



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Karolis Raišelis

**ALYTAUS NUOTEKŲ VALYMO SISTEMOS PIRMINIO
DUMBLO SIURBLINĖS VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas

Vadovas

Prof. dr. Donatas Levišauskas

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

**ALYTAUS NUOTEKŲ VALYMO SISTEMOS PIRMINIO
DUMBLO SIURBLINĖS VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS**

Baigiamasis bakalauro projektas
Automatika ir valdymas (612H66001)

Vadovas

Prof. dr. Donatas Levišauskas

Recenzentas

Asistentas V. Grincas.

Projektą atliko

Karolis Raišelis

KAUNAS, 2015

BAKALAURO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui:	<i>Karolis Raišelis</i>	Grupė	<i>EPV-1</i>
1. Darbo tema:			
Lietuvių kalba:	Alytaus nuotekų valymo sistemos pirminio dumblo siurblynės valdymo sistemos tyrimas		
Anglų kalba:	Investigation of Control System of Initial Sludge Pump-House at Alytus Waste-Water Treatment System		

Patvirtinta 2015 m. balandžio mėn. 7 d. dekanų potvarkiu Nr. *ST18-F-03-1*

2. Darbo tikslas:	<i>Imitacinio modeliavimo būdu ištirti nuotekų valymo sistemos pirminio dumblo siurblynės dumblo ir flokulianto srautų valdymo sistemą.</i>
3. Reikalavimai ir sąlygos:	<i>Darbas turi tenkinti KTU Elektros ir elektronikos fakulteto baigiamųjų projektų rengimo metodinius reikalavimus.</i>

4. Projekto struktūra. Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BBP pobūdį, pateiktą *Metodinių reikalavimų 14 ir 15 punktuose.*

Išanalizuoti nuotekų valymo ir pirminio dumblo siurblynės technologiniu procesus. Išanalizuoti dumblo siurblynėje palaikomą technologinį režimą, automatizavimo taškus, reikalavimus matuojamiems technologiniams parametrams. Surinkti eksperimentinius duomenis valdomo proceso dinaminiais parametrams įvertinti. Sudaryti dumblo ir flokulianto srautų valdymo sistemos modelį, atlikti sistemos reguliatorių derinimą ir sistemos veikimo imitacinį modeliavimą. Pateikti tyrimų išvadas ir rekomendacijas.

5. Ekonominė dalis. Jei reikia ekonominio pagrindimo; turinys ir apimtis konkretizuojama darbo eigoje kartu su vadovu.

--

6. Grafinė dalis. Jei reikia, pateikiama schemas, algoritmai ir surinkimo brėžiniai; turinys ir apimtis konkretizuojama darbo eigoje kartu su vadovu.

Darbe pateikti: proceso technologinę schemą, automatizavimo schemą, valdymo sistemos struktūrinę schemą, eksperimentinių reakcijos kreivių grafikus, valdymo sistemos imitacinio modeliavimo rezultatų grafikus.

5. Ši užduotis yra neatskiriama bakalauro baigiamojo projekto dalis

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas	<i>iki 2015-05-30</i>
	<i>(data)</i>
Užduotį gavau:	<i>Karolis Raišelis</i>
	<i>(studento vardas, pavardė, parašas)</i>
Vadovas:	<i>Prof. Donatas Levišauskas</i>
	<i>(pareigos, vardas, pavardė, parašas)</i>
	<i>(data)</i>



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS

(Fakultetas)

Karolis Raišelis

(Studento vardas, pavardė)

Automatika ir valdymas (612H66001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„ALYTAUS NUOTEKŲ VALYMO SISTEMOS PIRMINIO DUMBLO SIURBLINĖS
VALDYMO SISTEMOS TYRIMAS“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Karolio Raišelio baigiamasis projektas tema „Alytaus nuotekų valymo sistemos pirminio dumblo siurblinės valdymo sistemos tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Raišelis, Karolis. Alytaus nuotekų valymo sistemos pirminio dumblo siurblynės valdymo sistemos tyrimas. Bakalauro baigiamasis darbas. Vadovas prof. dr. Donatas Levišauskas; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Automatikos katedra.

Kaunas, 2015. 32 psl.

SANTRAUKA

Šiame baigiamajame darbe buvo nagrinėjama Alytaus nuotekų valymo sistemos viena nedidelė dalis, tai yra pirminio dumblo siurblynės valdymo sistema. Ši valdymo sistema yra svarbi visos nuotekų valyklos darbui. Sustojus šiam procesui valymas pasidaro neefektyvus, nes pirminio dumblo siurblynėse neišsausinamas dumblas.

Šio proceso modeliui sukurti buvo nagrinėjamas pereinamasis procesas ir jo rodikliai. Iš technologinių aprašų sudaroma proceso automatizavimo schema ir aprašomas jos veikimas. Visai šiai sistemai sudaromos ryšių schemas ir aprašomas jų veikimas. Vėliau proceso modeliui sukurti panaudotas „Simulink“ modeliavimo aplinką. Iš objekto gautas dumblo ir flokulianto reakcijos kreives aproksimuojau naudodamas SMITH'Ų metodą. Objektui parenkamas PI reguliavimo dėsnis. ITAE metodu skaičiuojami reguliatoriaus derinimo parametrai. Susiradus visus reikiamus parametrus ir sustačius į matematinį modelį buvo ištirtas visas objekto pereinamasis procesas. Pagal nuotekų valyklos techninius katalogus buvo parenkami matavimo prietaisai ir naudojama įranga.

