriama nauja įrenginių serija ir visi rekuperatoriaus mazgai yra naujai suprojektuoti, kritinės klaidos ištaisomos tik atliekant bandomuosius rinkimus, o ilgainiui sutvarkomos ir smulkmenos. Darbuotojai neturi patirties dirbdami su naujais mazgais todėl dažnai gali suklysti, klaidos atsiranda ir dėl nuovargio arba tiesiog dėl žmogiškojo faktoriaus.

Rekuperatoriaus gamybos taktas linijoje gali trukti nuo 10 iki 50 minučių, todėl pastebėjus defektą nėra daug laiko jo priežastiai nustatyti. Tokiu atveju įrenginys yra nedelsiant šalinamas iš linijos. Dėl įtempto darbų grafiko gedimų paieška ir remontas atliekamas dirbant viršvalandžius, nes užsakymai privalo būti įvykdyti laiku. Daugiausiai klaidų užfiksuojama pirmaisiais naujos gaminių serijos gamybos metais, vėliau šis rodiklis mažėja. Atlikus naujos rekuperatorių serijos „Powerbox“ paskutinių šešių mėnesių gaminių analizę buvo gauti duomenys, kurie parodo kiek naujos serijos gaminių buvo pagaminta iš pirmo karto ir kiek turėjo nustatytą automatikos mazgo defektų (žr. 2 pav.).



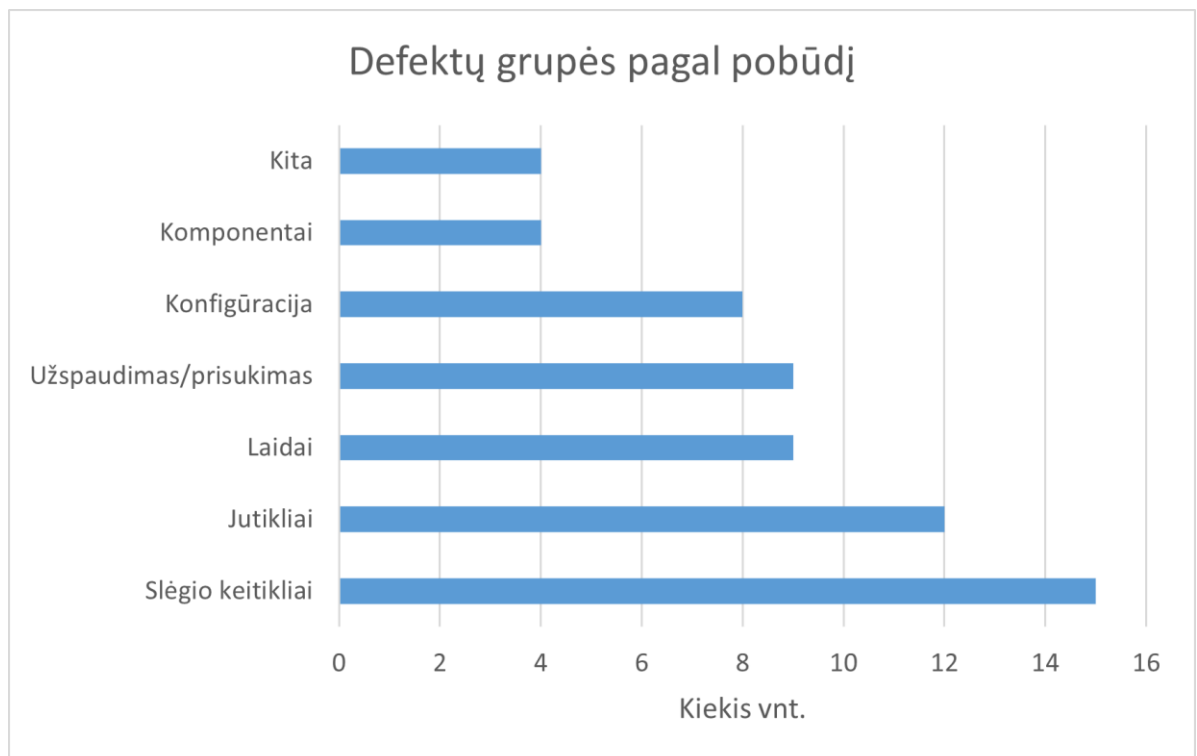
2 pav. Automatikos defektų kiekis per mėnesį

Gauti duomenys neatspindi bendro broko skaičiaus, o tik parodo defektuotų automatikų kiekį. Iš 2 paveikslu matyti, kad defektų kiekiai per mėnesį nėra dideli, tačiau kiekvienas iš jų įmonei didina vidinius nuostolius. Iš viso naujų „Powerbox“ serijos rekuperatorių per 6 mėnesių laikotarpį buvo pagaminta 302 vnt. iš jų 241 vnt. pavyko pagaminti be automatikos defektų, o 61 vnt. buvo su įvairiais automatikų trūkumais. Procentinis pasiskirstymas atrodo taip (žr. 3 pav.).



3 pav. Defektų kiekis procentais

Kaip matome iš 3 paveikslo, automatikos su defektais sudaro 20% visų naujos serijos gaminių kiekio t. y. iš 10 vnt. gaminamų rekuperatorių 2 vnt. būna su automatikos defektais. Atlikus neatitikčių analizę iš užfiksuotų defektinių atvejų buvo įvertintos gedimų priežastys ir sudarytos defektų grupės pagal pobūdį (žr. 4 pav.).



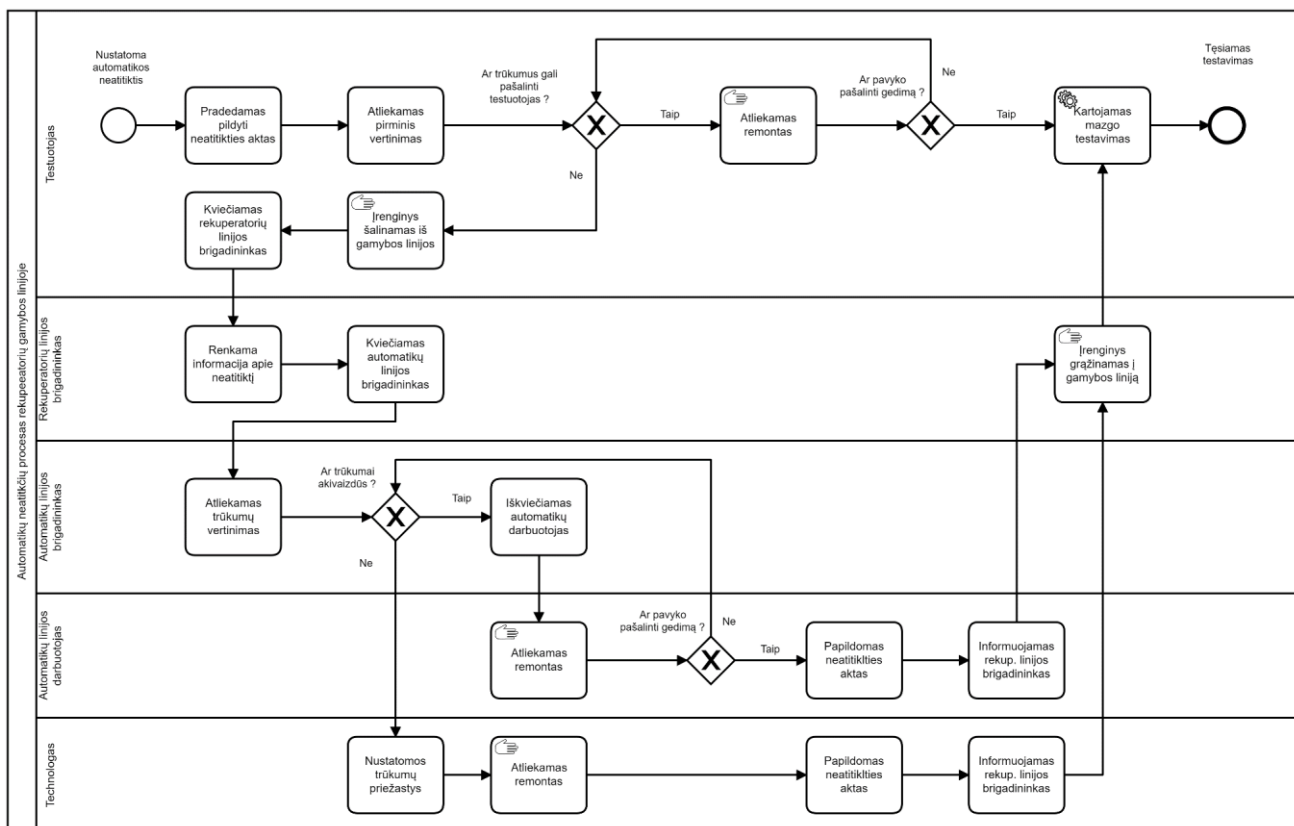
4 pav. Defektų grupės

Dažniausiai pasitaikantys trūkumai nurodyti lentelėje (žr. 1 lentelė).

1 lentelė. Defektų grupės

Defekto grupė	Gedimas/trūkumas
Slėgio keitikliai	Įdėtas netinkamų parametrų keitiklis Neteisingai nustatytas kodas
Jutikliai	Sumaišyti vietomis jutikliai Neteisingai prijungta į valdiklį arba į 12k. „Wago“ jungtį
Laidai	Sumaišyti vietomis laidai Neprijungtas laidas Blogas žymėjimas
Užspaudimas/prisukimas	Netinkamai prisuktas komponentas arba ir viso neprisuktas Blogai apdirbtas laido galas, nėra kontakto
Konfigūracija	Nuskaitytas ne tas užsakymo kodas, neatitinka gaminio Priskirtas ne tas kodas duomenų bazėje
Komponentai	Įdėtas netinkamų parametrų komponentas Komponentai sumaišyti vietomis Komponento brokas
Kita	Kiti trūkumai

Jei defektas ir jo atsiradimo priežastis nėra nustatomi per keletą minučių, kas dažniausiai taip ir būna, tuomet vadovaujantis neatitikčių procesu prisijungia sekantys darbuotojai (žr. 5 pav.). Kiekvienas iš darbuotojų įšivertina ar gebės atlikti gedimo nustatymą ir tolesnį remontą.



5 pav. Automatikos neatitikčių procesas

Atsižvelgiant į gebėjimus, patirtį ir įtemptą darbo grafiką kiekvienas iš jų gali defekto pašalinimui skirti tik tam tikrą laiko tarpą, nes tuo pat metu jų pačių daromi darbai taip pat turės būti padaryti (žr. 2 lentelė).

2 lentelė. Darbuotojų praleistas laikas defekto šalinimo procese

Pareigos	Minimalus remonto laikas min.	Maksimalus remonto laikas min.
Testuotojas	1	5
Rekup. brigadininkas	5	10
Autom. brigadininkas	5	15
Autom. darbuotojas	20	60
Technologas	30	240

Priklausomai nuo automatikos defekto sudėtingumo remontą gali atlikti:

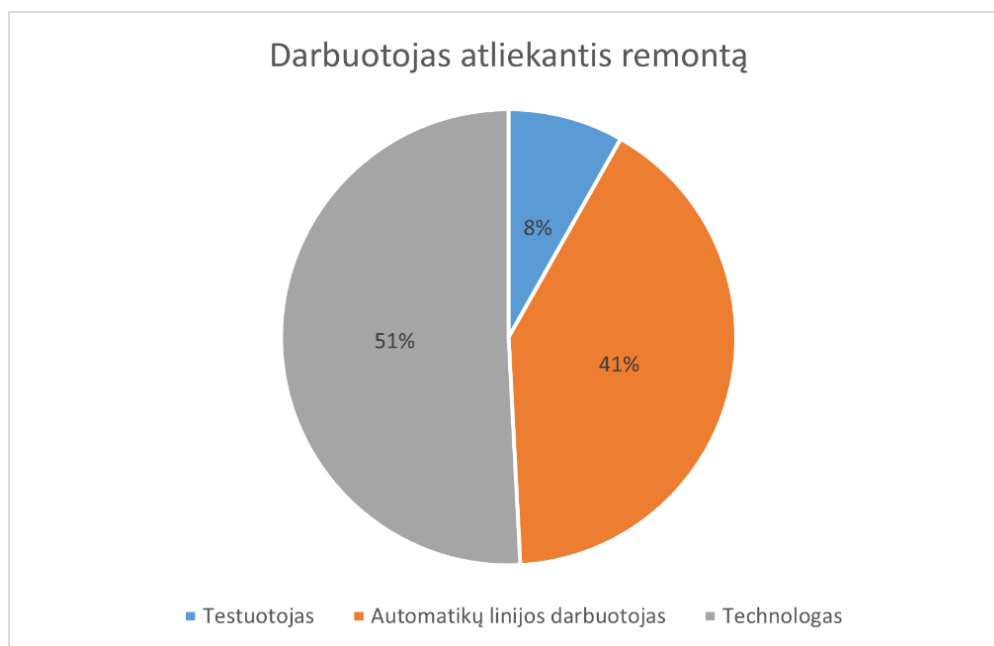
- **Testuotojas**
Taiso tik smulkius, lengvai pastebimus trūkumus, kurių pašalinimas užtrunka iki 5 min.
- **Automatikų linijos darbuotojas padaręs broką**
Taiso tik tuomet jei pavyksta nustatyti defekto priežastis ir remonto laikas yra iki 60 min.
- **Technologas**
Taiso visus trūkumus neribotą laiko tarpą.

Po defekto pašalinimo įrenginys grąžinamas testuotojui.

Remiantis anksčiau minėta 6 mėnesių rekuperatorių linijos automatikų neatitikčių statistika, iš 61 defektinio atvejo gedimus sutvarkė:

- Testuotojas 5 atvejai
- Automatikų linijos darbuotojas 25 atvejai
- Technologas 31 atvejis

Procentinis pasiskirstymas atrodo taip (žr. 6 pav.).



6 pav. Darbuotojų pasiskirstymas pagal remonto atvejus

Automatikų linijos darbuotojo ir technologo gedimų tvarkymo atvejai sudaro net 92% visų automatikos gedimų, todėl skaičiuodamas potencialius vidinius nuostolius testuotojo nevertinau. Kadangi jei jis geba pašalinti gedimą vietoje per trumpą laiką nėra įtraukiami kiti darbuotojai, o tai tik nežymiai įtakoja gautus rezultatus.

Remiantis internetine svetaine <https://rekvizitai.vz.lt/>, vertinant paskutinius 6 mėnesius, pilną mėnesį įmonėje išdirbusių darbuotojų atlyginimų mediana¹ yra apie 1600€ neatskaičius mokesčių. Tokiu atveju valandinis atlyginimas yra apie 9,1€ neatskaičius mokesčių.

Vertinami geriausias ir blogiausias scenarijai.

- Kai defektus sutvarkė automatikų linijos darbuotojas

	Atvejų skaičius	Sugaištas laikas valandomis	Nuostoliai €
Geriausias scenarijus	25	12,5	112,5
Blogiausias scenarijus	25	35,4	322,3

- Kai defektus sutvarkė automatikų linijos technologas

	Atvejų skaičius	Sugaištas laikas valandomis	Nuostoliai €
Geriausias scenarijus	31	16,7	151,7
Blogiausias scenarijus	31	110,4	1004,8

- Bendras abiejų darbuotojų atvejų skaičius, valandų ir nuostolių suma

	Atvejų skaičius	Sugaištas laikas valandomis	Nuostoliai €
Geriausias scenarijus	56	29,2	264,2
Blogiausias scenarijus	56	145,8	1327,1

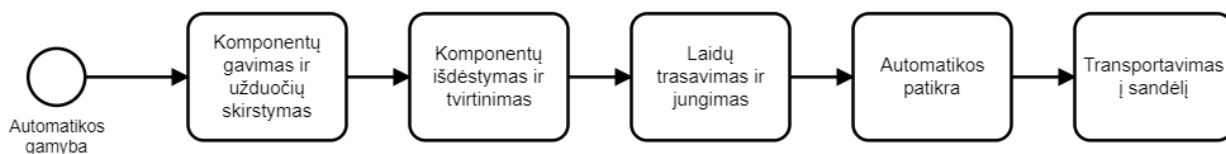
Skaičiuojant nuostolius nebuvo vertinta:

- Ar defekto taisymus atlikęs darbuotojas spėjo pasidaryti savo einamuosius darbus.
- Ar defekto taisymas pavyko iš pirmo karto.
- Ar neatsirado papildomų nuostolių, tokių kaip negrįžtamas komponento sugadinimas.

¹ Mediana - Apskaičiuojama išrikiuojant atlyginimus didėjančia tvarka, ir iš jų imama vidurinė reikšmė.

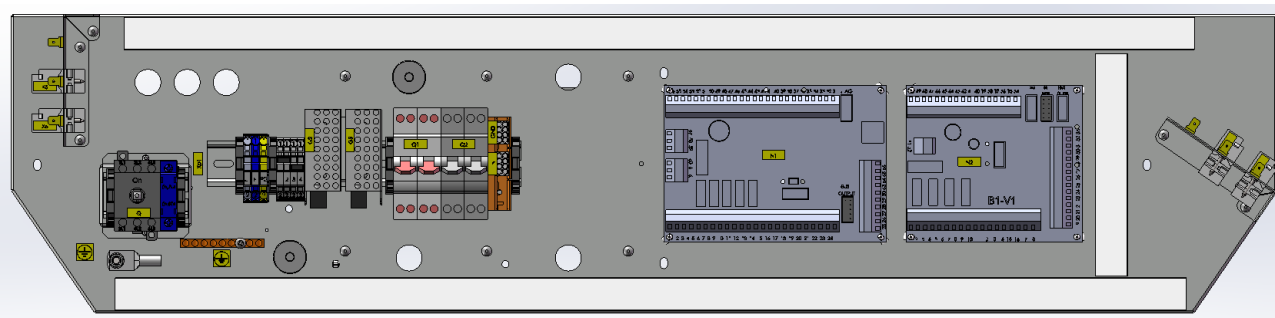
2. Automatikos gamybos procesai

Atliekant automatikos pusgaminio surinkimą stebėjimą buvo nustatyti šie automatikos gamybos procesai (žr. 7 pav.).



7 pav. Gamybos procesai

Automatikų mazgai yra skirtingos komplektacijos ir įvairių dydžių, todėl skiriasi jų surinkimo laikas. Bandiniui buvo pasirinkta gana dažnai gaminama automatika, kurios gamybos laikas 160 min. (žr. 8 pav.).



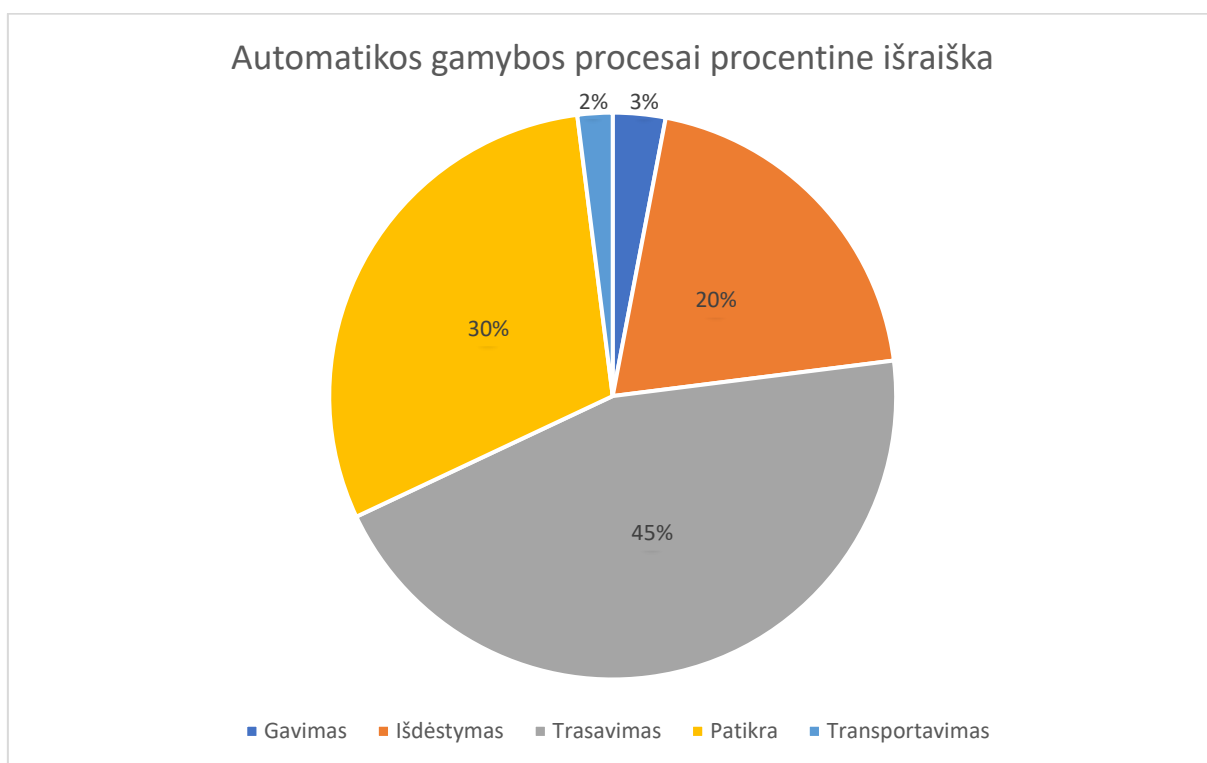
8 pav. Bandinys

Atlikus automatikos gamybos procesų matavimus buvo gauti tokie rezultatai (žr. 3 lentelė), iš pateiktų duomenų matome, kad patikros procesas duotam bandiniui trunka 48 minutes.