Reikšminiai žodžiai: automatizavimas, srautas, santykis, perdavimo funkcija, reguliatorius.

Raišelis, Karolis. Investigation of Control System of Initial Sludge Pump-House at Alytus Waste-Water Treatment System. Bachelor's finishing project thesis. Supervisor doc. dr. Donatas Levišauskas; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of automation.

Kaunas, 2015. 32 psl.

SUMMARY

Throughout this final work, only the small part of the Alytus waste-water treatment system was investigated, which is the primary sludge pumping control system. This control system plays a crucial part in the overall waste- water cleaning process. In the case, of this process stopping , the control becomes ineffective, because the sludge is not being dehydrated in the primary sludge pumping system.

To create the module for this process , the investigation of transition process and it's indications were used. From the technological descriptions, the automatisation scheme and its description of its working principle is being formed. For the whole system , the connection schemes are created and their working principle is explained. Later on, for the system module, the "Simulink" modulating environment is used. The findings of the sludge and flocculant from the object, are approximated by using SMITHS method. PI regulating law is chosen for the study of the object. With the method of ITAE, the combining parameters of the regulator, are calculated. After all, the necessary data is being chosen and is fed into the mathematical model, all of the transitional process of the object was investigated. According to the technical catalogues of the wastewater cleaning plant, the necessary measuring tools and equipment were selected and used.

Keywords: automation, flow, ratio, transfer function, regulator.

TURINYS

Įvadas	8
1. Alytaus miesto nuotekų valykla.....	9
2. Metodinė Dalis.....	11
2.1 Technologijos aprašas ir technologinė schema	11
2.2 Automatizavimo schema ir jos veikimo aprašas	13
2.3 Ryšių schemas ir jų veikimo aprašai	15
2.4 Sistemos struktūrinė schema	17
2.5 Automatizavimo Įtaisai	18
3. Tyrimo rezultatai.....	21
3.1 Valdymo objekto eksperimentinis tyrimas.....	21
3.2 Perdavimo funkcijos identifikavimas iš šuolinės reakcijos kreivės smith'o metodu	23
3.3 Regulatoriaus derinimas.....	25
3.3.1 Derinimo metodo parinkimas.....	25
3.3.2 Simulink modelis.....	28
3.3.3 Pereinamųjų procesų kokybės rodiklių nustatymas.....	30
4. Išvados.....	31
5. Naudota literatūra.....	32
Priedai	33

IVADAS

Vanduo yra labai svarbus mūsų gyvenime. Jis mus lydi visur ir visada. Be jo gyvenimas Žemėje būtų neįmanomas. Tai medžiaga, kuri negali būti pakeičiama niekuo kitu. Vanduo yra toks dalykas, kuriame ištirpsta tiek organinės, tiek sintetinės medžiagos, tačiau labai lengva padaryti didelės žalos su tomis medžiagomis kurių vanduo negali ištirpinti. Dėl to vandenį reikia saugoti ir tausoti, nes be jo, kaip ir be oro, negalėtų išgyventi ir vystytis nė vienas organizmas.

Šiais laikais didėjant žmonių populiacijai ir plečiantis pramonei yra vis daugiau naudojamas geriamasis vanduo, tačiau tuo pačiu ir teršiamas. Lengviausia yra užteršti vandenį, tačiau jį išvalyti nėra taip paprasta. Kad neprarastume svarbiausio energijos šaltinio yra pradėta statyti naujos ar modernizuoti senas nuotekų valymo sistemas. Toks modernizavimas atliktas Alytaus nuotekų valyklos įrenginiuose. Buvo atnaujintas dumblo ūkis, pasenusi ir jau susidėvėjusi įranga, pastatytas naujas šiuolaikinis biologinis pūdyklas.

Šiame bakalauriniame darbe buvo išanalizuotas Alytaus nuotekų valymo pirminio dumblo siurblinės technologinis procesas. Surinkti eksperimentiniai duomenys, pagal kuriuos buvo įvertinti proceso dinaminiai parametrai. Sumodeliuotas sistemos modelis Simulink programiniu paketu ir atliktas regulatoriaus derinimas šiai sistemai.

Darbo tikslas: Imitacinio modeliavimo būdu ištirti nuotekų valymo sistemos pirminio dumblo siurblinės dumblo ir flokulianto srautų valdymo sistemą.

1. ALYTAUS MIESTO NUOTEKŲ VALYKLA

Alytaus mieste visos nuotekų tinklais surenkamos nuotekos yra mechaniškai ir biologiškai išvalomos 1999 metais rekonstruotoje ir išplėstoje nuotekų valykloje. Valykla pagal išvalymo rodiklius atitinka visus šiandien šalies ir Europos Sąjungos keliamus reikalavimus nuotekų valymui, joje įdiegtas ir biogenų (azoto ir fosforo) šalinimas. Valyklos pajėgumas 33 tūkst. m³ per parą.