3 lentelė. Automatikos gamybos procesų laikas minutėmis

	Automatikos gamybos procesai				
	Komponentų Gavimas	Komponentų Išdėstymas	Laidų Trasavimas	Patikra	Transportavimas
Laikas min.	4,8	32	72	48	3,2

Grafiškai pasiskirstymas atrodo taip (žr. 9 pav.).



9 pav. Gamybos procesų pasiskirstymas procentais

Iš grafiko pateikto paveiksle matome, kad 30% laiko užima automatikos patikra. Patikra yra būtina, tačiau jos laikas turi būti minimalus. Užsakovas moka tik už teisingai ir be trūkumų pagamintą produktą, todėl bet kokia patikra didina sąnaudas, kuo ilgesnis patikros procesas tuo didesni vidiniai nuostoliai įmonei.

Patikra nėra vienalytė, ją sudaro keletas etapų:

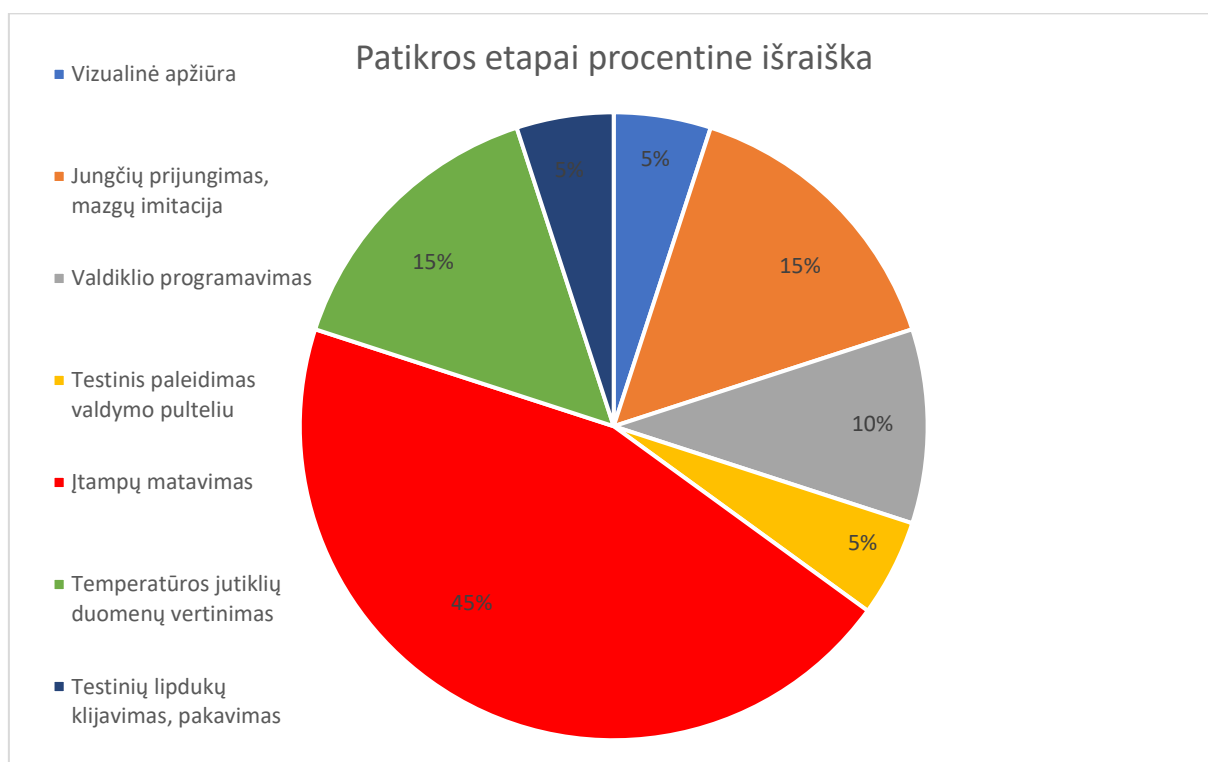
- Vizualinė apžiūra
- Jungčių prijungimas, mazgų imitacija
- Valdiklio programavimas
- Testinis paleidimas valdymo pulteliu
- Įtampų matavimas
- Temperatūros jutiklių duomenų vertinimas
- Testinių lipdukų klijavimas, pakavimas

išskaidžius atskirais etapais gauname tokius matavimus (žr. 4 lentelė).

4 lentelė. Patikros etapų laikas minutėmis

Patikros etapas	Laikas min.
Vizualinė apžiūra	2,4
Jungčių prijungimas, mazgų imitacija	7,2
Valdiklio programavimas	4,8
Testinis paleidimas valdymo pulteliu	2,4
Įtampų matavimas	21,6
Temperatūros jutiklių duomenų vertinimas	7,2
Testinių lipdukų klijavimas, pakavimas	2,4

ir laiko procentinį pasiskirstymą. Grafiškai pasiskirstymas atrodo taip (žr. 10 pav.)



10 pav. Patikros etapai

Iš grafiko pateikto paveiksle matome, kad net 45% patikros laiko sudaro įtampų matavimas. Įtampų matavimo procedūra apima ir NO/NC grandinių patikrą.

Ši procedūra trunka tiek laiko, nes:

- Matavimas atliekamas rankiniu būdu, multimetru
- Matavimo taškų ir verčių reikia ieškoti principinėje schemoje
- Nepatogus matavimo gnybtų prijungimas
- Patikrą atlieką mažiau patyręs darbuotojas

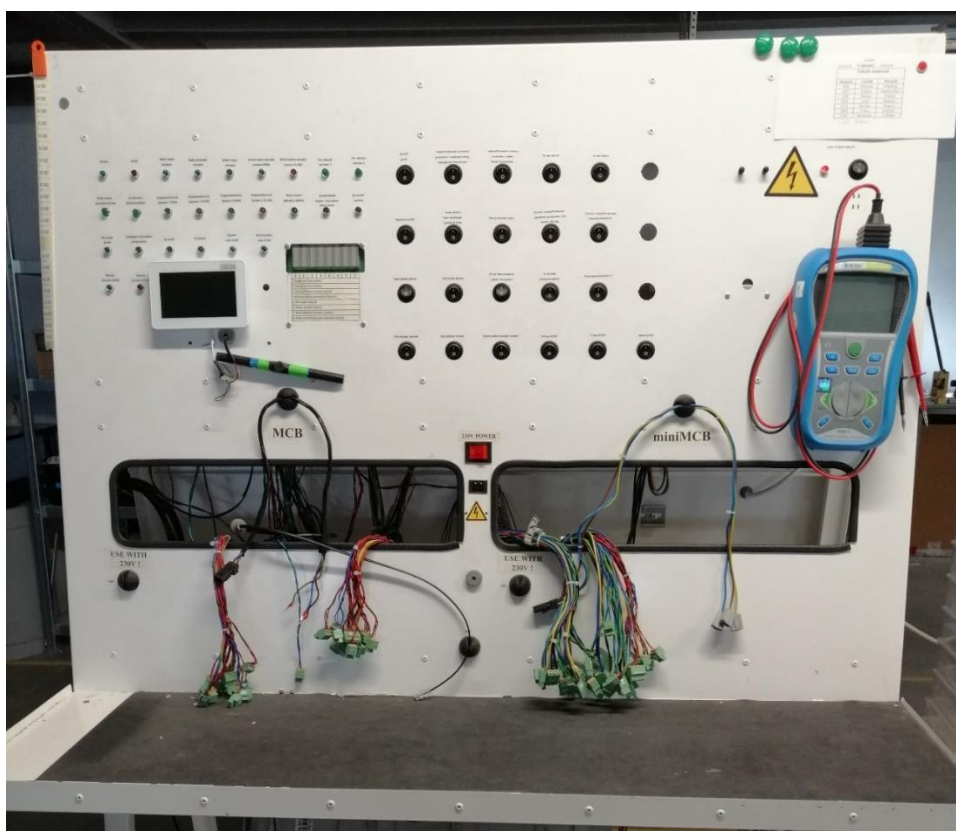
Kita probleminė pozicija su 15% reikšme yra temperatūros jutiklių duomenų vertinimas. Ši procedūra trunka tiek laiko, nes:

- Nėra iš anksto prijungtų jutiklių
- Jutiklių prijungimui reikalinga principinė schema
- Būtinai tiesioginis šilumos poveikis į jutiklį

3. Patikros standų apžvalga

3.1 Gamyboje naudojami patikros standai

Įmonėje automatikų gamybos linijoje esantys patikros standai gali patikrinti tik tam tikros konstrukcijos ir konfigūracijos automatikas. Vienas iš patikros standų yra „MCB valdiklio patikros“, šis standas buvo sukurtas prieš keletą metų įmonės inžinierių ir pritaikytas tikrinti automatikas su MCB arba mini MCB valdikliu (žr. 11 pav.)



11 pav. MCB patikros standas

Šio stendo privalumai:

- Gali tikrinti visus valdiklio įėjimus ir išėjimus
- Kiekvieną funkciją galima įjungti ir išjungti jungtuku

Trūkumai:

- Ilgai trunka jungčių prijungimas
- Nėra apsaugos nuo laidų sumaišymo
- Per daug mygtukų, painus išdėstymas
- Patikra atliekama rankiniu būdu

Kitas dažnai naudojamas patikros stendas skirtas tikrinti „Novatys“ gaminių serijos automatikas su 2VV valdikliu. Šį stendą kūriau kaip savo baigiamąjį bakalauro darbą, džiugu, kad jis vis dar yra naudojamas kiekvieną dieną (žr. 12 pav.).



12 pav. „Novatys“ automatikų patikros stendas

Šio stendo privalumai:

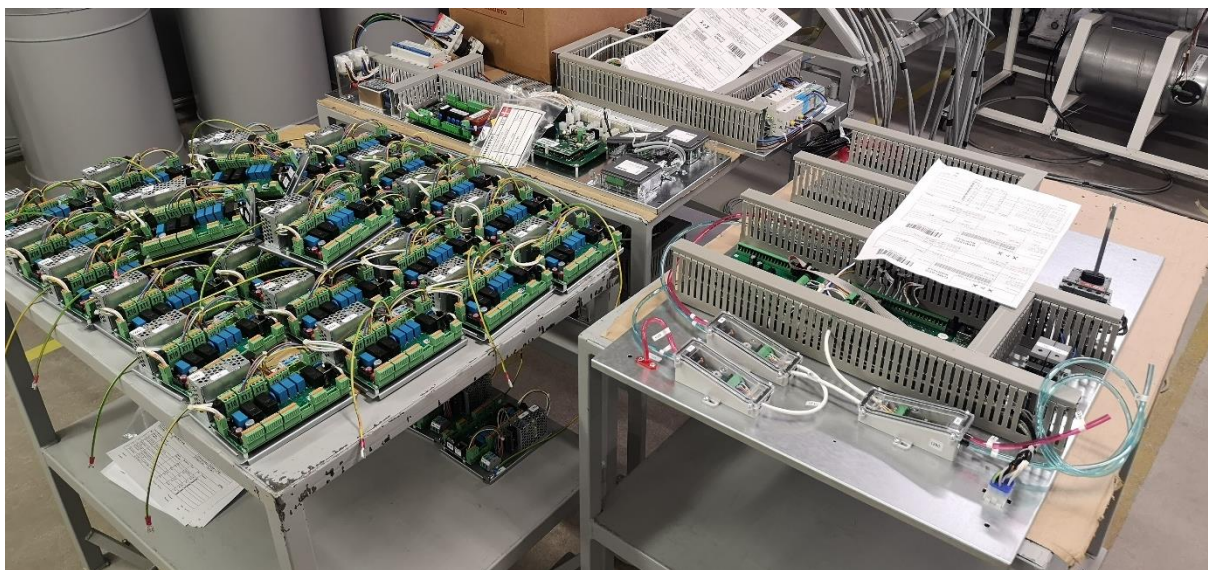
- Gali tikrinti visus „Novatys“ automatikos mazgus
- Mygtukai išdėstyti aiškiai ir pagal svarbą
- Sumaišius laidus vietomis stendas neįsijungia ir apie klaidą nurodo lemputės
- Greitas jungčių prijungimas

Trūkumai:

- Patikra atliekama rankiniu būdu naudojant valdymo pultą

Dar vienas patikros būdas yra pilnai rankinis, visi valdymo veiksmai atliekami per automatikos valdymo pultą, o matavimai atliekami multimetru. Tai pilnai rankinė patikra, kuri reikalauja aukštesnės kvalifikacijos darbuotojo indėlio nes grandinės tikrinamos pagal principinę schemą.

Visi šiuo metu įmonėje naudojami automatikų patikros metodai atliekami rankiniu būdu, tai neleidžia sparčiai ir kokybiškai atlikti automatikos patikros, reikalauja patyrusių darbuotojų indėlio. Esant dideliame apkrovimui yra nespėjama su patikra (žr. 13 pav.), o tai reikšmingai blogina rekuperatorių linijos našumą, gamybos laiką ir kokybės rezultatus



13 pav. Automatikos paruoštos tikrinimui

3.2 Kiti patikros standai

Rinkoje galima rasti įvairių patikros standų (žr. 5 lentelė), tačiau jie yra labai specializuoti, t. y. skirti tik tam tikriems mazgams tikrinti. Kadangi automatikos pusgaminis nėra galutinis gaminy skirtas pardavimui, todėl rinkoje nėra pritaikytų standų automatikų patikroms. Kiekvienas gamintojas stengiasi atrasti tokius patikros būdus, kurie užtikrintų jo gaminių kokybę. Praktiškai neįmanoma rasti paruoštą produktą, kuris tiktų konkrečios automatikos automatinei patikrai, todėl yra ieškoma sprendimų įmonės viduje. Žinoma yra galimybė užsakyti projektavimą iš išorės, tačiau stando kaina taptų neadekvati, o techninė priežiūra ir gedimų taisymas būtų komplikuoti.

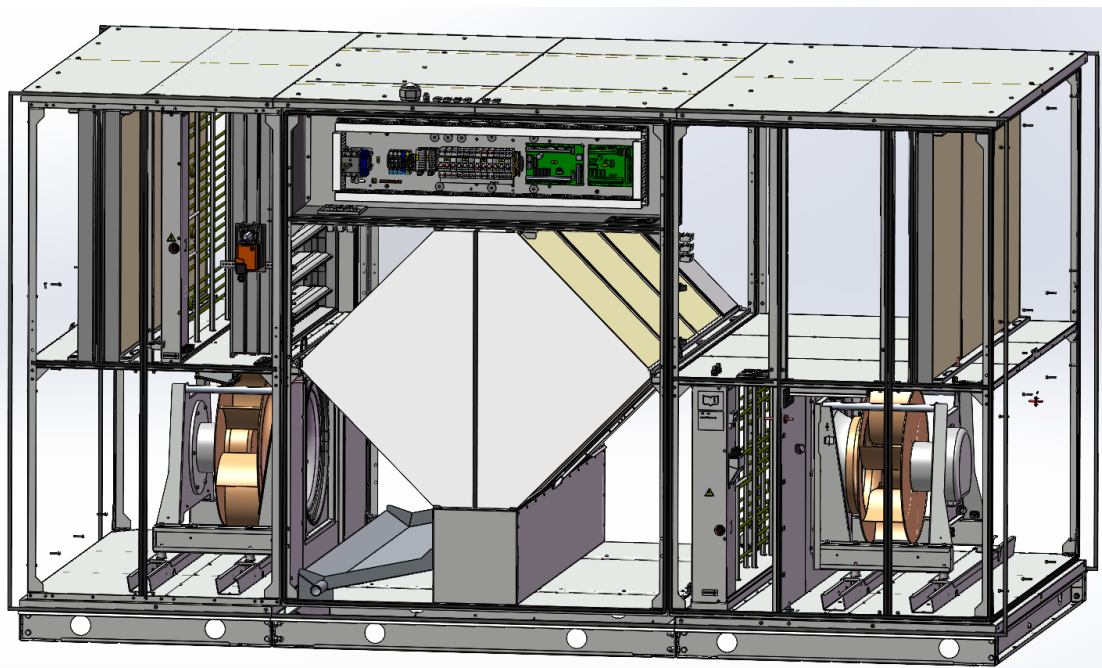
5 lentelė. Stendų pavyzdžiai

Stendo vaizdas	Paskirtis
	<p>„System Controls“ orlaivių komponentų, matavimo ir kalibravimo stendas. Nuoroda internete</p>
	<p>„Masibus“ automatinis slėgio ir temperatūrų kalibravimo stendas Nuoroda internete</p>
	<p>„Wabtec“ bandymų stendas skirtas atlikti elektrinius arba elektromechaninius bandymus Nuoroda internete</p>

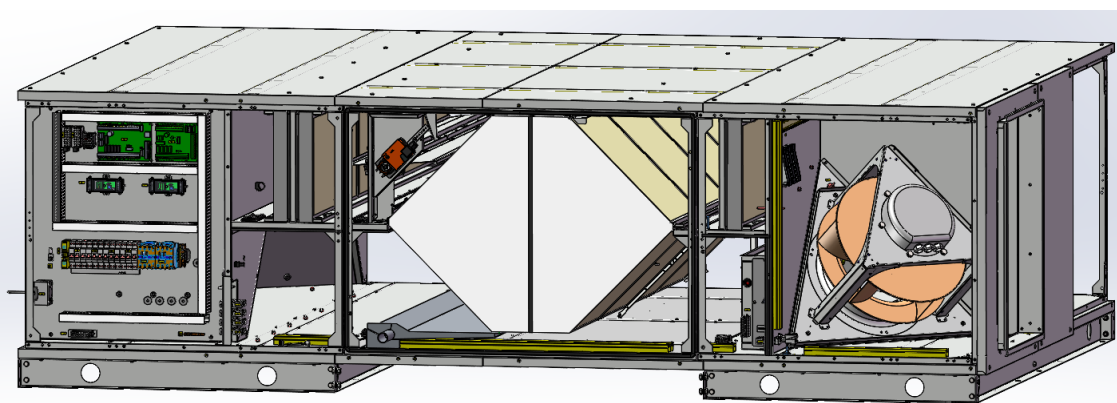
4. Tikrinamų automatikų aibės nustatymas

4.1 „Powerbox“ rekuperatorių serija

Stendas projektuojamas „Powerbox“ rekuperatorių automatikoms tikrinti. „Powerbox“ rekuperatorių seriją sudaro dviejų tipų įrenginiai: Vertikalūs (žr. 14 pav.) ir Horizontalūs (žr. 15 pav.). Pagal funkcionalumą gaminiai iš esmės yra vienodi, skiriasi tik konstrukcinis išpildymas.



14 pav. Vertikalus rekuperatorius



15 pav. Horizontalus rekuperatorius

Kiekvienas tipas (V arba H) turi šešias komplektacijas, jos skiriasi mazgų kiekiu ir funkcionalumu (žr. 6 lentelė).

6 lentelė. „Powerbox“ gaminių komplektacijos

Nr.	Komplektacijos pavadinimas	Aprašymas
1	Powerbox EMPTY	Bazinis variantas (BV) su pagrindiniais mazgais*
2	Powerbox EL	BV + elektrinis šildytuvas
3	Powerbox EL-P	BV + elektrinis šildytuvas + pašildytuvas
4	Powerbox P	BV + pašildytuvas
5	Powerbox EC	BV + vandeninis šildytuvas
6	Powerbox EC-P	BV + vandeninis šildytuvas + pašildytuvas

*Pagrindinius gaminio mazgus sudaro: tiekiamo oro ventiliatorius, ištraukiamo oro ventiliatorius, apėjimo sklendė, jutikliai.

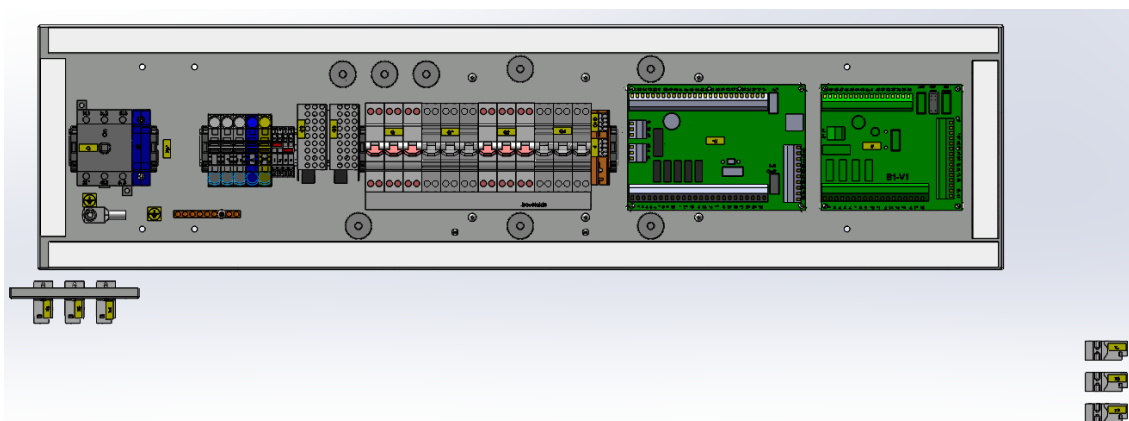
„Powerbox“ gaminių seriją sudaro įvairių dydžių įrenginiai, vertikalus tipas turi 8, o horizontalus 6 dydžius (žr. 7 lentelė). Kiekvienas iš dydžių turi 6 anksčiau paminėtas komplektacijas. Pagal į patalpą tiekiamo oro linijos prijungimo pusę gaminiai skirstomi į dešinius (Right) ir kairinius (Left). Tai padvigubina bendrą gaminių kiekį, tačiau stendo sudėtingumui įtakos neturi, kadangi kairinė versija yra dešinės versijos veidrodinis atspindys. Visą „Powerbox“ seriją sudaro virš 400 vėdinimo įrenginių.

7 lentelė. „Powerbox“ įrenginių dydžiai

Nr.	Įrenginio dydis	Komplektacija	Right	Left	V tipas	H tipas
1	600	EMPTY EL EL-P P EC EC-P	+	+	+	
2	1000		+	+	+	+
3	1500		+	+	+	+
4	2000		+	+	+	+
5	3000		+	+	+	+
6	4000		+	+	+	+
7	5000		+	+	+	+
8	9000		+	+	+	

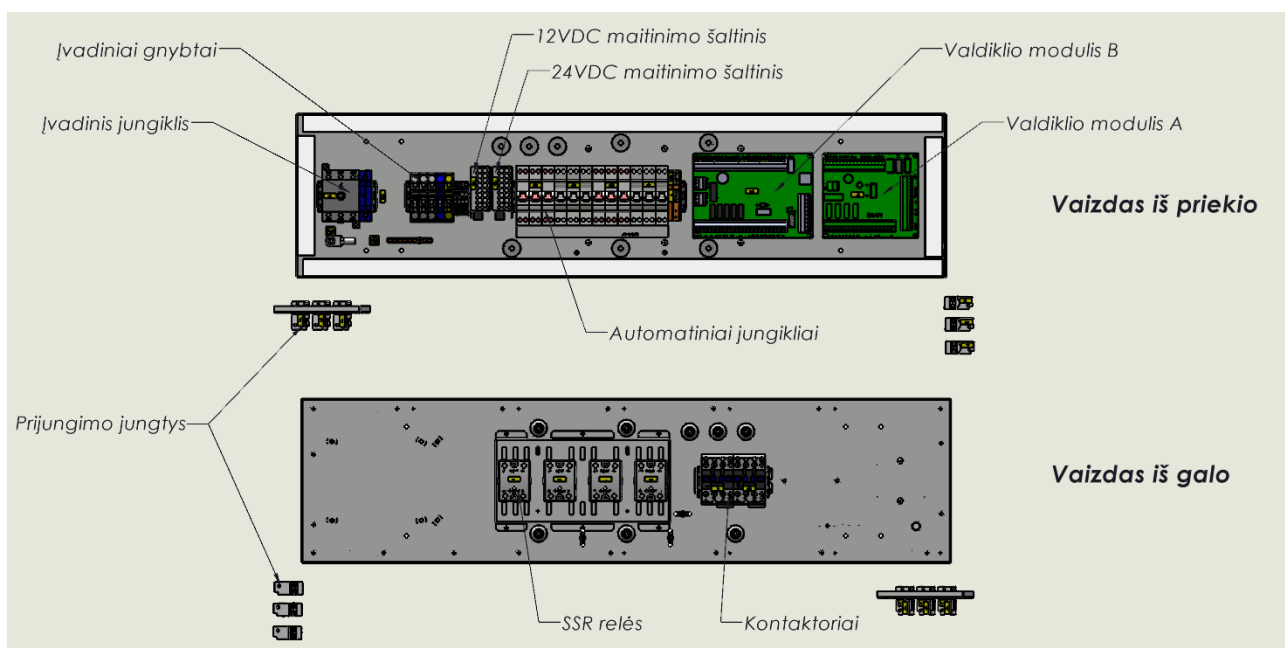
4.2 „Powerbox“ įrenginių automatikos

Atsižvelgiant į konstrukciją, „Powerbox“ įrenginiams yra suprojektuotos automatikos, kurios skiriasi gabaritais ir komponentų išdėstymu. Automatikų montavimo vieta įrenginyje yra skirtingose vietose, todėl skiriasi maksimalus prijungiamų jungčių kiekis ir sujungiamos grandinės jose. Vertikaliems įrenginiams automatikos padėtis horizontali (žr. 16 pav.).



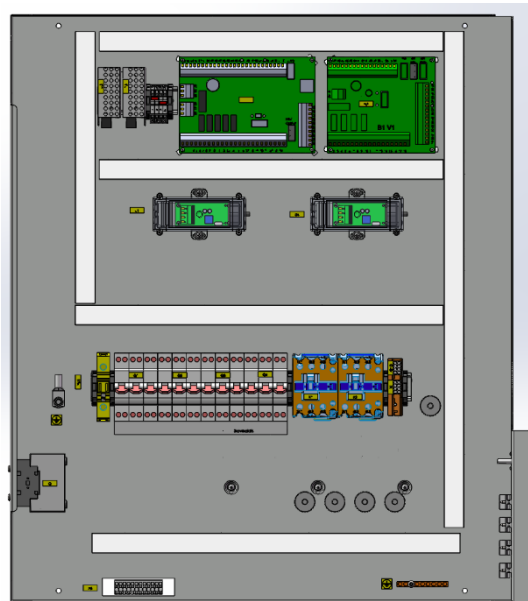
16 pav. Automatika V tipo rekuperatoriui

Žemiau esančiame paveiksle nurodyti pagrindiniai automatikos komponentai ir jų padėtis ant pado, šonuose pavaizduotos prijungimo jungtys. Kaip pavyzdys paimta daugiausiai komponentų turinti EL-P automatikos komplektacija (žr. 17 pav.).



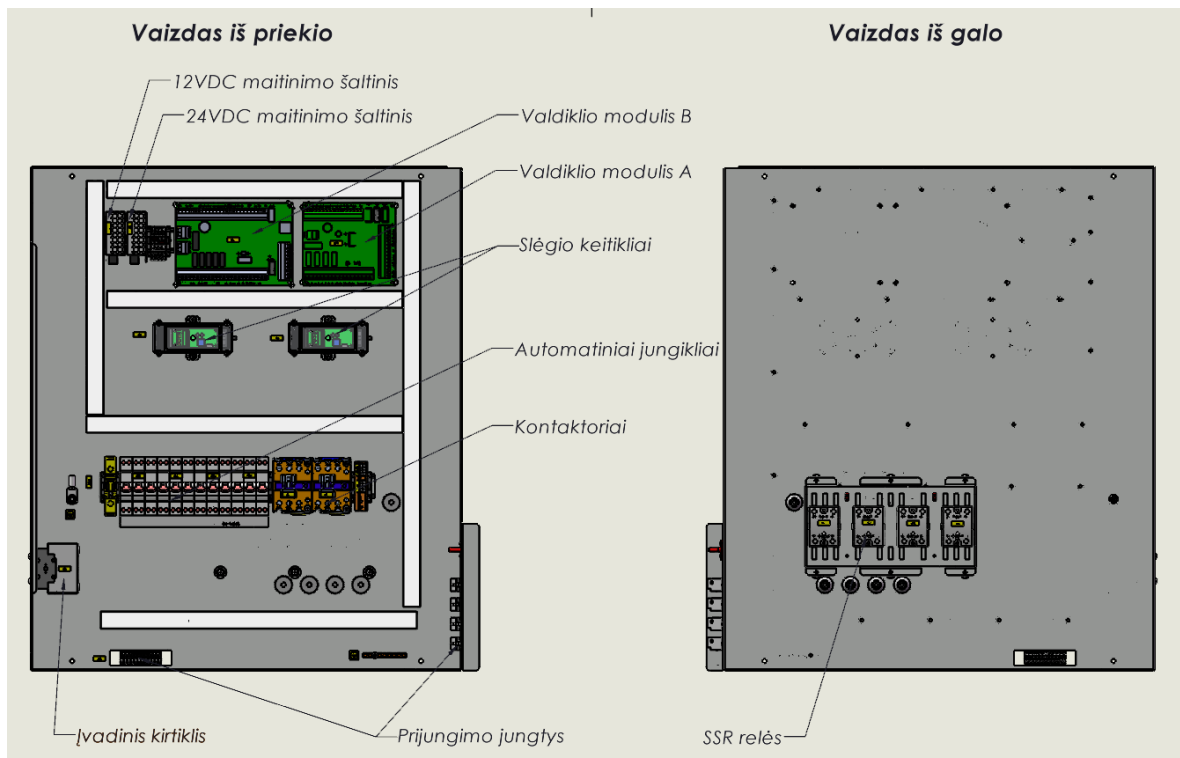
17 pav. V tipo automatikos elementai

Horizontaliems įrenginiams automatikos padėtis vertikali (žr. 18 pav.).



18 pav. Automatika H tipo rekuperatoriui

Žemiau esančiame paveiksle nurodyti pagrindiniai automatikos komponentai ir jų padėtis ant pado, šonuose pavaizduotos prijungimo jungtys. Kaip pavyzdys paimta daugiausiai komponentų turinti EL-P automatikos komplektacija (žr. 19 pav.).



19 pav. H tipo automatikos elementai

4.3 V tipo automatikos mazgų jungimas „Wago“ jungtys

V tipo automatikos turi 6 „Wago“ dvylikos kontaktų jungtis, visos yra kištukai. Maksimalus jungčių kiekis kiekviename šone yra po 3 vienetus, jis skiriasi priklausomai nuo dydžio. Jungčių žymėjimas nuo X1 iki X6. „Powerbox“ V 1000 mazgai nurodyti lentelėje (žr. 8 lentelė). Visi sutrumpinimai ir žymėjimai paaiškinti skyriaus pabaigoje.

8 lentelė. „Powerbox“ V 1000 jungimas

Gaminys		Wago 12k jungtis	Wago 12k jungties kontakto numeris ir signalas												Mazgo pavadinimas						
Tipas	Dydis		Kolektacija	1 K	2 K	3 K	4 K	5 K	6 K	7 K	8 K	9 K	10 K	11 K				12 K			
V	1000	EMPTY (BV)	X2	PE	N	L1		termo(GND,40)	GND	0-10V							Ventiliatorius				
			X3	3 LP (30-33)				SUP2 (49,50)	ETA (51,52)	SUP1 (47,48)								Slėgio keitikliai	Jutiklis		
			X5	PE	N	L1		termo(GND,33)	GND	0-10V								Ventiliatorius			
			X6	2 LP (26-29)				ODA (45,46)	EHA (53,54)	GND	24V	0-10V						Slėgio keitikliai	Jutiklis	Bypass	
		EL	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)										Šildytuvai			
		EL-P	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)											Šildytuvai		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)											Pašildytuvai		
		P	X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)											Pašildytuvai		
		EC	X3												Water (40,41)				Jutiklis		
		EC-P	X3												Water (40,41)				Jutiklis		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)											Pašildytuvai		

V tipo 1500-3000 dydžio automatikoms keičiasi vienas slėgio jutiklių modelis į aukšto slėgio (HP) X3 ir X6 jungtys (žr. 9 lentelė).

9 lentelė. „Powerbox“ V 1500-2000-3000 jungimas

Gaminys		Wago 12k jungtis	Wago 12k jungties kontakto numeris ir signalas												Mazgo pavadinimas						
Tipas	Dydis		Kolektacija	1 K	2 K	3 K	4 K	5 K	6 K	7 K	8 K	9 K	10 K	11 K				12 K			
V	1500 2000 3000	EMPTY (BV)	X2	PE	N	L1		termo(GND,40)	V.GND	0-10V							Ventiliatorius				
			X3	1 HP, 2 LP (30-33)				SUP2 (49,50)	ETA (51,52)	SUP1 (47,48)								Slėgio keitikliai	Jutiklis		
			X5	PE	N	L1		termo(GND,33)	V.GND	0-10V								Ventiliatorius			
			X6	1 HP, 1 LP (26-29)				ODA (45,46)	EHA (53,54)	GND	24V	0-10V						Slėgio keitikliai	Jutiklis	Bypass	
		EL	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)										Šildytuvai			
		EL-P	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)											Šildytuvai		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)											Pašildytuvai		
		P	X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)											Pašildytuvai		
		EC	X3												Water (40,41)				Jutiklis		
		EC-P	X3												Water (40,41)				Jutiklis		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)											Pašildytuvai		

V tipo 4000-5000 dydžio automatikose naudojami trifaziai varikliai be N laidininko, X2 ir X5 jungtys (žr. 10 lentelė).

10 lentelė. „Powerbox“ V 4000-5000 jungimas

Gaminy		Wago 12k jungtis	Wago 12k jungties kontakto numeris ir signalas												Mazgo pavadinimas				
Tipas	Dydis		Kolektacija	1 K	2 K	3 K	4 K	5 K	6 K	7 K	8 K	9 K	10 K	11 K				12 K	
V	4000 5000	EMPTY (BV)	X2	PE	L1	L2	L3	termo(GND,40)	V.GND	0-10V						Ventiliatorius			
			X3	1 HP, 2 LP (30-33)				SUP2 (49,50)	ETA (51,52)	SUP1 (47,48)						Slėgio keitikliai	Jutiklis		
			X5	PE	L1	L2	L3	termo(GND,33)	V.GND	0-10V							Ventiliatorius		
			X6	1 HP, 1 LP (26-29)				ODA (45,46)	EHA (53,54)	GND	24V	0-10V					Slėgio keitikliai	Jutiklis	Bypass
		EL	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)				Š - PE	L1	L2	L3	Šildytuvas			
		EL-P	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)				Š - PE	L1	L2	L3	Šildytuvas			
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)				P - PE	L1	L2	L3	Pašildytuvas			
		P	X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)				P - PE	L1	L2	L3	Pašildytuvas			
		EC	X3												Water (40,41)		Jutiklis		
		EC-P	X3												Water (40,41)		Jutiklis		
			X4	P - PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)				P - PE	L1	L2	L3	Pašildytuvas			

V tipo 9000 dydžio automatikoms keičiasi slėgio jutiklių modelis, atsiranda 2 vnt. aukšto slėgio (HP) X3 ir X6 jungtys (žr. 11 lentelė).

11 lentelė. „Powerbox“ V 9000 jungimas

Gaminy		Wago 12k jungtis	Wago 12k jungties kontakto numeris ir signalas												Mazgo pavadinimas			
Tipas	Dydis		Kolektacija	1 K	2 K	3 K	4 K	5 K	6 K	7 K	8 K	9 K	10 K	11 K				12 K
V	9000	EMPTY (BV)	X2	V - PE	L1	L2	L3	√.termo(GND,40)	V.GND	0-10V						Ventiliatorius		
			X3	2 HP, 1 LP (30-33)				SUP2 (49,50)	ETA (51,52)	SUP1 (47,48)						Slėgio keitikliai	Jutiklis	
			X5	V - PE	L1	L2	L3	√.termo(GND,33)	V.GND	0-10V						Ventiliatorius		
			X6	1 HP, 1 LP (26-29)				ODA (45,46)	EHA (53,54)	Pv.GND	24V	0-10V					Slėgio keitikliai	Jutiklis
		EL	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)				PE	L1	L2	L3	Šildytuvas		
		EL-P	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)				PE	L1	L2	L3	Šildytuvas		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)				PE	L1	L2	L3	Pašildytuvas		
		P	X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)				PE	L1	L2	L3	Pašildytuvas		
		EC	X3												Water (40,41)		Jutiklis	
		EC-P	X3												Water (40,41)		Jutiklis	
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)				PE	L1	L2	L3	Pašildytuvas		

4.4 H tipo automatikos mazgų jungimas „Wago“ jungtyse

H tipo automatikos turi 5 „Wago“ dvylikos kontaktų jungtis, keturios iš jų yra kištukai ir viena lizdinė jungtis. Maksimalus jungčių kiekis yra 4 vnt. vienoje pusėje ir 1 kitoje. Kiekis skiriasi priklausomai nuo dydžio. Jungčių žymėjimas nuo X1 iki X5. „Powerbox“ H 1000 mazgai nurodyti lentelėje (žr. 12 lentelė). Visi sutrumpinimai ir žymėjimai paaiškinti skyriaus pabaigoje.

12 lentelė. „Powerbox“ H 1000 jungimas

Gaminys		Wago 12k jungtis	Wago 12k jungties kontakto numeris ir signalas												Mazgo pavadinimas					
Tipas	Dydis		Kolektacija	1 K	2 K	3 K	4 K	5 K	6 K	7 K	8 K	9 K	10 K	11 K				12 K		
H	1000	EMPTY (BV)	X1							ODA (45,46)	GND	24V	0-10V				Jutiklis	Bypass		
			X2	PE	N	L1		termo (GND,40)	GND	0-10V							Ventiliatorius			
			X3	3 LP (30-33)				SUP2 (49,50)	ETA (51,52)	EHA (53,54)	SUP1 (47,48)						Slėgio keitikliai	Jutiklis		
			X5	PE	N	L1		termo (GND,33)	GND	0-10V							Ventiliatorius			
		EL	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)									Šildytuvas			
		EL-P	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)										Šildytuvas		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)										Pašildytuvas		
		P	X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)										Pašildytuvas		
		EC	X3										Water (40,41)					Jutiklis		
		EC-P	X3										Water (40,41)					Jutiklis		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)										Pašildytuvas		

H tipo 1500-3000 dydžio automatikoms keičiasi slėgio jutiklių modelis, vietoje žemo slėgio (LP) atsiranda 1 aukšto slėgio (HP) (žr. 13 lentelė).