Valyklos rekonstrukcijos projektavimo darbai buvo vykdomi 1991–1995 metais, kai vandens suvartojimas Alytaus mieste, o tuo pačiu ir išleidžiamų nuotekų kiekiai, buvo daugiau nei tris kartus didesni lyginant su esamuoju laikotarpiu. Skaičiuojant projektinius pajėgumus, buvo vertinami galimi momentiniai maksimalūs apkrovimai. Todėl šiuo metu valyklos pajėgumai nėra optimaliai išnaudojami. Valykla turi dvi mechaninio ir biologinio valymo linijas. Esant nepakankamiems apkrovimams, pakaitomis naudojama po vieną liniją. Nuotekų valymo įrenginių išplėtimo ir rekonstrukcijos metu pagrindinis dėmesys buvo skiriamas technologiniam procesui, nebuvo išspręsti dumblo apdorojimo ir sandėliavimo klausimai, pagrindinių nuotekų padavimo kolektorių atstatymas. Dirbant su techniškai pasenusiais ir susidėvėjusiais juostiniais filtpresais, iki 30% dumblo su dumblo vandeniu grąžinama į valymo įrenginių pradžią, didelė nuvandeninto dumblo drėgmė. Be to, per 13 metų gerokai nusidėvėjo ir sumontuoti nauji įrenginiai. Visa tai didina eksploatacines išlaidas. Vienos iš didžiausių išlaidų nuotekų valykloje – elektros energijos išlaidos. Elektros energijos suvartojimas vertinamas pagal valykloje išvalyto dumblo kiekį.

Kiekvienais metais į valyklą atitekančių nuotekų koncentracija gerokai skiriasi, todėl atitinkamai elektros energijos suvartojimo rodiklis gana stipriai svyruoja.

Ataskaitiniais metais nuotekų valykloje buvo atliekami tik smulkūs atskirų įrengimų remonto darbai. Technologinių įrenginių atnaujinimas nebuvo vykdomas. 2011 metais buvo parengta valyklos mechaninės dalies rekonstrukcijos galimybių studija. Pagal ją bei numatomą ateinančiais metais parengti techninį projektą, tikimasi gauti ES paramos lėšų susidėvėjusių grandžių atstatymui bei pertvarkymui pagal sumažėjusius išvalomų nuotekų kiekius.

Dumblo ūkis – vienas iš labiausiai susidėvėjusių, todėl šio projekto įgyvendinimas iš esmės pakeitė dumblo tvarkymo procesą bei patikimumą, taip pat buvo rekonstruotos valyklos smėliagaudės. Tai atlikus, viena opiausių šiandieninių ir būsimų problemų tvarkant nuotekas liks po valymo proceso išdžiovinto ir jau sukaupto sandėliuojamo dumblo sutvarkymas. Dumblas sandėliuojamas išeksploatuotuose žvyro karjeruose, esančiuose Nemuno upės pakrantės apsauginėje zonoje arba šalia jos. Dugnas po dumblu minėtuose karjeruose yra laidus, todėl visi teršalai, nusifiltravę iš dumblo, su gruntiniais vandenimis patenka į Nemuną. Karjeruose sukaupta

apie 300 tūkst. m³ dumblo, kasmet į juos patenka po 12–14 tūkst. m³ dumblo. Minėtas investicinis projektas apima naujai susidarančio dumblo pūdymo, sausinimo ir džiovinimo procesus. Tuo tarpu sukaupto dumblo sandėliavimo ar tolesnio jo panaudojimo problema liks neišspręsta.

Nuotekų valymo įrenginių nuotekų išvalymo efektyvumas atitinka projektinius reikalavimus ir galiojančias nuotekų išvalymo normas. Mažėjant nuotekų kiekiams, pastebimos didėjančios teršalų koncentracijos, tačiau nuotekų išvalymo efektyvumas taip pat didėja ir įmonė kasmet į aplinką išleidžia vis mažiau teršalų. Valyklos darbo kokybiniai rodikliai pateikti lentelėje. [3].