13 lentelė. „Powerbox“ H 1500-2000-3000 jungimas

Gaminys		Wago 12k jungtis	Wago 12k jungties kontakto numeris ir signalas												Mazgo pavadinimas					
Tipas	Dydis		Kolektacija	1 K	2 K	3 K	4 K	5 K	6 K	7 K	8 K	9 K	10 K	11 K				12 K		
H	1500 2000 3000	EMPTY (BV)	X1							ODA (45,46)	GND	24V	0-10V				Jutiklis	Bypass		
			X2	PE	N	L1		termo (GND,40)	GND	0-10V							Ventiliatorius			
			X3	1 HP,2 LP (30-33)				SUP2 (49,50)	ETA (51,52)	EHA (53,54)	SUP1 (47,48)						Slėgio keitikliai	Jutiklis		
			X5	PE	N	L1		termo (GND,33)	GND	0-10V							Ventiliatorius			
		EL	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)									Šildytuvas			
		EL-P	X1	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (1,4)										Šildytuvas		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)										Pašildytuvas		
		P	X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)										Pašildytuvas		
		EC	X3										Water (40,41)					Jutiklis		
		EC-P	X3										Water (40,41)					Jutiklis		
			X4	PE	L1	L2	L3	AT1+RT1 (2,3)										Pašildytuvas		

Simbolių ir jų reikšmių paaiškinimas (žr. 14 lentelė).

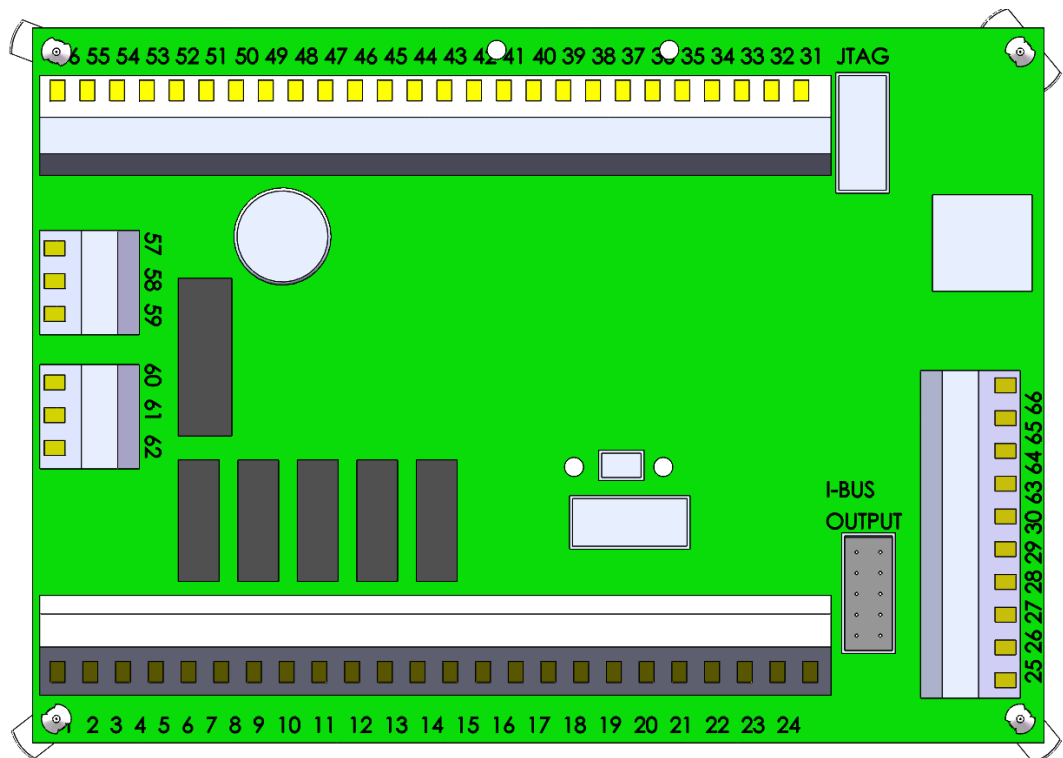
14 lentelė. Simbolių panaudotų 8-13 lentelėse reikšmės

Simbolis	Reikšmė
X	Stendo pajungimų 1 mazgas
X	Stendo pajungimų 2 mazgas
PE	Žemė
N	Nulis
L1/L2/L3	Fazė
Termo	Variklio termoapsaugos kontaktai
GND	Žemė
0-10V	Valdymo signalas
24V	Maitinimo įtampa
3LP	Žemo slėgio keitiklis 3vnt.
2LP	Žemo slėgio keitiklis 2vnt.
1HP,2LP	Aukšto slėgio keitiklis 1vnt., žemo slėgio keitiklis 2 vnt.
1HP,1LP	Aukšto slėgio keitiklis 1vnt., žemo slėgio keitiklis 1 vnt.
2HP,1LP	Aukšto slėgio keitiklis 2vnt., žemo slėgio keitiklis 1 vnt.
AT1+RT1	Automatinė+Rankinė apsauga
Water	Vandeninis jutiklis
SUP1	Tiekiamo oro jutiklis prieš šilumokaitį
SUP2	Tiekiamo oro jutiklis už šilumokaičio
ETA	Ištraukiamo oro jutiklis
EHA	Išmetamo oro jutiklis
ODA	Lauko temperatūros jutiklis

5. Testuojamos automatikos komponentai

5.1 Valdiklis

OxeoTouch2 – modulinė valdymo sistema, skirta rekuperacijos arba vėdinimo įrenginių valdymui reguliuoti. Ji sudaryta iš pagrindinio modulio A ir išplėstinio B. A modulis yra pagrindinė valdymo plokštė (žr. 20 pav.), ji skirta komponentų bei papildomų modulių valdymui, užtikrina ryšį tarp jų per Modbus RTU².



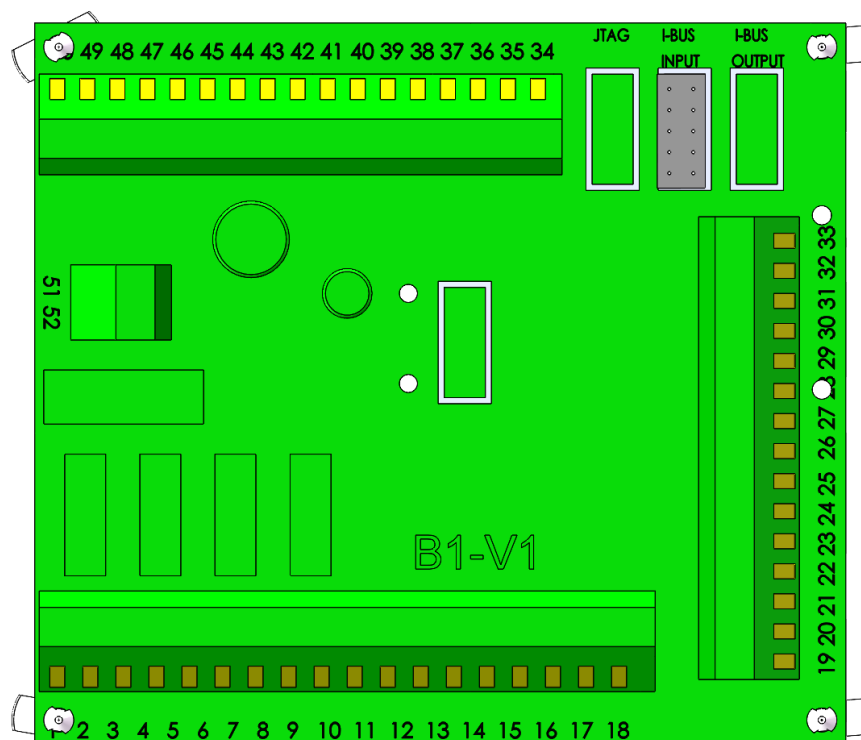
20 pav. A modulis

Modulio pagrindinės savybės:

- Maitinimas +12VDC
- Fazinės įtampos apsauga 2A
- RJ485 jungtis
- Valdymo pulto prijungimas
- Skaitmeninis išėjimas (DO) 5 vnt.
- Skaitmeninis įėjimas (DI) 5 vnt.
- Analoginis išėjimas (AO) 5 vnt.
- NTC jutiklių prijungimas 6 vnt.

² Modbus RTU (Modbus Remote Terminal Unit) – Ryšio protokolas naudojamas nuosekliam ryšiui tarp įrenginių

B modulis skirtas išplėtimui, papildomų mazgų prijungimui (žr. 21 pav.).



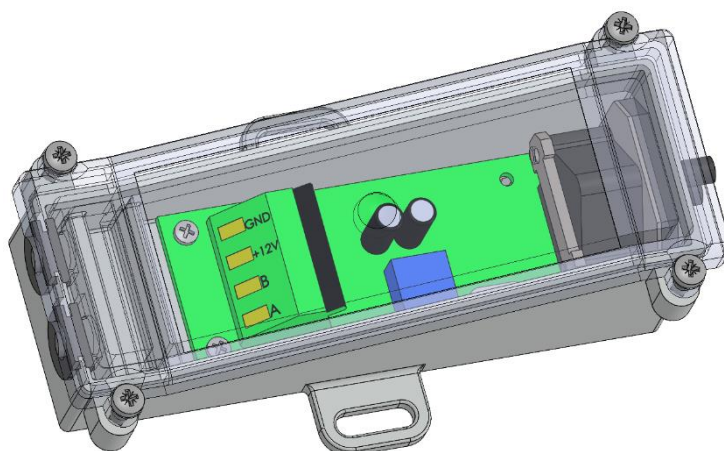
21 pav. B modulis

Modulio pagrindinės savybės:

- Maitinimas ir komunikacija tarp modulių per I-BUS jungtį
- Dvi linijos slėgio keitiklių prijungimui
- Analoginis išėjimas (AO) 3 vnt.
- NTC jutiklių prijungimas 4 vnt.

5.2 Slėgio keitikliai

Slėgio keitikliai (žr. 22 pav.) naudojami užfiksuoti slėgio skirtumą tarp dviejų taškų ir perduoti informaciją per išplėtimo modulį B į modulį A .



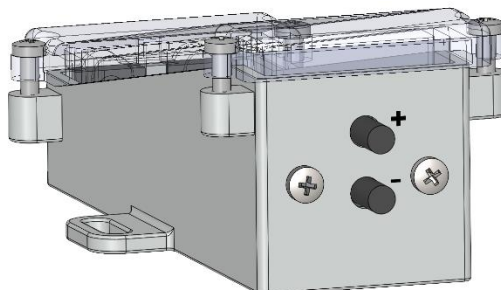
22 pav. Slėgio keitiklis

Ant keitiklio plokštės yra BCD³ perjungėjas, juo galima nustatyti jutiklio adresą. Parinktas adresas nustato kam bus naudojamas keitiklis. Gali būti naudojami adresai nuo 0 iki 9.

Keitiklio pagrindinės savybės:

- Maitinimas +12VDC
- Žemo slėgio keitiklis (LP - Low pressure) kurio diapazonas iki 600 Pa⁴
- Aukšto slėgio keitiklis (HP - High pressure) kurio diapazonas iki 1600 Pa

Keitiklio šone yra šlangučių prijungimo antgaliai su + ir – reikšme (žr. 23 pav.). Prie plusinio antgalio prijungiama šlangutė su teigiamu slėgiu, o prie minusinio antgalio - neigiamu slėgiu.



23 pav. Slėgio keitiklio + ir - antgaliai

³ BCD (Binary coded decimal) - Dvejetainiu kodu užkoduotas dešimtainis kodas

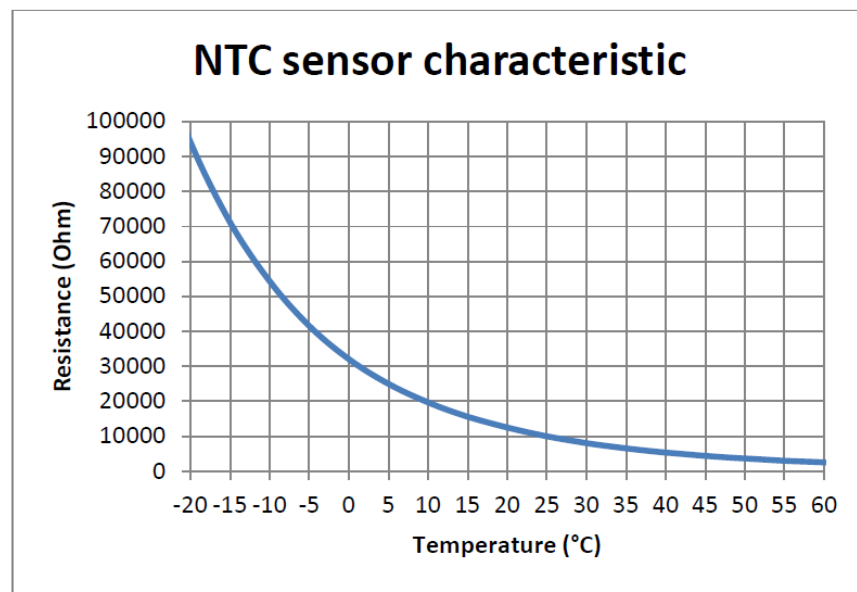
⁴ Pa - Slėgio matavimo vienetas. 1 paskalis = 0.000010 bar

5.3 Temperatūros jutikliai

Prie A ir B valdymo modulių gali būti prijungiami NTC⁵ jutikliai, jų charakteristika pavaizduota paveiksle (žr. 24 pav.).

Jutiklių pagrindinės savybės:

- Matavimo tikslumas yra ± 1 °C
- Matavimo ribos nuo -35°C iki +60°C
- Matavimo rezoliucija 0,1°C



24 pav. NTC jutiklio charakteristika

5.4 Kiti komponentai

- Nuolatinės įtampos maitinimo šaltiniai +12VDC, +24VDC
- Gnybtai, jungtys, kirtikliai, laikikliai
- Automatiniai jungikliai, kontaktoriai
- SSR⁶ relės su 0-10V valdymu

⁵ NTC - Temperatūros jutiklio modelis turintis mažesnę varžą aukštesnėje temperatūroje

⁶ SSR (Solid state relay) - Kieto kūno relė

6. Patikros stendo projektavimas

Patikros stendo projektas sudarytas iš 3 dalių: mechaninės, elektrotechninės, testavimo.

Mechaninę dalį sudaro:

- „Solidworks“⁷ programa suprojektuotas 3D stendo vaizdas
- Pavaizduotas automatikos skydas su vidiniais komponentais
- Numatytas vežimėlis su ratukais transportavimui
- Pavaizduoti papildomi išoriniai mazgai
- Pavaizduota stendo komponentų struktūra

Elektrotechninę dalį sudaro:

- Principinės schemos nubraižytos „Solidworks Electrical“⁸ programa
- Komponentų apžvalga ir paskirtis

Testavimo dalį sudaro:

- „Camunda“⁹ programa pavaizduotas automatikos patikros procesas
- Pavaizduotas testavimo procesas
- Aprašyta testavimo eiga, grandinių veikimas

Atsižvelgiant į pirmame skyriuje aptartus automatikų patikros trūkumus, naujai kuriamam stendui bus taikomi sekantys reikalavimai:

- Saugumas.
Darbuotojų saugumas pagrindinis prioritetas.
- Išmanumas.
Automatikų patikra atliekama su minimaliu darbuotojo įsikišimu.
- Ergonomika.
Valdymo mygtukai aiškiai ir intuityviai išdėstyti, patogus jungčių prijungimas.
- Valdymo paprastumas.
Valdymo veiksmų seka aiški ir lengvai perprantama.

⁷ „Solidworks“ – 3D modeliavimo programa

⁸ „Solidworks Electrical“ – 2D elektrinių grandinių braižymo programa

⁹ „Camunda“ – procesų braižymo programa

- Standartizavimas.
Stendą suprojektuoti pagal vidinius įmonės standartus.
- Kaina ir atsipirkimas.
Siekti mažiausios kainos ir atsiperkamumo per trumpiausią laiką

Priklausomai nuo įrenginio komplektacijos, automatika gali skirtis mazgų skaičiumi, todėl reikia numatyti visus įmanomus konfigūracijų derinius.

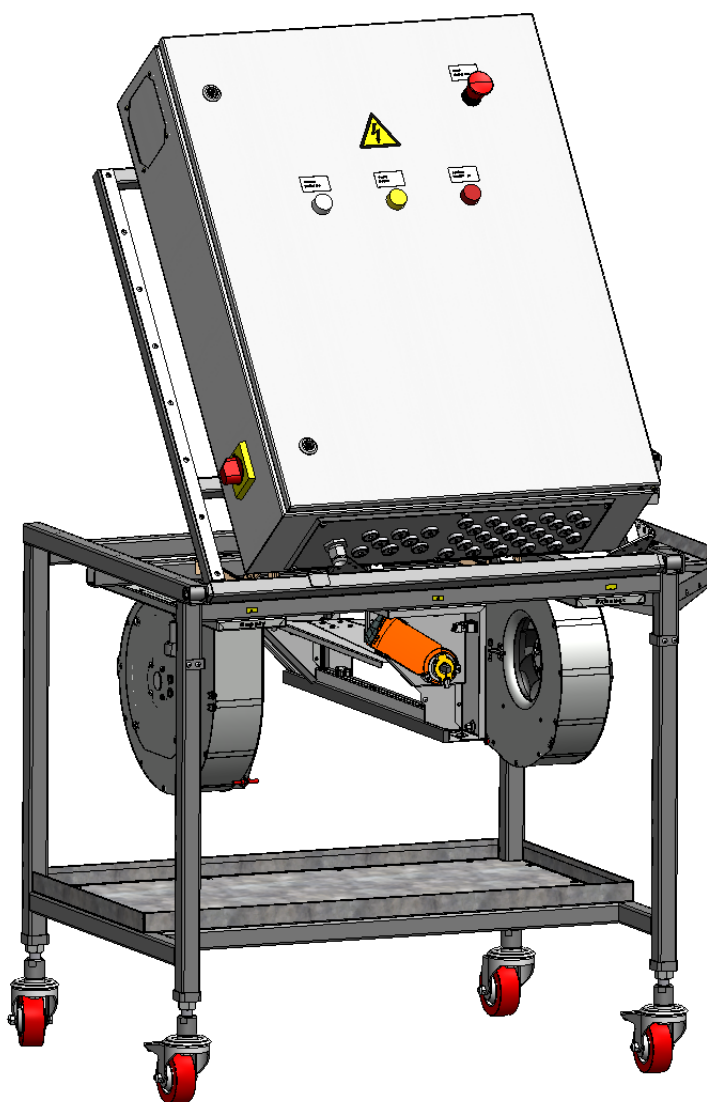
Trumpas grandinių bei mazgų sąrašas pateiktas lentelėje (žr. 15 lentelė).

15 lentelė. Grandinių bei mazgų trumpas sąrašas

Mazgo/Grandinės pavadinimas	Valdymas	Pastabos
Tiekiamo oro ventiliatorius	0-10V	1F / 3F
Ištraukiamo oro ventiliatorius	0-10V	1F / 3F
Elektrinis šildytuvas	0-10V	3F
Elektrinis pašildytuvas	0-10V	3F
Apėjimo sklendės pavara	24V / 0-10V	1F
Išorinės sklendės	230V	1F
Temperatūriniai jutikliai		(max 10 vnt.)
Slėgio jutikliai	Modbus	(max 5 vnt.)

6.1 Mechaninė dalis

Patikros stendo (žr. 25 pav.) komponentai yra sumontuoti metaliniame dažytame skyde kurio matmenys 800x600mm, skydas prisuktas prie transportuojamo vežimėlio. Mobilumas reikalingas tam, kad nesant poreikiui testuoti automatikas jį būtų galima atjungti ir patraukti į šoną. Prie vežimėlio primontuoti du ventiliatorių mazgai skirtingiems oro srautams fiksuoti. Tarp ventiliatorių sumontuota apėjimo sklendė (Bypass) su galinės padėties jungikliais, jungikliai fiksuoja sklendės atidarymo ir uždarymo momentą. Skydo apačioje numatytos kiaurymės su sandarikliais kabeliams praveisti.

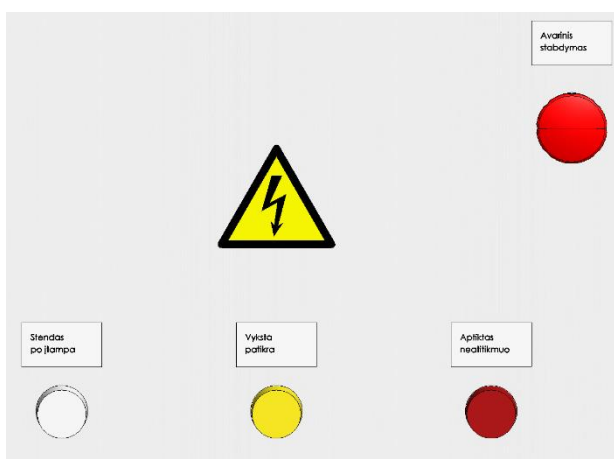


25 pav. Patikros stendas

Ant skydo durelių sumontuotas avarinio atjungimo jungiklis nutraukiantis įtampą testuojamai automatikai kai yra nuspaudimas ir trys skirtingų spalvų indikacinės lemputės indikuojančios stendo būseną (žr. 26 pav.).

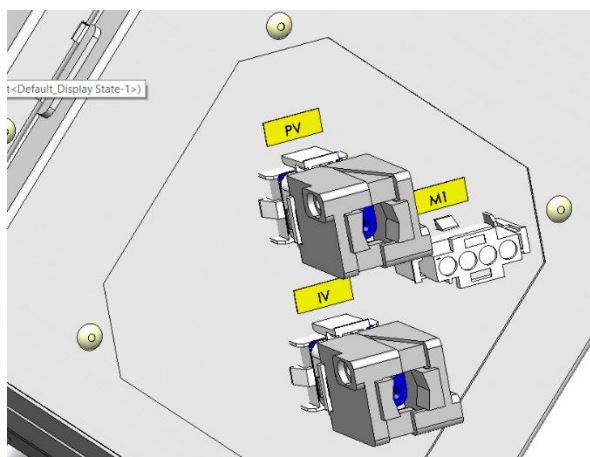
Indikacijų reikšmė:

- Stendas po įtampa – balta lemputė nurodo, kad stendas užmaitintas, įjungtas pagrindinis kirtiklis ir automatinis jungiklis.
- Vyksta patikra – geltona lemputė nurodo, kad testuojama automatika yra užmaitinta ir atliekami patikros veiksmai.
- Aptiktas neatitikmuo – raudona lemputė nurodo, kad testuojama automatika turi trūkumų ir juos reikia pašalinti. Testuojama automatika yra po įtampa.



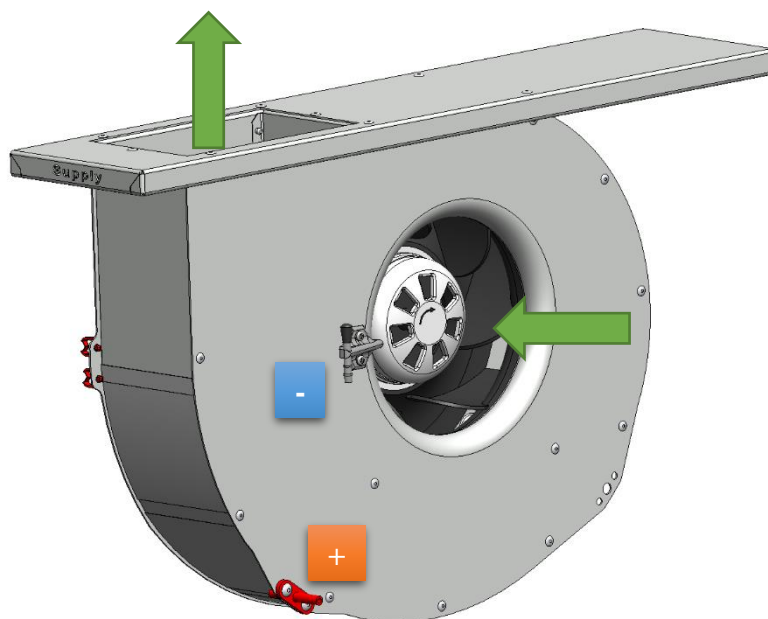
26 pav. Indikacija ant durų

Skydo šone sumontuotos jungtys išoriniams mazgams (žr. 27 pav.).



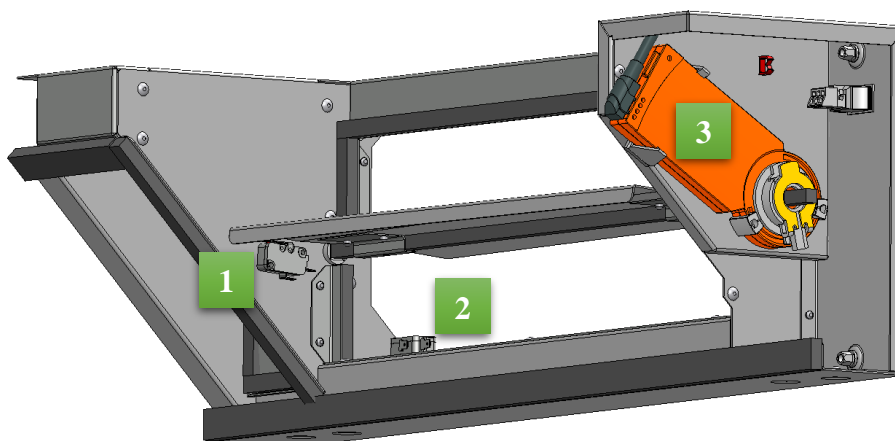
27 pav. Išorinių mazgų jungtys

Prie vežimėlio tvirtinami du vienodi ventiliatorių mazgai (žr. 28 pav.) su šlangučių prijungimo antgaliais. Oro srauto kryptis nurodyta rodyklėmis. Šlangučių prijungimo vieta pažymėta + ir –



28 pav. Ventiliatoriaus mazgas

Tarp ventiliatorių tvirtinama apėjimo sklendė su galinės padėties jungikliais (žr. 29 pav.).

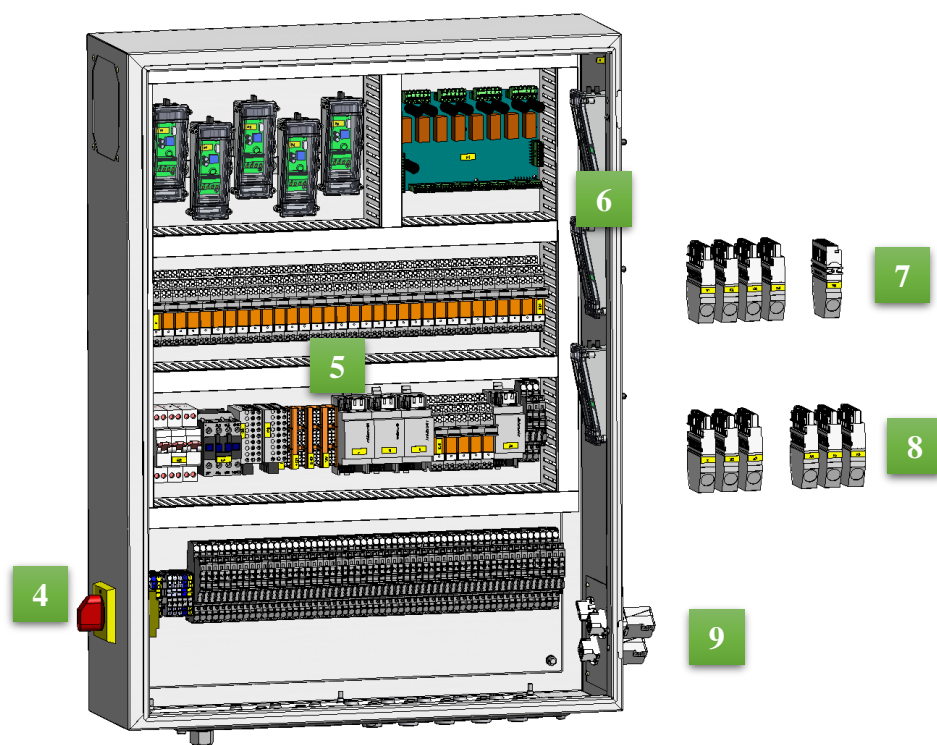


29 pav. Apėjimo sklendė

Komponentų numeracija ir paskirtis:

- 1 – Atidarytos sklendės padėties jungiklis
- 2 – Uždarytos sklendės padėties jungiklis
- 3 – Pavara

Stendo skyde sumontuoti komponentai ant šonų ir vidinio pado (žr. 30 pav.).



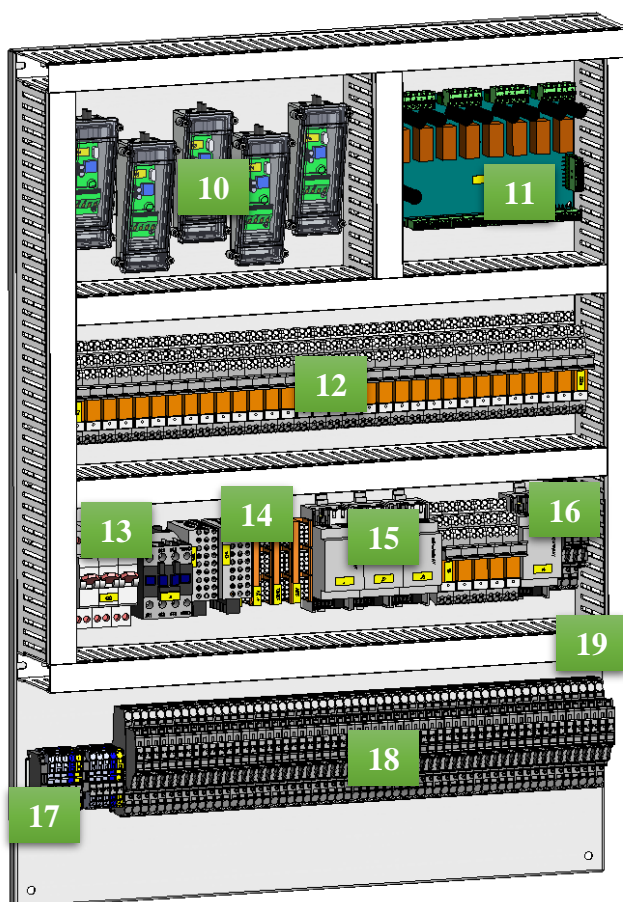
30 pav. Stendo automatika

Komponentų numeracija ir paskirtis:

- 4 – Pagrindinis kirtiklis
- 5 – Vidinis stendo padas su komponentais
- 6 – Slėgio keitikliai
- 7 – V tipo automatikų prijungimo jungčių komplektas
- 8 – H tipo automatikų prijungimo jungčių komplektas
- 9 – Išorinių mazgų prijungimo vieta

Testuojamų automatikų jungčių komplektai yra prijungti prie vidinių stendo rinklių. Jungčių tipas ir sujungimų skaičius parenkamas pagal situaciją t. y. tuo metu gautą testuoti automatiką, pvz. jei testuojama automatika yra V tipo tuomet parenkamas V tipo jungčių komplektas ir atsižvelgiant į žymėjimą prijungiama tiek jungčių kiekis yra automatikoje. Du jungčių komplektai numatyti nes V ir H automatikos turi skirtingą jungčių kiekį ir skiriasi prijungimas.

Ant vidinio pado sumontuoti pagrindiniai stendo komponentai (žr. 31 pav.).

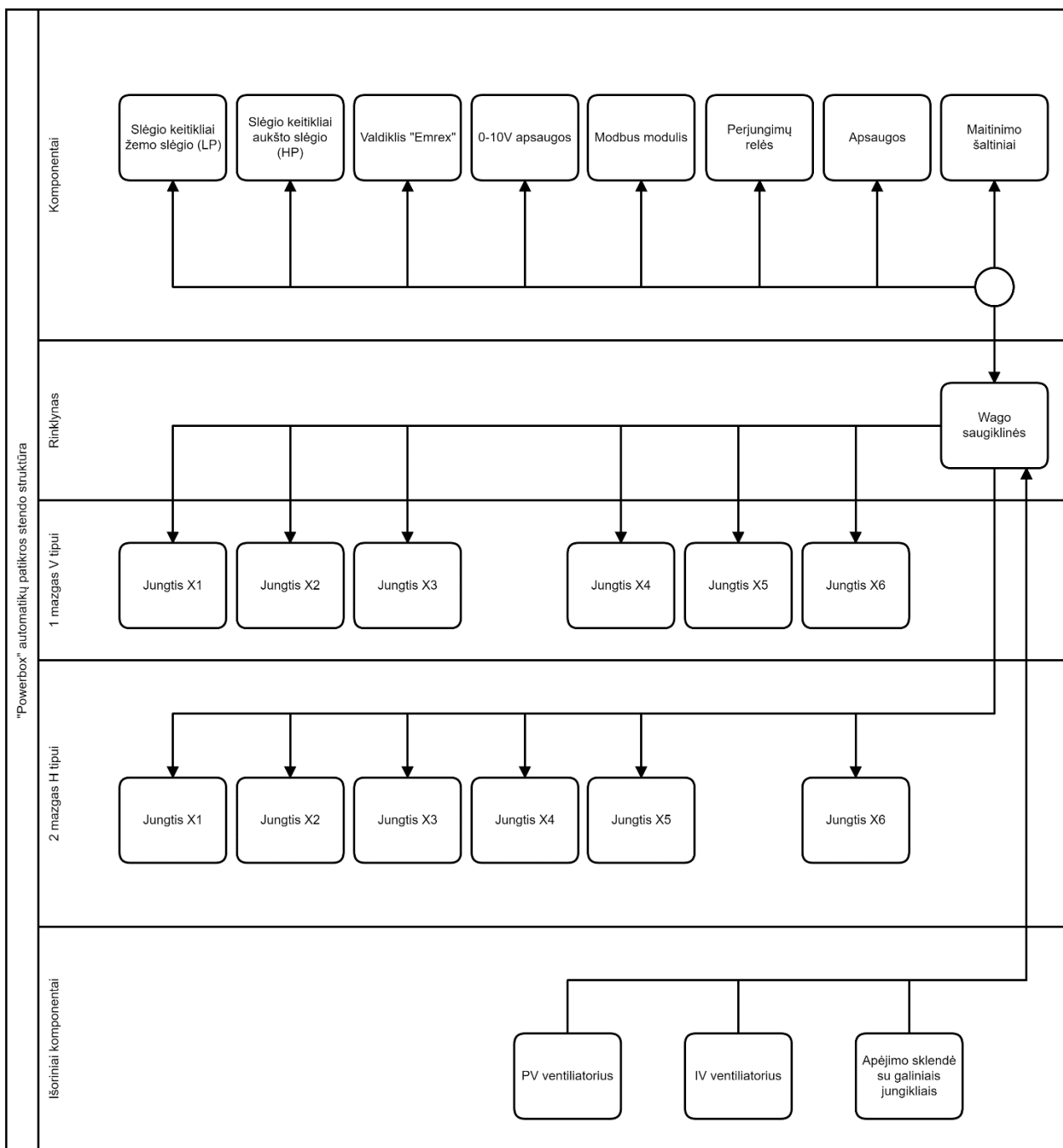


31 pav. Stendo automatikos vidinis padas

Komponentų numeracija ir paskirtis:

- 10 – Slėgio keitikliai
- 11 – Valdiklis „Emrex“ atgaliniam ryšiui
- 12 – Relės su lizdais grandinių komutacijai
- 13 – Apsaugos nuo trumpo jungimo, kontaktorius
- 14 – Maitinimo šaltiniai
- 15 – Apsaugos modulis 10VDC įtampai
- 16 – Ryšio modulis „MB Gateway“
- 17 – Įvadiniai gnybtai
- 18 – Gnybtai su saugiklių blokais viduje
- 19 – Loveliai laidų trasavimui

Bendra patikros stendo struktūra pavaizduota žemiau esančiame paveikslėlyje (žr. 32 pav.).

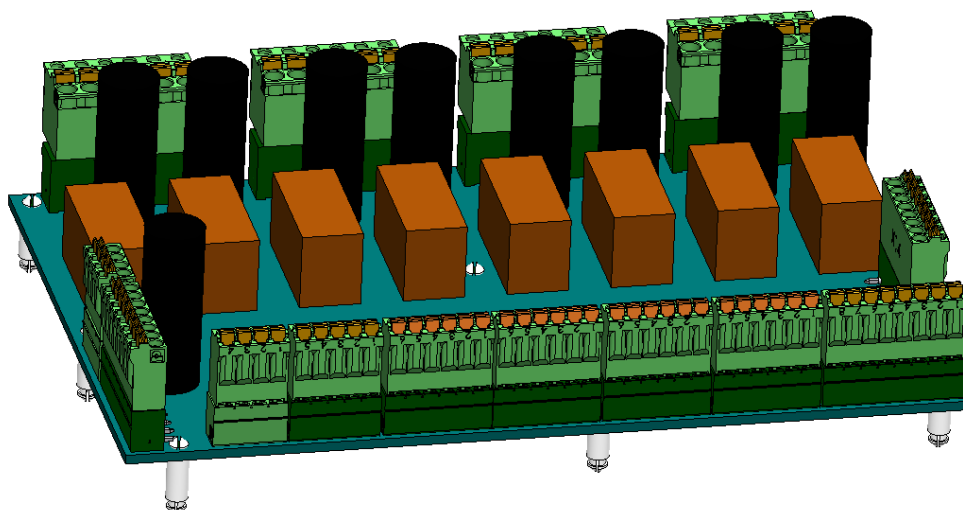


32 pav. Patikros stendo struktūra

6.2 Elektrotechninė dalis

Elektrotechninę dalį sudaro 10 lapų principinės schemos projektas, kuriame pavaizduota stendo sujungimų visuma. Šiame skyriuje apžvelgsiu sujungtas grandines, paaiškinsiu grandinių galimus perjungimo variantus ir ryšius tarp jų. Kai kurie sprendimai gali atrodyti pertekliniai, tačiau tai yra testavimo stendas, todėl niekada negali būti tikras, kad jungtyse bus tokio tipo signalas kokio yra tikimasi, pvz. dėl žmogiškosios klaidos automatikos vidinėse jungtyse gali būti vietomis sukeisti laidai ir vietoje +24VDC arba 0-10VDC įtampos gali ateiti 230VAC įtampa. Tokiu atveju galimas brangių komponentų sugadinimas ir jų keitimas. Kad išvengti tokių situacijų yra numatyti tarpiniai pigesni komponentai su apsaugomis, kad trumpo jungimo atveju remontas kainuotų kuo mažiau.

Stendo grandinių komutacijai ir atgaliniam ryšiui panaudojau „Emrex“ valdiklį (žr. 33 pav.). Kad nesumaišyti valdiklių, patikros stendo valdiklį vadinsime **N1**, o testuojamos automatikos **T1**.