1.1 lentelė. Valyklos kokybės rodikliai

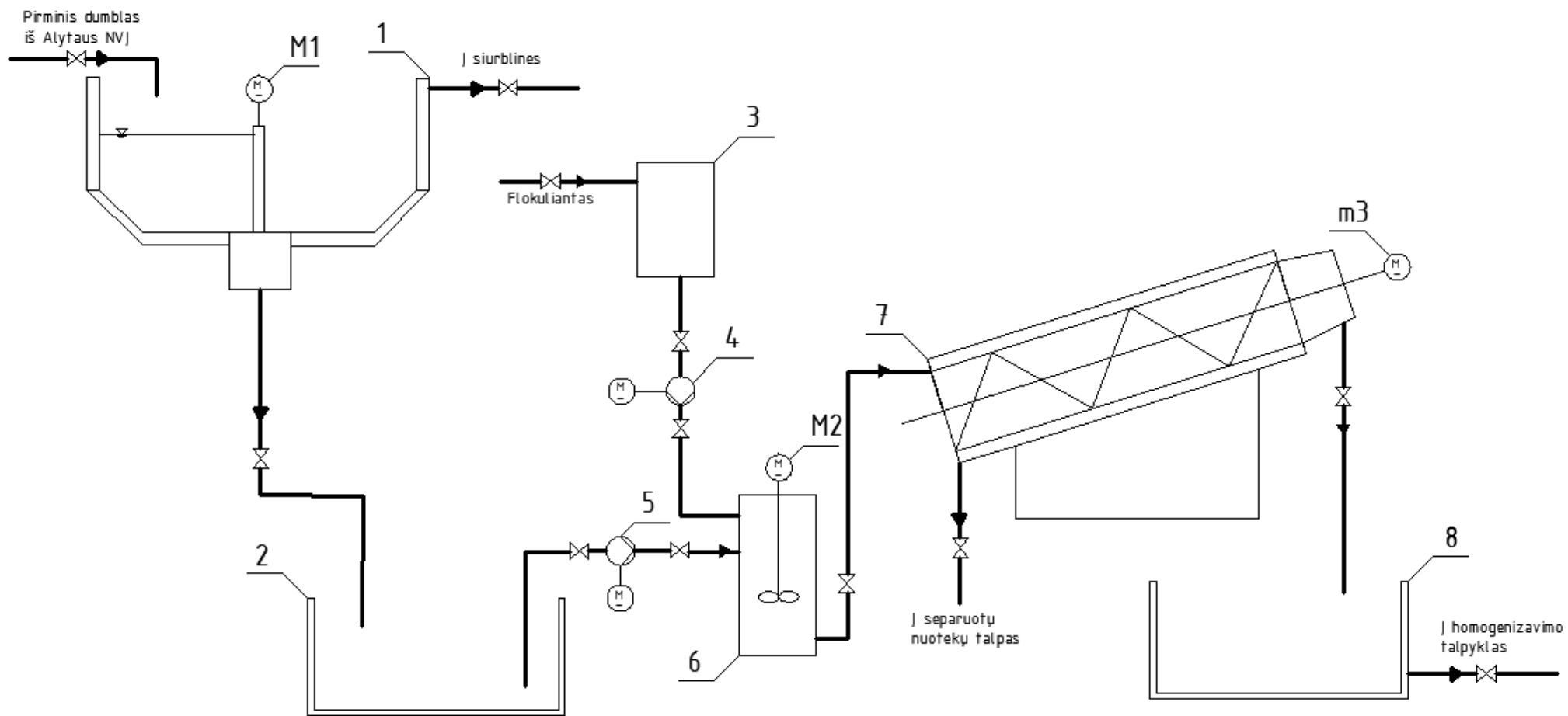
Teršalų pavadinimas	Nustatyti reikalavimai, mg/l	Koncentracijos mg/l		Išvalymo efektyvumas, %
		prieš valymą	po valymo	
Skendinčios medžiagos	nereglamentuota	424	11,0	97
BDS7	17	588	5,4	99
B. azotas	15	74,9	8,4	89
B. fosforas	2	9,82	0,94	90
Varis	nereglamentuota	0,06	0,01	86
Cinkas	nereglamentuota	0,36	0,13	64
Nikelis	0,05	0,10	0,03	74
Naftos pr.	nereglamentuota	1,02	0,13	8z
ChDS	125	1268	39	97
Riebalai	7	101	3	97

2. METODINĖ DALIS

2.1 TECHNOLOGIJOS APRAŠAS IR TECHNOLOGINĖ SCHEMA

Į valyklą miesto nuotekos visų pirma patenka į stambaus valymo talpyklas. Išvalius stambiausias atliekas, nuotekos mechaniškai valomos dviejuose pirminiuose sėsdintuvuose 1, kurių diametras 30m, gylis- 3m, bendras tūris- 4500 m³. Talpykloje yra įrengtas grandiklis ir putų surinktuvas, kurį suka 3 kW galingumo variklis M1, jam numatoma rankinio ir distancinio valdymo sistema. Surinktuvo pagalba yra surenkamos plūduriuojančios paviršinės medžiagos, kurios yra nukreipiamos į siurbines. Grandiklių pagalba nuo dugno į talpyklos centre esančia talpyklą yra surenkamas nusėdęs pirminis dumblas. Susidaręs pirminis dumblas iš sėsdintuvų šalinamas vamzdžiais žemyn nuo kalno į pirminio dumblo siurblinę 2, kurios talpa yra 25m³. Šioje talpoje yra įrengta lygio registravimo ir signalizavimo sistema, kuri pradeda signalizuoti esant aukštam arba žemam dumblo lygiui. Prie talpyklos yra pajungti du dumblo siurbiai 5, kuriuos suka 5,5 kw galingumo varikliai. Vienas siurblys yra pagrindinis, kuris dirba pastoviai, o kitas rezervinis jeigu sugestu pagrindinis. Į talpyklą 6, kuriame vyksta maišymas iš siurblinės 2 dumblas turi būti tiekiamas pastoviu užduotu srautu, todėl reikia numatyti srauto automatinio reguliavimo sistemą. Į flokulianto talpyklą 3 yra paduodamas jau paruoštas katijoninis neaukšto polimerizacijos laipsnio flokuliantas. Numatoma lygio reguliavimo sistema, kuri palaikytu tam tikrą užduotą lygį. Iš talpyklos 3 siurblio 4, kurį suka 2 kW variklis pagalba flokuliantas tam tikru užduotu srautu yra pumpuojamas į talpyklą 6, todėl reikia numatyti srauto automatinio reguliavimo sistemą.

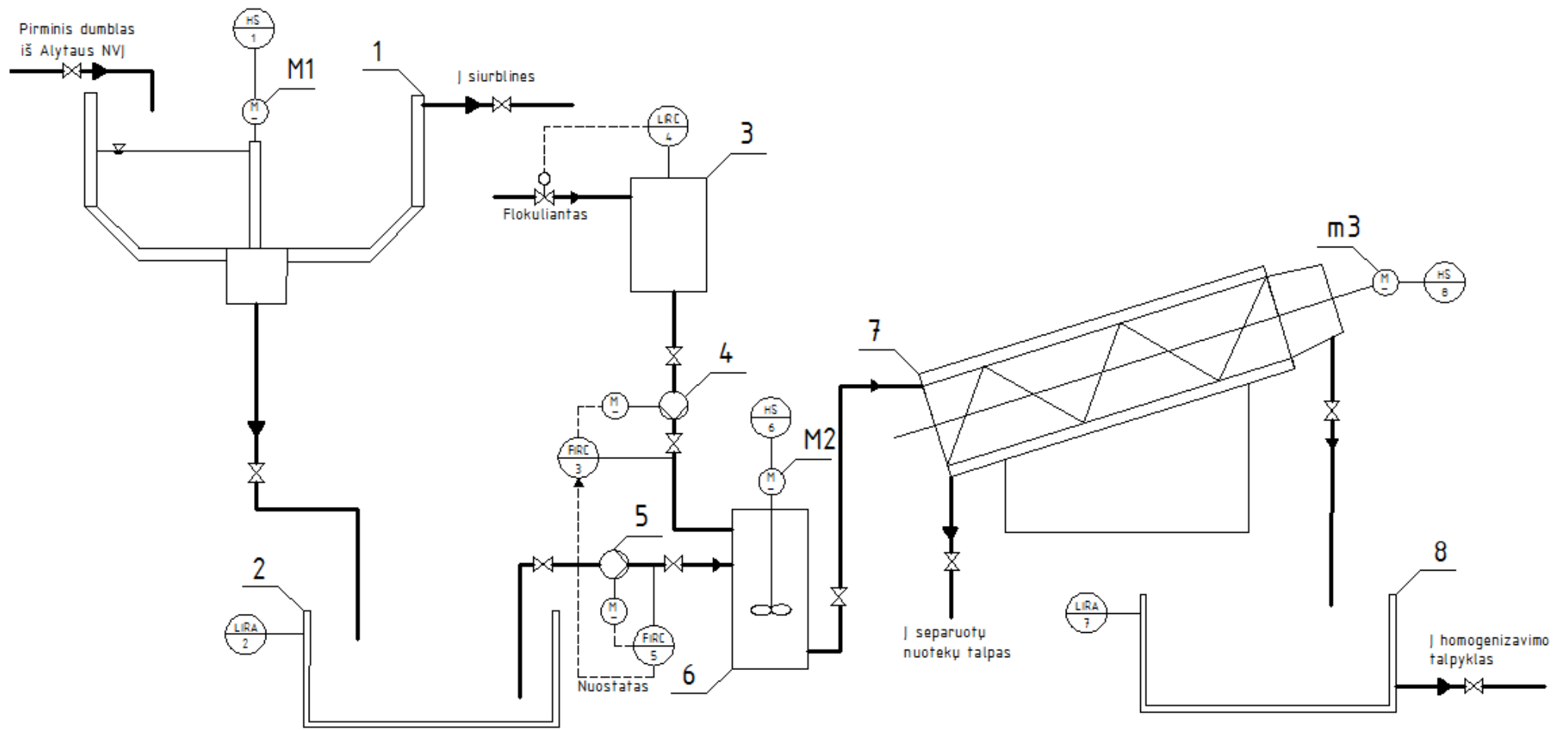
Dumblas ir flokuliantas tam tikru santykiu yra paduodamas į talpą 6, kurioje yra panardinta maišyklė M2. Maišyklę suka 3 kW galingumo variklis. Šiam varikliui numatoma distancinio valdymo sistema. Maišyklės pagalba atitekėjusios nuotekos yra sumaišomas su flokuliantu, kurio pasekoje skystam dumblui reaguojant su polimerais susidaro dumblo dribsniai. Dumblas vamzdžiais nuteka į būgninį dumblo tankinimo įrenginį 7, kuriame tiekiamas į horizontaliai besisukančio cilindro vidų ir kreipiančiosiomis perimetrinio sraigto tipo briaunomis stumiamas į kitą cilindro galą. Tankinimas vyksta dumblui skleidžiantis ant filtruojančio audeklo ir filtruojantis dumblo vandeniui. Sutankintas dumblas surenkamas ir nuvedamas į talpyklą 8. Būgninį tankintuvą suka 6 kW variklis M3, kuriam numatoma distancinio valdymo sistema. Talpykloje 8 yra matuojamas sutankinto dumblo lygis, esant per dideliu ar mažam lygiui yra signalizuojama, todėl numatoma dumblo lygio matavimas. Surinktas dumblas iš talpyklos 8 yra vamzdžiai nuvedamas tolimesniam apdorojimui.