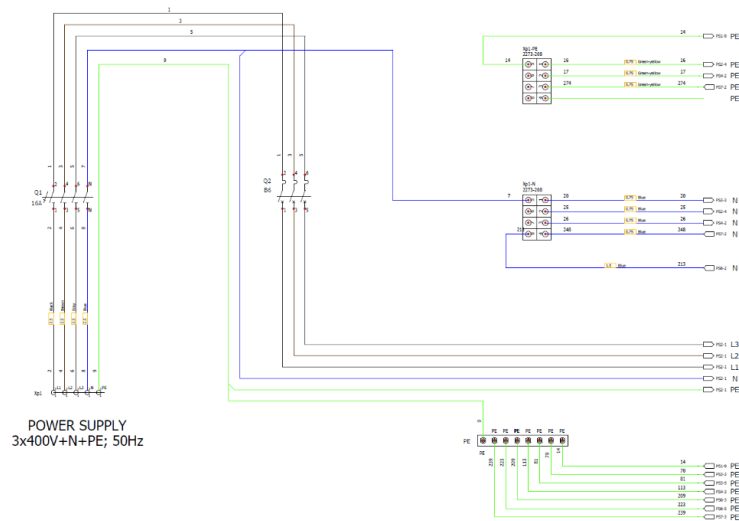


33 pav. "Emrex" valdiklis

„Emrex“ valdiklio pagrindinės savybės:

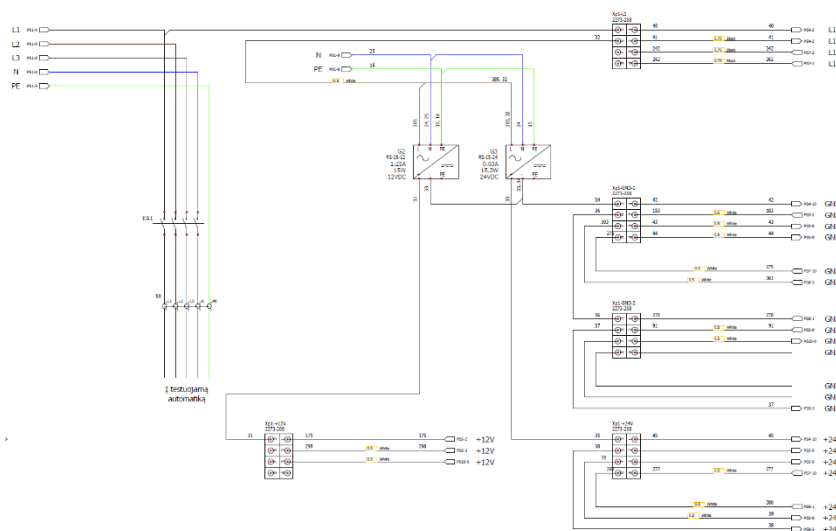
- Maitinimas +24VDC
- Skaitmeninis įėjimas (DI) 8 vnt.
- Skaitmeninis išėjimas (DO) 8 vnt.
- Analoginis išėjimas (AO) 6 vnt.
- Analoginis įėjimas (AI) 6 vnt.
- RS485 duomenų linija

Patikros standas prijungiamas prie trifazio elektros tinklo 5P¹⁰ kištuku (3x400V+N+PE). Įjungiamas pagrindiniu 4P 16A galios kirtikliu ir 3P B6 automatinio jungikliu. N ir PE laidininkai prijungti prie paskirstymo gnybtų Xp1-N ir Xp1-PE (žr. 34 pav.).



34 pav. Jėgos grandinės 1

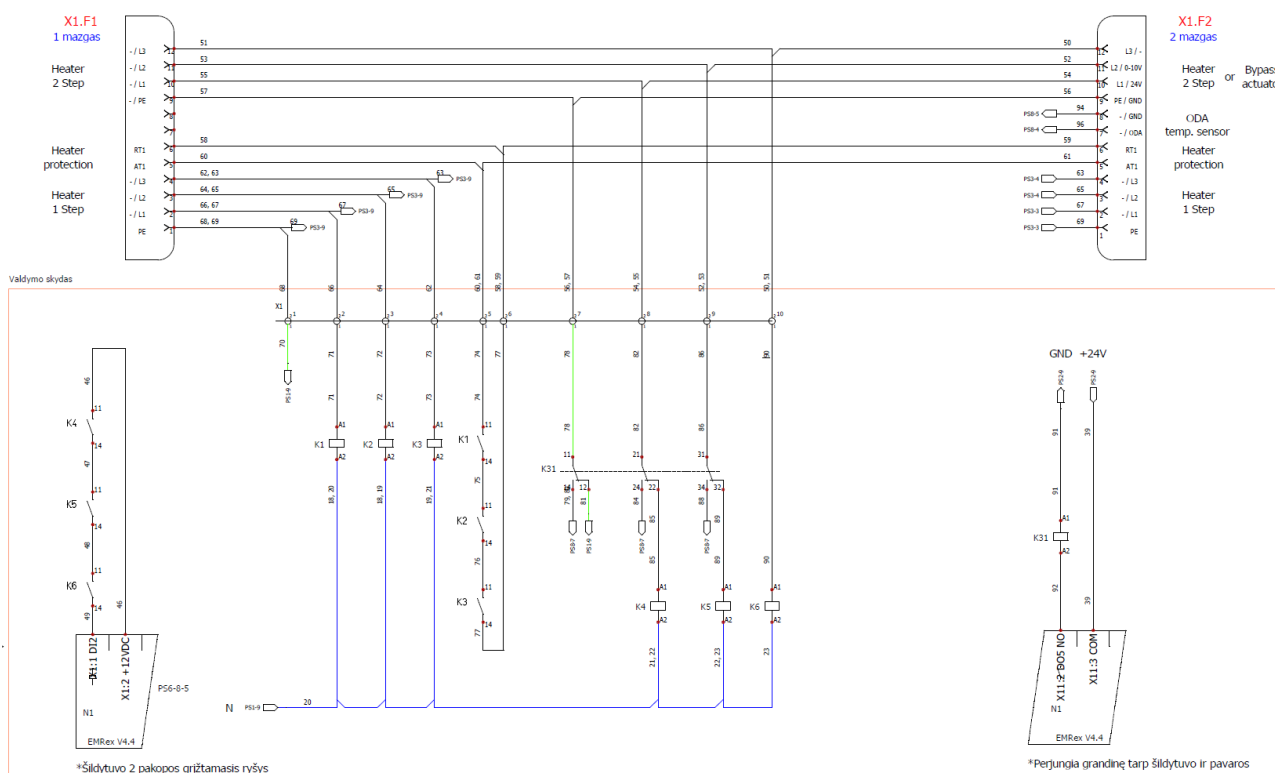
Sumontuoti du nuolatinės įtampos impulsiniai maitinimo šaltiniai. +12V skirtas slėgio keitikliams, o +24V relėms ir N1 valdikliui maitinti. Maitinimo šaltiniai prijungti prie paskirstymo gnybtų Xp1. Fazinė įtampa L1 laidininku prijungta prie gnybto Xp1-L1 skirta išorinių variklių maitinimui ir komutacijai (žr. 35 pav.). Testuojama automatika užmaitinama tik tada, kai suveikia KA1 kontaktorius.



35 pav. Jėgos grandinės 2

¹⁰ 5P – Reikšmė nurodo polių skaičių, šiuo atveju penkių polių. Gali būti 2P, 3P, 4P, 5P

Sekančiose schemose vaizduojamas 12 kontaktų jungčių X1-X6 prijungimas. 1 jungčių mazgas skirtas V tipo, o 2 jungčių mazgas H tipo automatikoms. Visos jungtys prijungtos prie X1 gnybtų su saugiklių blokais viduje, valdymo skyde (žr. 36 pav.). Saugikliai sudėti greito atjungimo 0,05A išskyrus ventiliatoriaus grandines, ten saugiklių galingumas 1A.



36 pav. Šildytuvo patikros grandinė

Kai automatika yra su šildytuvu, jo grandinė yra prijungta į X1 jungtį ir galimi tokie variantai:

- 3 fazių (3F) vienos pakopos
- 3 fazių (3F) dviejų pakopų

Prie kiekvienos iš fazių yra prijungta 230VAC relė, kai suveikia K1-K3 relės per jų NO kontaktus yra uždarama šildytuvo apsaugos grandinė, tai reiškia kad šildytuvas veikia. Jei bent viena iš relių nesuveikia – šildytuvas neveikia.

Ta pati situacija ir su dviejų pakopų šildytuvu, tik dar papildomai suveikia K4-K6 relės, per jų kontaktus aktyvinamas N1 valdiklio įėjimas DI2.

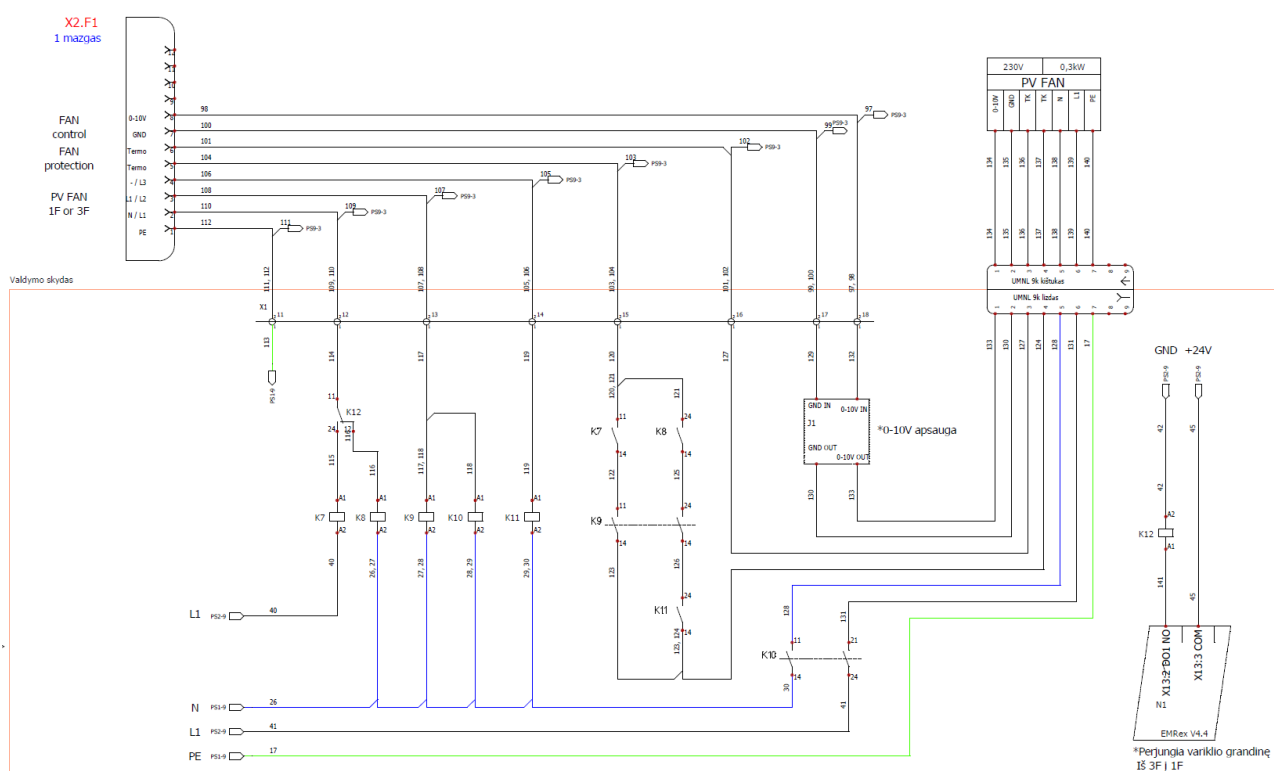
Jei H tipo automatikose X1 jungtyje vietoje šildytuvo yra apėjimo sklendė, tuomet yra atliekamas perjungimas, aktyvuojamas N1 DO5. Suveikus K31 relei grandinė perjungiama sklendės pavaros patikrai.

Tiekiamas (PV) ventiliatorius prijungtas į X2 jungtį (žr. 37 pav.), galimi tokie variantai:

- 1 fazės (1F)
- 3 fazių (3F)

Jei 3F suveikia K8-K11 relės, per jų NO kontaktus yra uždaroma ventiliatoriaus apsaugos grandinė, paduodama 230V įtampa į išorinį ventiliatoriaus mazgą, o per J1 apsaugą paduodama valdymo įtampa 0-10V. Suveikus išoriniam mazgui antrą kartą užtrumpinama ventiliatoriaus apsaugos grandinė. Slėgio keitikliai mato slėgių skirtumą.

Jei 1F variklis, yra aktyvuojamas N1 DO1, suveikia relė R12, suveikia relė K7. Valdymas ir apsaugos grandinė veikia analogiškai.



37 pav. Tiekiamo ventiliatoriaus patikros grandinė

Slėgio keitiklių patikra atliekama sujungus tinkamus slėgio keitiklius pagal gaminio konfigūraciją, jei keitiklis netinkamas pvz. vietoj LP yra HP arba netinkamai užstatytas jo adresas testuojama automatika mato klaidą. Visi keitikliai yra nuolat prijungti prie +12VDC įtampos (žr. 38 pav.).

Galimi tokie prijungimo variantai:

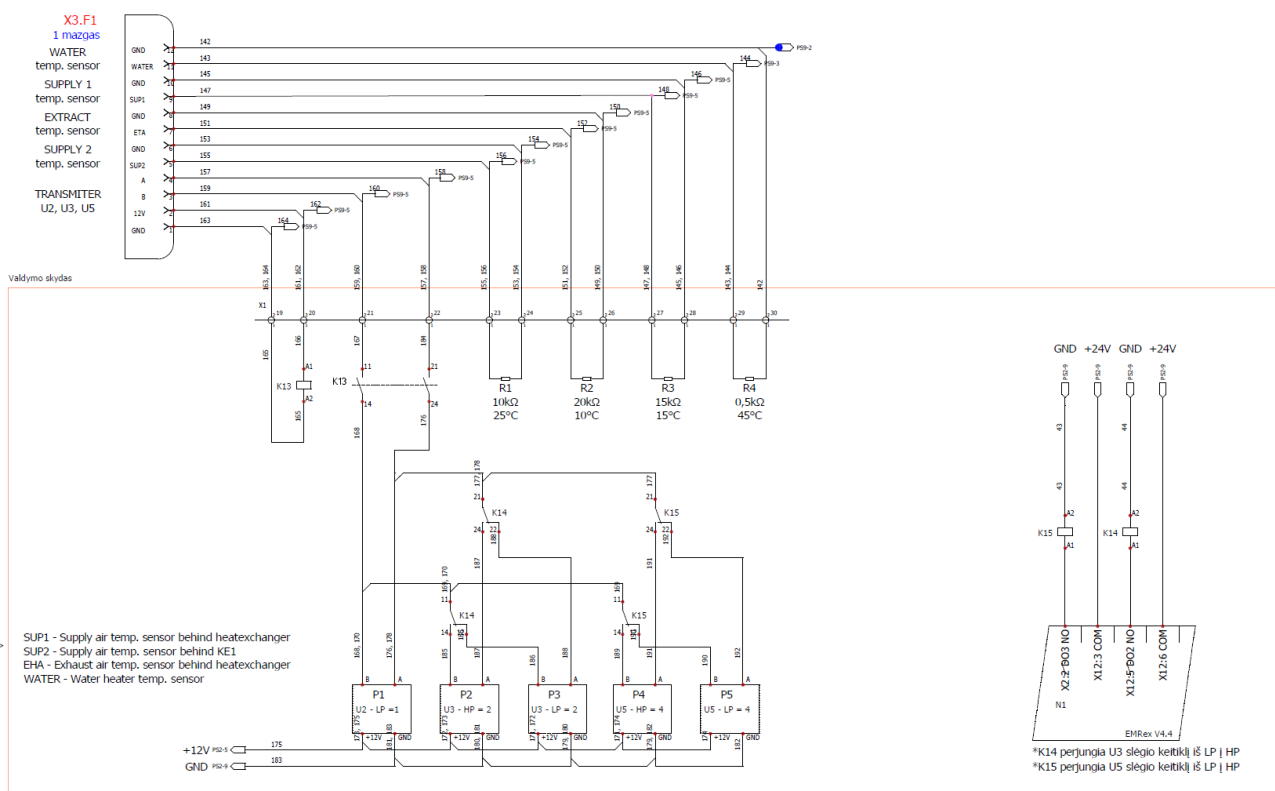
- U2=LP, U3=LP, U5=LP
- U2=LP, U3=HP, U5=LP
- U2=LP, U3=HP, U5=HP

Jei visi LP tuomet papildomas parinkimas nereikalingas, prijungiami prie automatikos kai suveikia relė K13. Jei X3 jungtyje nėra +12V tuomet testuojama automatika mato klaidą.

Jei U2=LP, U3=HP, U5=LP prieš patikrą suveikia N1 DO2 ir relės K14 NO kontaktais perjungia U3 iš LP į HP.

Jei U2=LP, U3=HP, U5=HP prieš patikrą suveikia N1 DO2 ir DO3 relės K14 ir K15 NO kontaktais perjungia U3 iš LP į HP o U5 iš LP į HP.

Jutiklių grandinės tikrinamos rezistoriais. Pagal 24 paveikslėlio NTC charakteristiką yra parinkti rezistoriai. Tikrinama automatika visuomet mato tas pačias temperatūrų reikšmes, atliekant patikrą lyginamos esamos vertės su užduotomis leistinomis ribomis $\pm 1^{\circ}\text{C}$, jei jos nesutampa jutikliai sumaišyti vietomis arba neprijungti. SUP2¹¹=25°C, ETA¹²=10°C, SUP1¹³=15°C, WATER¹⁴=45°C.



38 pav. Slėgio keitiklių ir jutiklių patikros grandinė

Kai automatika yra su pašildytuvu, jo grandinė yra prijungta į X4 jungtį ir galimi tokie variantai:

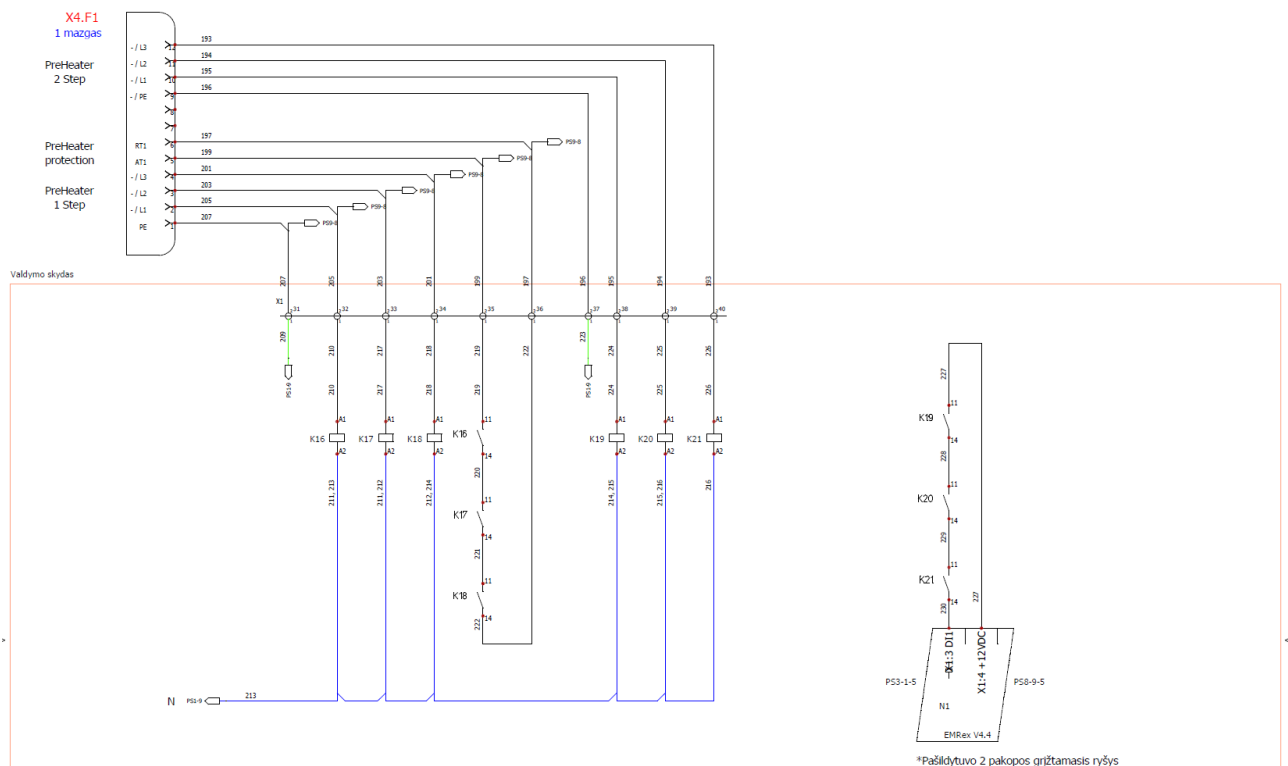
- 3 fazių (3F) vienos pakopos

¹¹ SUP2 - Tiekiamo oro temp. jutiklis
¹² ETA - Ištraukiamo oro temp. jutiklis
¹³ SUP1 - Tiekiamo oro temp. jutiklis
¹⁴ WATER - Vandens temp. jutiklis

- 3 fazių (3F) dviejų pakopų

Prie kiekvienos iš fazių yra prijungta 230VAC relė (žr. 39 pav.), kai suveikia K16-K18 relės per jų NO kontaktus yra uždaroma pašildytuvo apsaugos grandinė, tai reiškia kad pašildytuvas veikia. Jei bent viena iš relių nesuveikia – pašildytuvas neveikia.