2.1 pav. Technologinė schema

2.2 AUTOMATIZAVIMO SCHEMA IR JOS VEIKIMO APRAŠAS

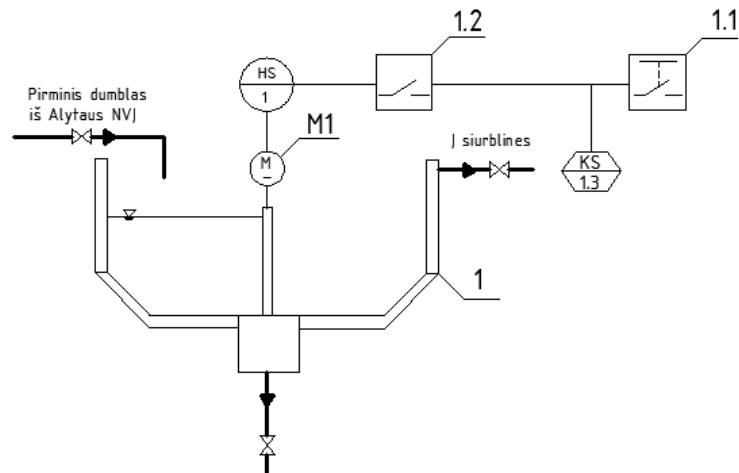
Pirminiuose sėsdintuvuose įrengtiems varikliams M1 valdyti rankiniu ir nuotoliniu būdu įrengta sistema HS1. 2- jame įrenginyje dumblo lygį indikuoja, registruoja ir signalizuoja sistema LIRA2, pasiekus viršutinį arba apatinį nustatytą lygį įsijungia perspėjamasis garso signalas. Iš talpyklos 2 išeinamo dumblo srautą matuoja, indikuoja, registruoja ir reguliuoja sistema FIRC5, keičiant dažnio keitikliu variklio 5 apsisukimų skaičių yra palaikomas nustatytas dumblo srautas. Talpykloje 3 yra lygio indikavimo, registravimo ir reguliavimo sistema LIRC3. Pasiekus lygiui viršutinę ribą yra uždaroma į talpyklą paduodamo flokulianto sklendė, o nukritus žemiau nustatytos ribos yra vėl atidaroma. Išeinančio iš talpos flokulianto srautą indikuoja, registruoja ir reguliuoja sistema FIRC4, keičiant dažnio keitikliu variklio 4 apsisukimų skaičių palaikomas flokulianto nustatytas srautas. M2 maišyklės variklį valdo nuotoliniu būdu sistema HS6. Būgninio tankintuvo variklį nuotoliniu būdu valdo sistema HS7. Talpykloje 8 esančio sutankinto dumblo lygį indikuoja, registruoja ir signalizuoja įrengta sistema LIRA8. Ši sistema signalizuoja jei talpykloje yra per žemas arba per aukštas lygis.



2.1 pav. Sistemos automatizavimo schema

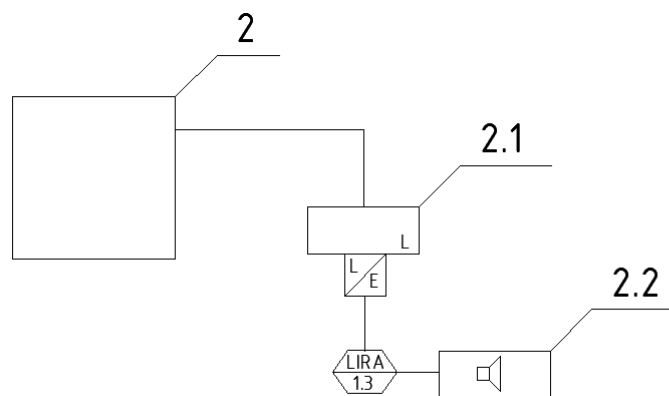
2.3 RYŠIŲ SCHEMAS IR JŲ VEIKIMO APRAŠAI

Pirminio dumblo siurblinei, kurioje yra 8 automatizavimo taškai, buvo nubraižytos tik 4 ryšių schemos (žr. 2.3-2.6 pav.) ir parašyti veikimo aprašai. Likusios 4 ryšių schemos yra tokios pat kaip aprašomos čia, dėl to likusias schemas sukėliau į darbo priedus.



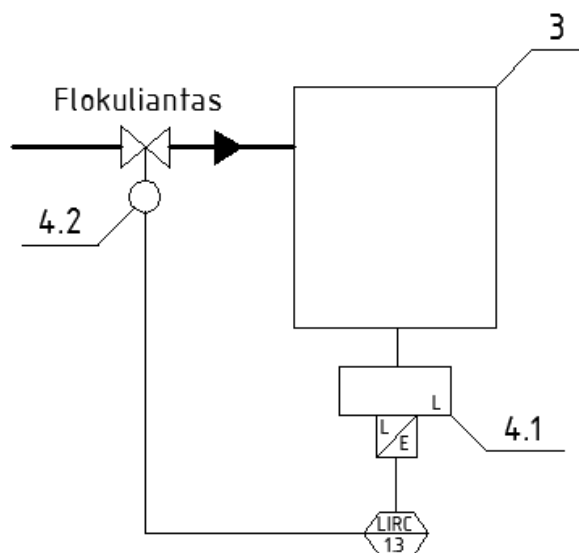
2.3 pav. Variklio nuotolinio valdymo sistemos HS1 ryšių schema

Veikimo aprašas: Paspaudus mygtuką 1.1, esantį prie įrenginio, suveikia magnetinis paleidiklis 1.2, kuris paleidžia arba stabdo pirminio dumblo aikšteles grandiklių variklį M1. Per magnetinį paleidiklį variklį pagal nustatytą programą taip pat gali valdyti valdiklis 1.3.



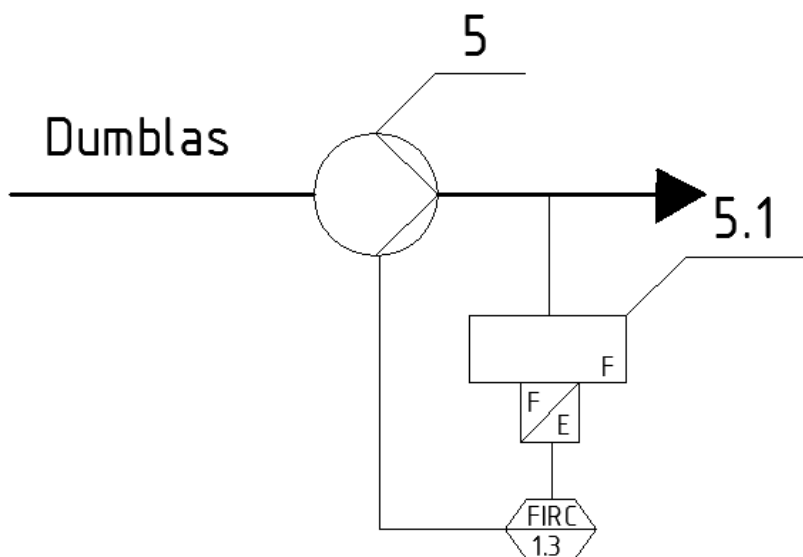
2.4 pav. Lygio matavimo ir signalizavimo sistemos LIRA2 ryšių schema

Veikimo aprašas: Rezervuare 2 lygį matuoja hidrostatinis lygio matuoklis 2.1 su keitikliu, kuris keičia lygį (4-20) mA srove. Iš jo srovės signalą gauna valdiklis 1.3, kuris esant viršutinei arba apatinei lygio vertei siunčia signalą į sireną 2.2



2.5 pav. Lygio reguliavimo sistemos LIRC4 ryšių schema

Veikimo aprašas: Rezervuare 3 lygį matuoja hidrostatinis lygio matuoklis 4.1 su keitikliu, kuris keičia lygį srovės (4-20) mA. Iš jo srovės signalą gauna valdiklis 1.3, kuris valdo vykdomo įtaisą 4.2, keičiantį tiekiamo flokulianto kiekį.

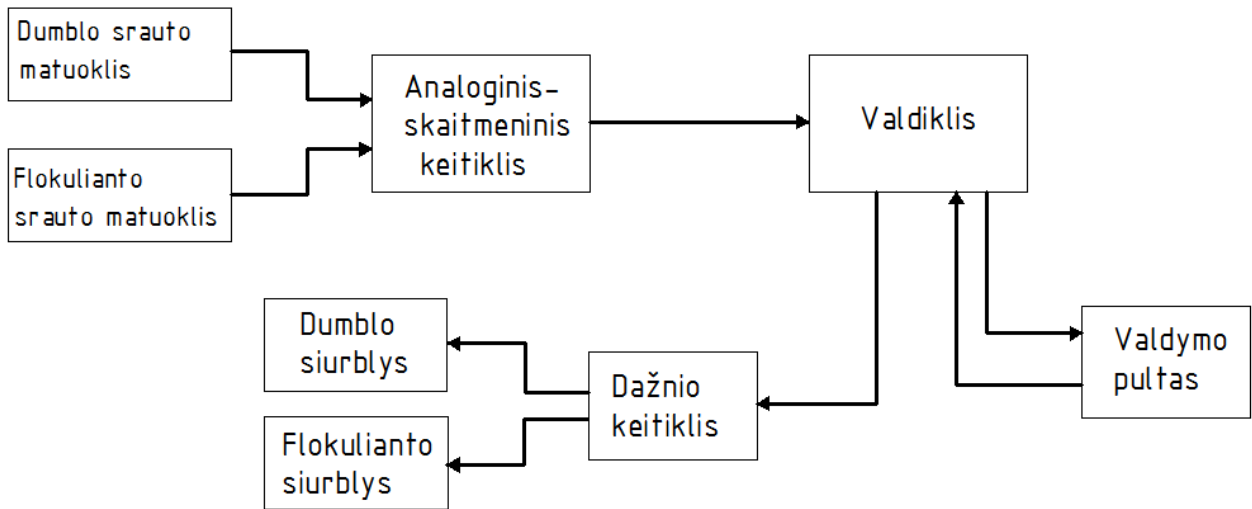


2.6 pav. Srauto reguliavimo sistemos FIRC5 ryšių schema

Veikimo aprašas: Dumblo srautą matuoja elektromagnetinis srauto matuoklis 5.1 su keitikliu, keičiančiu srautą (4-20) mA srove. Iš jo srovės signalas perduodamas valdikliui 1.3, kuris pagal tam tikrą užprogramuotą dėsnį (PI), valdo siurblių 5.