Ta pati situacija ir su dviejų pakopų pašildytuvu, papildomai suveikia K19-K21 relės, per jų kontaktus aktyvinamas N1 valdiklio įėjimas DI1.



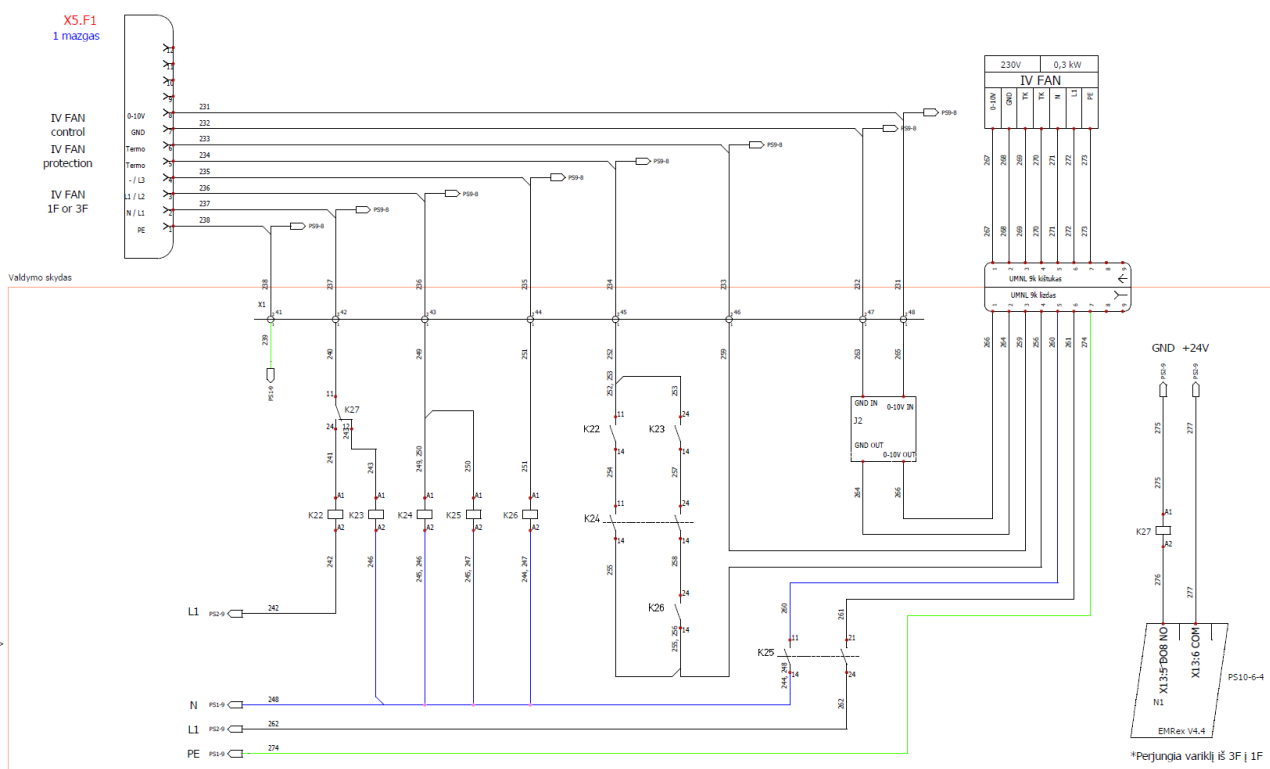
39 pav. Pašildytuvo patikros grandinė

Tiekiamas (IV) ventiliatorius prijungtas į X5 jungtį (žr. 40 pav.), galimi tokie variantai:

- 1 fazės (1F)
- 3 fazių (3F)

Jei 3F suveikia K23-K26 relės, per jų NO kontaktus yra uždaroma ventiliatoriaus apsaugos grandinė, paduodama 230V įtampa į išorinį ventiliatoriaus mazgą, o per J2 apsaugą paduodama valdymo įtampa 0-10V. Suveikus išoriniam mazgui antrą kartą užtrumpinama ventiliatoriaus apsaugos grandinė. Slėgio keitikliai mato slėgių skirtumą.

Jei 1F variklis, yra aktyvuojamas N1 DO8, suveikia relė R27, suveikia relė K22. Valdymas ir apsaugos grandinė veikia analogiškai.



40 pav. Ištraukiamo ventiliatoriaus patikros grandinė

Slėgio keitikliai U1 ir U4 X6 jungtyje yra nuolat prijungti prie +12VDC įtampos (žr. 41 pav.).

Galimi tokie prijungimo variantai:

- U1=LP, U4=LP
- U1=LP, U4=HP

Jei visi LP tuomet papildomas parinkimas nereikalingas, prijungiami prie automatikos kai suveikia relė K28. Jei X6 jungtyje nėra +12V tuomet testuojama automatika mato klaidą.

Jei U1=LP, U4=HP prieš patikrą suveikia N1 DO4 ir relės K29 NO kontaktais perjungia U4 iš LP į HP. Jutiklių grandinės tikrinamos rezistoriais, tokiu pat anksčiau minėtu principu. ODA¹⁵=-5°C, EHA¹⁶=35°C.

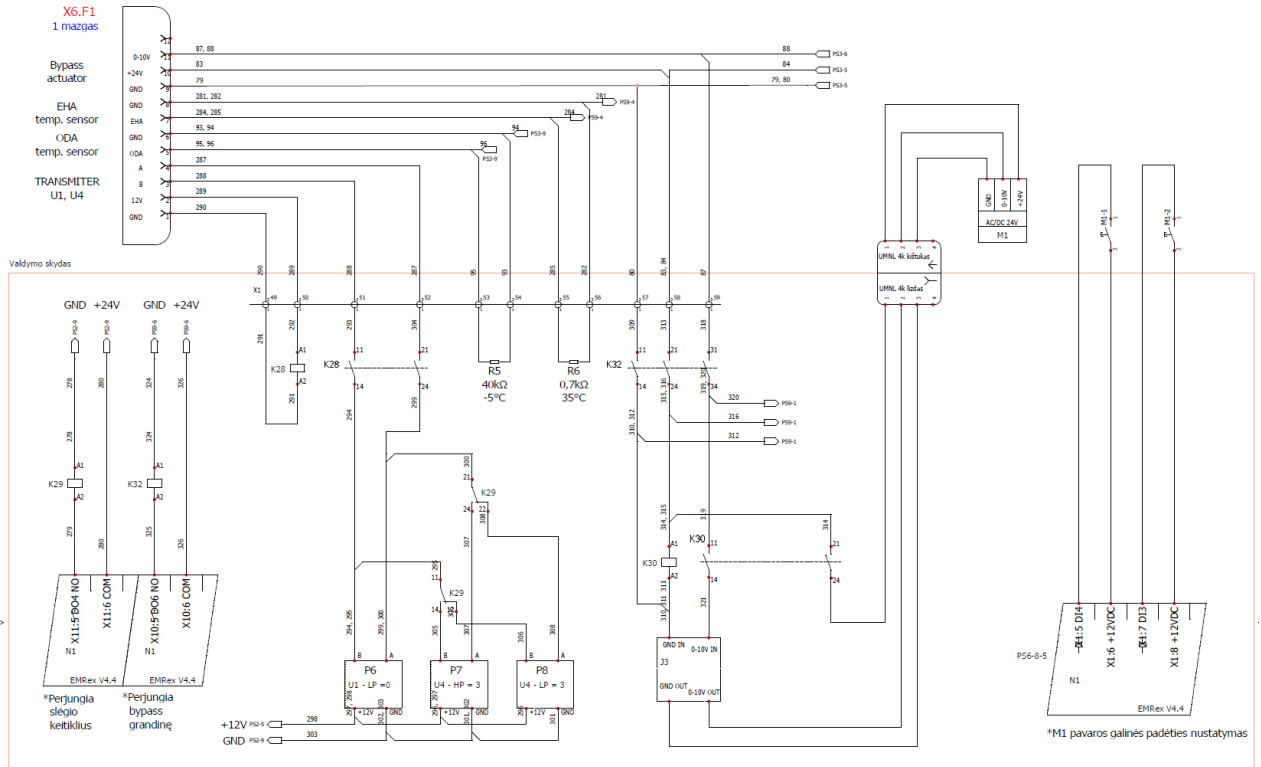
Apėjimo sklendė turi keletą jungimo būdų su skirtingomis jungtimis. Jei tikrinama automatika V tipo tuomet suveikia DO6, suveikia relė K32 ir jos NO kontaktai. Jei ateina įtampa +24V tuomet suveikia K30 relė ir jos NO kontaktais prijungiama apėjimo sklendės pavara. Pavaros valdymo grandinė 0-10V papildomai pereina per apsauginį modulį J3. Kai mechaniškai pavara atsiveria yra nuspaudžiamas galinės atidarymo padėties jungiklis M1-1, tuomet gaunamas signalas į DI4, pavara užsidarinėjant yra nuspaudžiamas M1-2 jungiklis. Jei bent vienas jungiklis nesuveikia pavara veikia netinkamai.

¹⁵ ODA - Lauko oro temp. jutiklis

¹⁶ EHA - Ištraukiamo oro temp. jutiklis

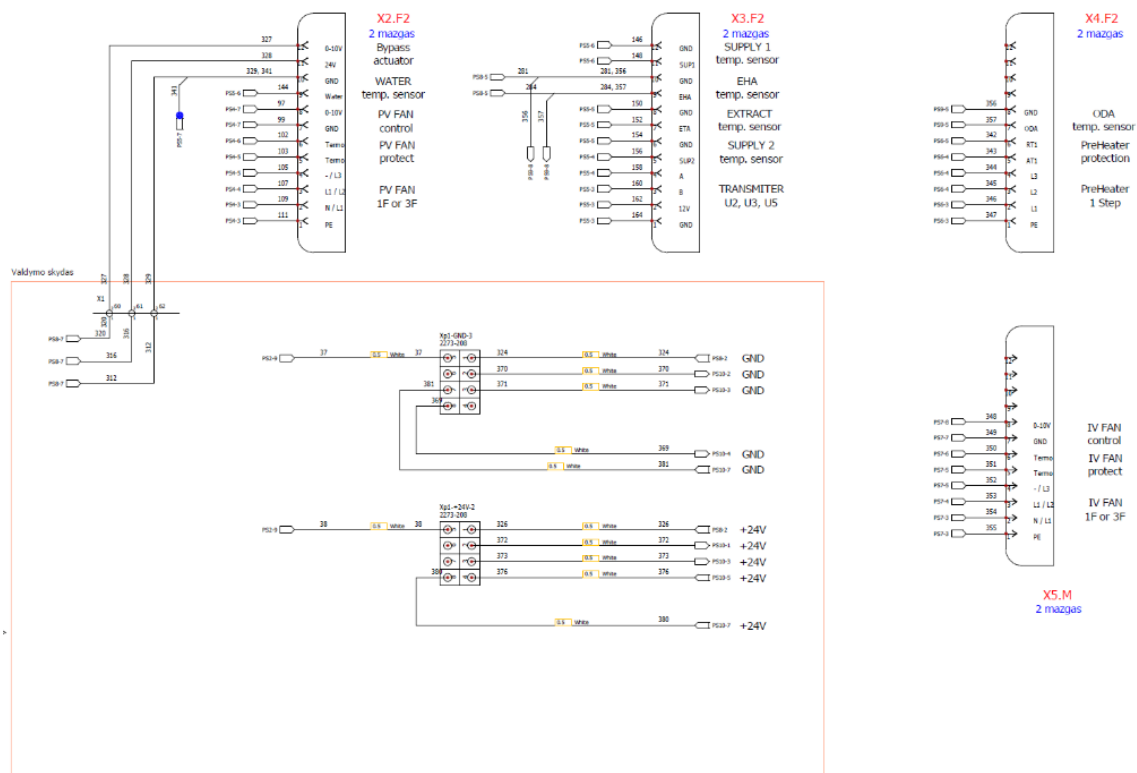
Jei tikrinama automatika H tipo gali būti 2 jungimo būdai:

- Suveikia relės K31 (žr. 36 pav.) ir K32
- Abi relės išjungtos



41 pav. Slėgio keitiklių, jutiklių ir sklendės patikros grandinė

H tipo automatikoms prijungti yra numatytas 2 pynių mazgas, sudarytas iš 5 jungčių. Atskiras jungčių kompleksas leidžia sumažinti vidinių stendo komponentų skaičių, mažina klaidos tikimybę sujungiant jungtis. H mazgo laidai stendo viduje lygiagrečiai prijungti į tas pačias vietas kaip ir V mazgo (žr. 42 pav.).

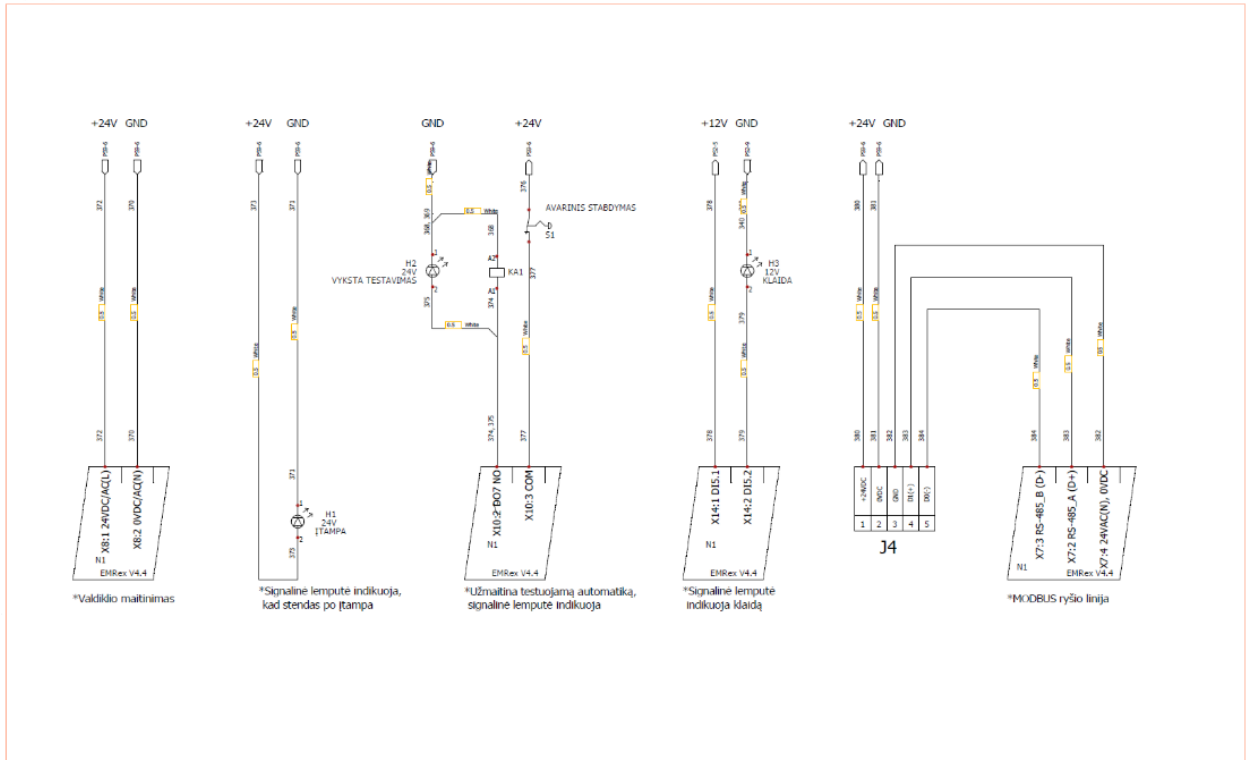


42 pav. Jungtys H tipo automatikų prijungimui

Patikros stendo skydo durų panelė yra neapkrauta pertekline informacija. Yra trys indikacinės lemputės, kurios nurodo kokioje būsenoje yra stendas (žr. 43 pav.):

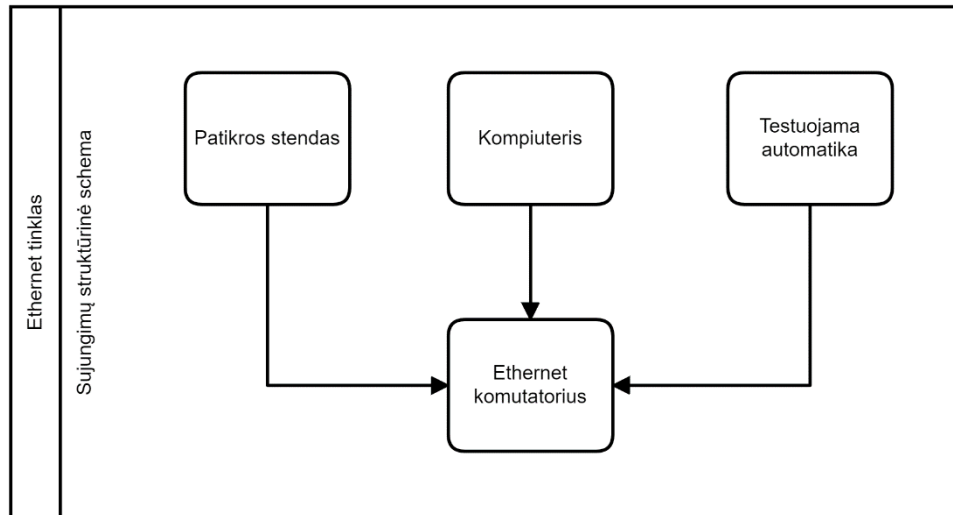
- H1 – ĮTAMPA
Nurodo, kad stendas yra įjungtas į elektros tinklą ir įjungtas pagrindinis kirtiklis esantis stendo šone. Avarinio stabdymo jungiklis turi būti NC būsenoje.
- H2 – VYKSTA PATIKRA
Nurodo, kad testuojama automatika yra prijungta ir užmaitinta iš stendo, įjungtas automatikos pagrindinis kirtiklis.
- H3 – KLAIDA
Nurodo, kad yra nustatytas neatitikimas ir reikia imtis veiksmų jam pašalinti.

Avarinėms situacijoms numatytas avarinio stabdymo jungiklis S1, jį nuspaudus atjungiamą įtampa į testuojamą automatiką. Patikros stendo valdiklis N1 modbus ryšio linija yra prijungtas prie J4 modulio.



43 pav. Maitinimas ir indikacija

Ryšys tarp patikros stendo, kompiuterio ir testuojamos automatikos yra palaikomas per ethernet komutatorių¹⁷, jungimo struktūrinė schema pavaizduota paveiksle (žr. 44 pav.).

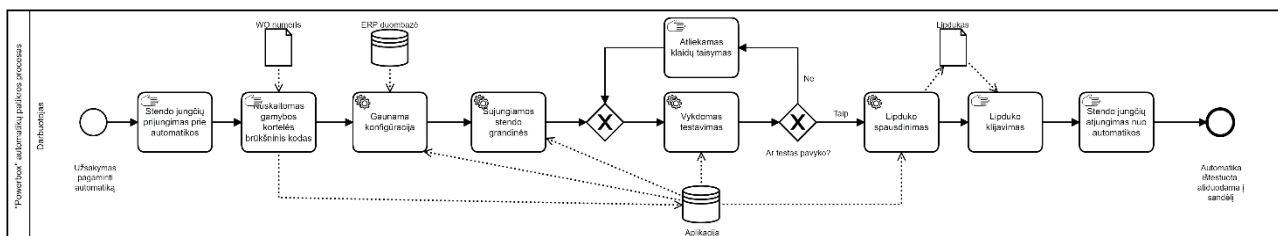


44 pav. Ethernet struktūrinė schema

¹⁷ Ethernet komutatorius - Aktyvusis kompiuterių tinklo elementas, valdantis duomenų srautus

6.3 Testavimo dalis

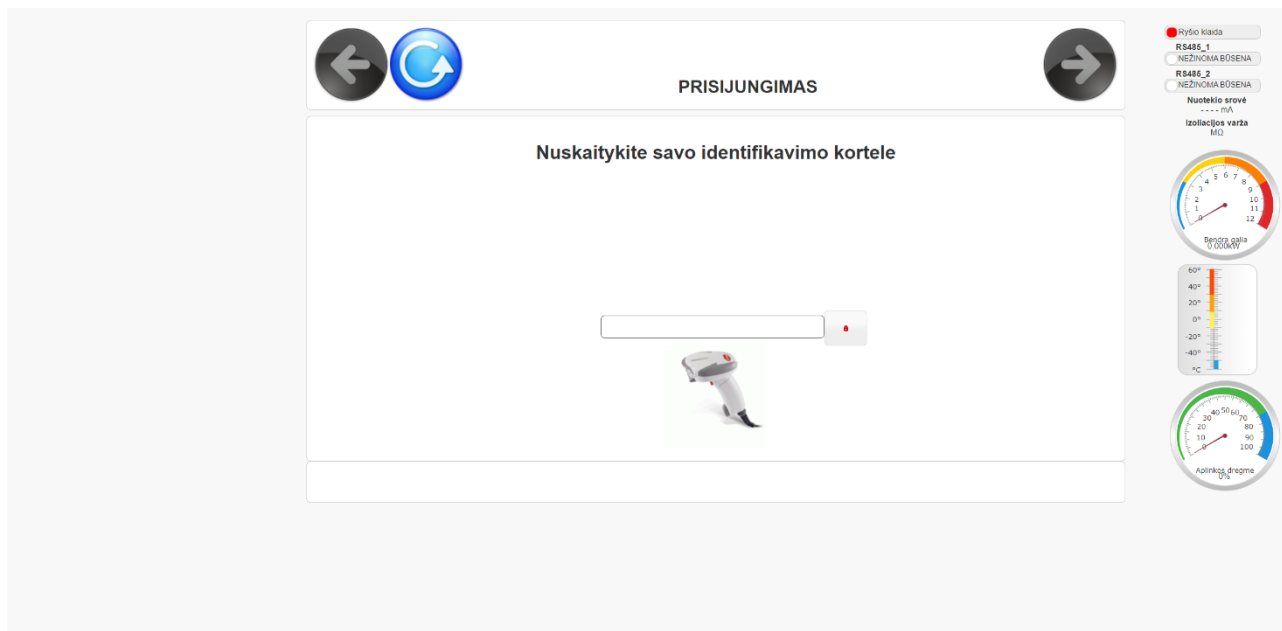
Testavimas atliekamas pagal žemiau pavaizduotą patikros procesą (žr. 45 pav.). Pavyzdyje panagrinsime automatiką skirtą „Powerbox 1000V-P“ gaminiui.



45 pav. Automatikos patikros procesas

Pradžioje darbuotojas gauna užsakymą patikrinti automatiką. Pagal automatikos konstrukciją ir jungčių kiekį jis gali nustatyti kokiam rekuperatorių tipui V ar H ji yra skirta.



- Nustačius tipą automatika prijungiama prie patikros stendo pagal jungčių žymėjimą.
- Įjungiamas stendo maitinimas.
- Kompiuterio interneto naršyklėje paleidžiama testavimo aplinka. Internetinė nuoroda - <http://pstest.salda.lt/> (žr. 46 pav.).



46 pav. Testavimo aplinka

- Nuskaityta darbuotojo kortelė

- Nuskaitomas gaminio gamybos numeris WO¹⁸ iš gamybos kortelės (žr. 47 pav.).

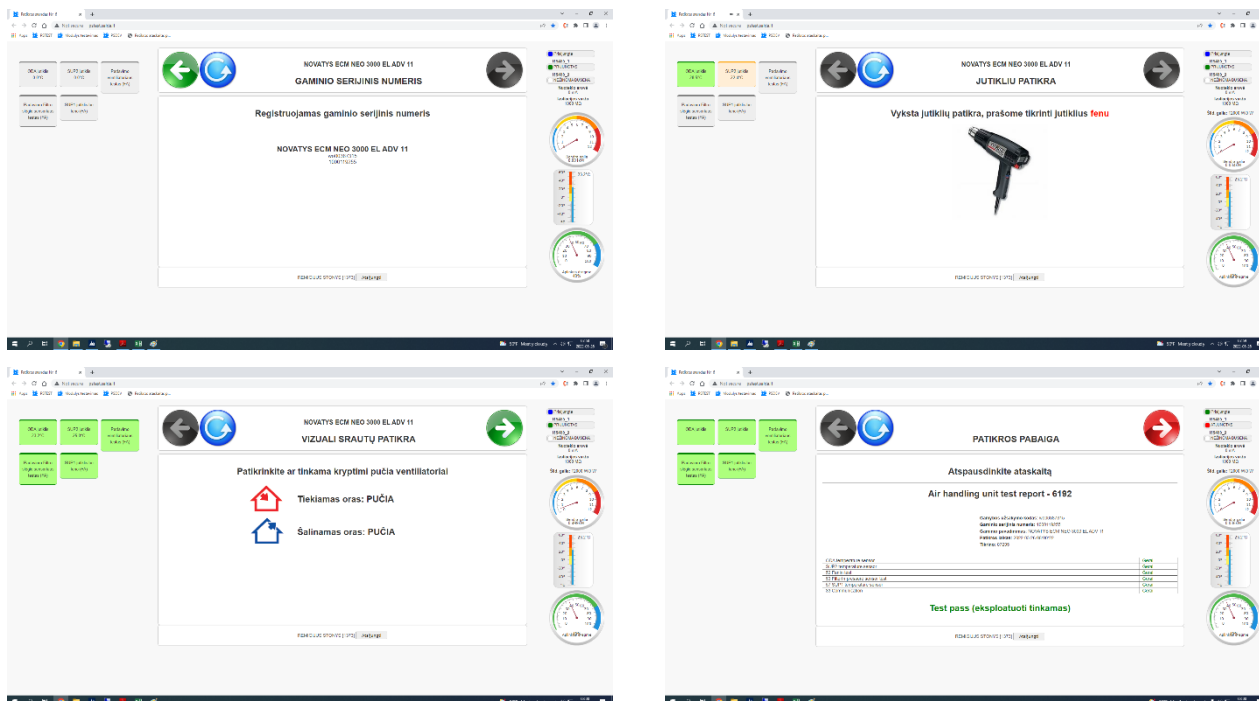
L39 > X		GAMYBOS KORTELĖ		 wo00382862
Prekės Nr.	SFP025128 	Display SKU		
Pavadinimas	Control board for fan OT2 219-1659			
Model / Type				
Projekto nr	219-1659	Telkinys	G8pyn1	

47 pav. Vidinis gamybos užsakymo numeris

Gamybos numeris yra susietas su gaminio serijiniu numeriu. Pagal serijinį numerį yra gaunama gaminio konfigūracija iš ERP¹⁹ duomenų bazės. Kompiuterio ekrane parodomi reikalingi testai.

- Pagal konfigūraciją automatiškai sujungiamos stendo grandinės. Testavimui pasiruošta.

Kadangi dar nėra pritaikytos testavimo aplinkos automatikų patikrai todėl nuotraukose parodysiu pavyzdžius nuo kito gaminio. Pats vaizdavimo principas būtų labai panašus, skirtusi tik programinis kodas (žr. 48 pav.).

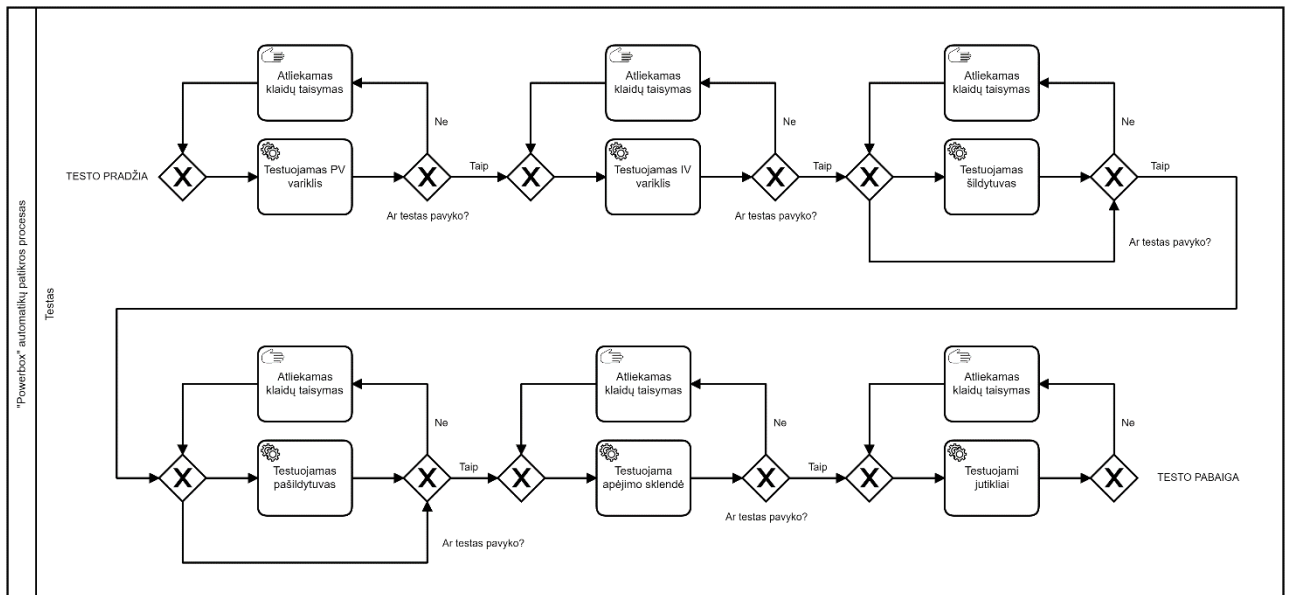


48 pav. Testavimo eiga

¹⁸ WO – Vidinis gamybos numeris, raidžių kombinacija gali keistis pagal poreikį.

¹⁹ ERP – Vidinė įmonės duomenų bazė

Pats testavimas atliekamas žingsnis po žingsnio, kadangi pradžioje būtina patikrinti tas grandines kuriose yra fazinės įtampos nes klaidos atveju galimas valdiklių sugadinimas. Testavimo algoritmą pavaizduotas paveiksle (žr. 49 pav.). Grįžtamam ryšiui yra tikrinamos patikros stendo valdiklio skaitmeninių įėjimų grandinės, o slėgio keitiklių ir jutiklių duomenys nuskaitomi iš testuojamos automatikos valdiklio.



49 pav. Testavimo algoritmas

Algoritmą sudaro šios patikros:

- PV variklio
Paduodamas PV variklio maitinimas, jei grandinė veikia paduodamas 0-10V valdymo signalas. Išorinis PV variklio mazgas sukasi, slėgio keitikliai mato slėgio pokytį.
- IV variklio
Paduodamas IV variklio maitinimas, jei grandinė veikia paduodamas 0-10V valdymo signalas. Išorinis IV variklio mazgas sukasi, slėgio keitikliai mato slėgio pokytį.
- Šildytuvo
Tikrinamas tik tada kai jis yra. Jei nėra pereina prie sekančios patikros.
Jei visi faziniai signalai veikia, grįžtamasis ryšys per relinius kontaktus grįžta į valdiklį.
- Pašildytuvo
Tikrinamas tik tada kai jis yra. Jei nėra pereina prie sekančios patikros.
Jei visi faziniai signalai veikia, grįžtamasis ryšys per relinius kontaktus grįžta į valdiklį.

- Apėjimo sklendės

Jei teisinga sklendės maitinimo įtampa suveikia relių grandinės ir 0-10V valdymo signalas suka sklendę iki galinio jungiklio, jam suveikus sukama į kitą pusę keičiant valdymo signalą iki kol suveikia antras galinės padėties jungiklis.

- Jutiklių

Jutikliai tikrinami nuskaitant valdiklio parodymus, kadangi reikšmės visada vienodos dėl sudėtų rezistorių, yra tikrinamos ribos ar konkretus jutiklis rodo tokią temperatūrą kokios tikimasi. Jei jutiklio parodymai nepatenka į užduotas ribas nustatoma klaida.

Jei tikrinant mazgus yra nustatomas defektas, patikra stabdoma. Kompiuterio ekrane raudonai užsidega nepavykusios patikros laukelis. Atlikus korekcijas patikrą galima tęsti.

„Powerbox 1000V-P“ gaminio atveju būtų atliekama patikra visiems mazgams išskyrus elektrinį šildytuvą ir vandeninio šildytuvo jutiklį.

Atlikus sėkmingą testavimą klijuojamas lipdukas ant automatikos plokštės, išjungiamas stendas, testuojama automatika atjungiamo.

7. Potencialios naudos įmonei ir atsipirkimas

7.1 Nauda automatikų gamybos linijai

Automatikų linijoje patikrą galėtų atlikti žemesnės kvalifikacijos darbuotojai, nebelieka būtinybės naudotis principinėmis schemomis stengiantis nustatyti kokie mazgai yra įdiegti, kaip juos tikrinti ir kaip teisingai prijungti testavimo įrenginius.

Atlikus diegimą net iki 3 kartų sumažėtų patikros laikas, tai leistų padidinti testavimų darbo vietos pralaidumą. Patikrą atliekant rankiniu būdu, priklausomai nuo gaminio konfigūracijos, ji trunka iki 48 minučių, o automatinio būdu truktų iki 15 min. (žr. 16 lentelė).

16 lentelė. Rankinės ir automatinės patikros laiko palyginimas

Patikros etapas	Rankinės patikros Laikas min.	Automatinės patikros Laikas min.
Vizualinė apžiūra	2,4	1
Jungčių prijungimas, mazgų imitacija	7,2	2
Valdiklio programavimas	4,8	4,8
Testinis paleidimas valdymo pulteliu	2,4	0
Įtampų matavimas	21,6	5
Temperatūros jutiklių duomenų vertinimas	7,2	0
Testinių lipdukų klijavimas, pakavimas	2,4	2,4
	48	15,2

Dėl mažesnių defektų kiekio nebereikėtų eiti į rekuperatorių liniją brigadininkui, o vėliau ir darbuotojui atlikti remonto.

7.2 Nauda rekuperatorių gamybos linijai

Sumažėjus defektinių automatikų skaičiui pagerėtų testavimo vietos pralaidumas, sumažėtų iš linijos pašalinamų įrenginių. Sumažėtų pakartotinai tikrintinų gaminių skaičius. Darbuotojams nereikėtų dirbti viršvalandžių stengiantis įgyvendinti gamybos planą.

7.3 Kaina ir atsipirkimo laikas

Visi projektuojant panaudoti komponentai yra įmonės atsargose ir yra dažnai naudojami. Tai leidžia optimaliai sumažinti komponentų kainą. Kadangi stendo projektas jau yra paruoštas, tolesniuose etapuose būtų panaudojami laisvi įmonės resursai. Stendo surinkimą bei programinių integravimą atliktų įmonės darbuotojai, kurie tam tikru metu neturėtų pakankamai darbų, todėl į stendo savikainą jų darbo užmokestis nebuvo skaičiuojamas.

Stendo savikaina yra apie 1000€ , ją sudaro:

- Vežimėlis
- PV ventiliatoriaus mazgas
- IV ventiliatoriaus mazgas
- Kabeliai, jungtys
- Automatikos skydas
- Automatikos skydo komponentai
- Apėjimo sklendės mazgas

Pirmame skyriuje buvo įvertinti nuostoliai dėl pasitaikančių automatikos defektų per paskutinių 6 mėnesių laikotarpį ir apskaičiuoti du scenarijai:

- Geriausio scenarijaus atveju gamybos nuostoliai yra apie 264€
Stendas atsipirktų maždaug per **23** mėnesius
- Blogiausio scenarijaus atveju apie 1327€
Stendas atsipirktų maždaug per **5** mėnesius

Tačiau įvertinus tai, kad per 6 mėnesius „Powerbox“ serijos rekuperatorių pagamintas kiekis sudaro apie 30% visų linijoje surenkamų gaminių, o per ateinančią pusmetį planuojama šią dalį padidinti iki 50% visų gaminių, atsipirkimo laikas galėtų gerokai sutrumpėti.

8. Darbo sauga dirbant su patikros stendu



Prieš pradėdant darbą privaloma:

1. Turėti galiojantį apsaugos nuo elektros pažymėjimą
2. Būti susipažinus su saugos ir sveikatos instrukcijomis
3. Atlikti kasdienę vizualinę stendo patikrą

Darbo metu privaloma:

1. Laikytis darbo saugos taisyklių
2. Pastebėjus gedimus/trūkumus, kurie potencialiai kelia pavojų sveikatai ir gyvybei nedelsiant išjungti stendą.

Saugaus darbo rizikos punktai:

 Elektros srovės poveikis	Galimos traumos, širdies darbo sutrikimas, mirtis.	Neliesiti plikomis rankomis neizoliuotų srovinių elektros įrangos dalių; nepriartėti draudžiamu atstumu iki įtampą turinčių dalių, naudotis tik patikrintomis dielektrinėmis priemonėmis.
 Įrenginių ir įrankių eksploatavimo reikalavimų nesilaikymas	Galimos traumos.	Nuolat tikrinti įrankių ir įrenginių techninę būklę, tvarkingumą, nedirbti su netvarkingais įrankiais ir įrenginiais, juos naudoti pagal paskirtį ir laikantis jų eksploatavimo reikalavimų.



ĮSPĖJIMAI:

1. **ESANT ĮJUNGTAM STENDUI ATIDARYTI JO DURIS YRA GRIEŽTAI DRAUDŽIAMA**
2. **STENDO ĮVADINIS KABELIS YRA PRIJUNGTAS TIESIAI PRIE KIRTIKLIO, TODĖL NEPAISANT KIRTIKLIO PADĖTIES LAIKOME KAD STENDAS NĖRA ATJUNGTAS T. Y. STENDAS VISUOMET YRA PO ĮTAMPA**

IŠVADOS

- Pagal išsikeltus tikslus ir reikalavimus pavyko suprojektuoti patikros stendą rekuperatorių automatikoms tikrinti. Stendas nėra pagamintas ir išbandytas, todėl visi naudų skaičiavimai yra tik teoriniai, atlikti remiantis panašiais patikros būdais gamyboje.
- Panaudoti komponentai yra įmonės sandėlyje, tad nekiltų problemų dėl komponentų gavimo terminų, kas šiais laikais yra didelė problema.
- Gedimo atveju stendą būtų galima greitai suremontuoti vidinių resursų pagalba.
- Automatikų patikros laiką pavyktų sumažinti 3 kartus, dėl to padidėtų testavimo vietos pralaidumas.
- Sumažėtų defektinių automatikų skaičius rekuperatorių gamybos linijose.
- Būtų sumažintas darbuotojų pradelstas laikas atliekant defektų šalinimus.

LITERATŪRA

- Elektros įrenginių įrengimo bendrosios taisyklės [žiūrėta 2022-04-13]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.418124>
- Produkto parinkimas [žiūrėta 2022-04-13]. Prieiga per internetą: <http://www.salda.lt/lt/selection/index/>
- Testavimo aplinka [žiūrėta 2022-04-13]. Prieiga per internetą: <http://pstest.salda.lt/>
- Dėl Saugos eksploatuojant elektros įrenginius taisyklių patvirtinimo [žiūrėta 2022-04-13]. Prieiga per internetą: <https://eseimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.368840/aocQlsvYak>
- Stendų apžvalga [žiūrėta 2022-04-13].
<http://system-controls.com/test-bench/test-benches/>
<https://www.exportersindia.com/product-detail/calibration-test-bench-3492695.htm>
<https://www.wabteccorp.com/digital-electronics/core-electronics-and-analytics/automated-bench-test-equipment>
- Atlyginimų vidurkis [žiūrėta 2022-05-10].
https://rekvizitai.vz.lt/imone/salda_tub/atlyginimas/