2.4 SISTEMOS STRUKTŪRINĖ SCHEMA

Sudaryta struktūrinė sistemos schema. Ji pateikiama paveikslėlyje Nr. 2.7



2.7 pav. Sistemos struktūrinė schema

Struktūrinės schemos veikimo aprašymas: Dumblo ir flokulianto srauto jutikliai siunčia įtampą į ADC keitiklį, kuris keičia atėjusį iš jutiklio analoginį signalą skaitmeniniu. Iš keitiklio skaitmeninis signalas keliauja į valdiklį, kuriame apdorojamas. Valdiklis visą reikiamą informaciją siunčia į valdymo pultą, o iš jo gauna informaciją kaip reikia reguliuoti pagal gautus duomenis valdomus siurblius. Dažnio keitiklis visa reikiama informacija kaip valdyti siurblius gauna iš valdiklio. Sukonfigūravęs reikiamą dažnį valdo variklių apsisukimo skaičių.

2.5 AUTOMATIZAVIMO ĮTAISAI

Mechaniniai dumblo siurblinės daliai yra naudojami automatizavimo įtaisai, kurie yra reikalingi, kad procesas būtų tinkamai automatizuotas. Šiai sistemai buvo parinkti srauto matuokliai, lygio jutikliai, dumblo siurbiai bei jiems valdyti dažnio keitiklis.

2.1 lentelė

Eil. Nr.	Įtaisas	Techniniai reikalavimai
1	Srauto matuoklis	Dumblo srauto matavimo ribos nuo 0 iki 25m ³ /h, tikslumas ±0,2%, matavimo tipas- elektromagnetinė indukcija, diametras- 1500mm, privaloma apsaugos klasė IP68
2	Lygio matuoklis	Jutiklio tipas- hidrostatinis, išėjimo signalas (4-20mA), matavimo diapazonas nuo 0 iki 20 bar, maitinimas 24 V DC, apsauga ne mažesnė kaip IP68.
3	Dumblo siurblys	Siurblys turi būti pritaikytas pumpuoti dumblui, maksimali galia- 5,5 kW, apsaugos klasė IP68.
4	Dažnio keitiklis	Dažnio keitiklis maitinamas 24V DC, galios ribos- 3x200-240V 5,5 kW, maksimali darbinė temperatūra- 50°C, turi turėti visas variklio apsaugas, vietinio valdymo panelę.

Dumblo ir flokulianto srauto matavimui parinktas elektromagnetinis srauto matuoklis SIEMENS SITRANS F M MAG 5100 W. Srauto jutiklio techninės charakteristikos:

- Matavimo diapazonas: nuo 0 iki 30 m³/h;
- Matuoklio diametras: nuo 15 mm iki 2000 mm;
- Tikslumas: ±0,2% ;
- Darbinė temperatūra : nuo -10 iki 70 °C;
- Matavimo principas: elektromagnetinė indukcija;
- Saugumo klasė: IP68.



2.8 pav SITRANS F M MAG 5100 W [4].

Šiam srauto matuokliui buvo parinktas ir uždėtas jo antrinis prietaisas SIEMENS SITRANS FM MAG 6000, kuris leidžia tiksliau sekti srautą ir perduoti duomenis. Jo techninės charakteristikos:

- Tikslumas: $\pm 0,2\%$;
- Išėjimai: 1 skaitmeninis, 1 relinis;
- Komunikacija: HART, MODBUS RTU, Profibus PA/DP, DeviceNet;
- Maitinimas: 12-24 V AC/DC, 115-230 V AC;
- Apsaugos klasė: IP67.



2.8 pav SITRANS FM MAG 6000 [5].

Lygiui talpyklose matuoti buvo parinktas hidrostatinis VEGABAR 86 tipo jutiklis. Jutiklios techninės charakteristikos:

- Tikslumas: $\pm 0,1\%$;
- Matavimo diapazonas: nuo 0 iki 25 bar;
- Išėjimas: 4÷20 mA;
- Darbinė temperatūra: nuo -12 iki 100 °C;
- Maitinimas 12-36 V DC;
- Apsaugos klasė: IP67



2.8 pav VEGABAR 86 [6].

Dumblo srautui palaikyti buvo parinktas FMC100.5,5-6 siurblys. Siurblio techninės charakteristikos:

- Maks. našumas: 3000l/min;
- Maks. spaudimas: 15m;
- Maks. galia: 5,5 kW;
- Apsukos: 960 aps/min;
- Korpuso medžiaga: ketus;
- Apsaugos klasė: IP68



2.9 pav FMC100.5,5-6 siurblys [8].

Siurblių varikliams valdyti buvo parinktas Danfoss REFRIGERATION DRIVE FC 103 dažnių keitiklis. Keitiklio techninės charakteristikos:

- Galios ribos: 3x200-240V 1,1-45 kW;
- Maksimali aplinkos temperatūra: 50°C;
- Magistralė: LON, Modbus RTU.
- Maitinimas: 24 V DC;
- Įėjimai: 3 skaitmeniniai,
2 analoginiai įtampos;
- Išėjimai: 2 skaitmeniniai,
1 analoginis srovės;



2.10 pav Danfoss keitiklis [7].

3. TYRIMO REZULTATAI

3.1 VALDYMO OBJEKTO EKSPERMENTINIS TYRIMAS

Tirsiu automatinės reguliavimo sistemos, kurią sudaro FIRC4 ir FIRC5 sistemų darba. Sistema yra labai svarbi, nes jos pagalba reikia palaikyti dviejų komponentų koncentraciją.

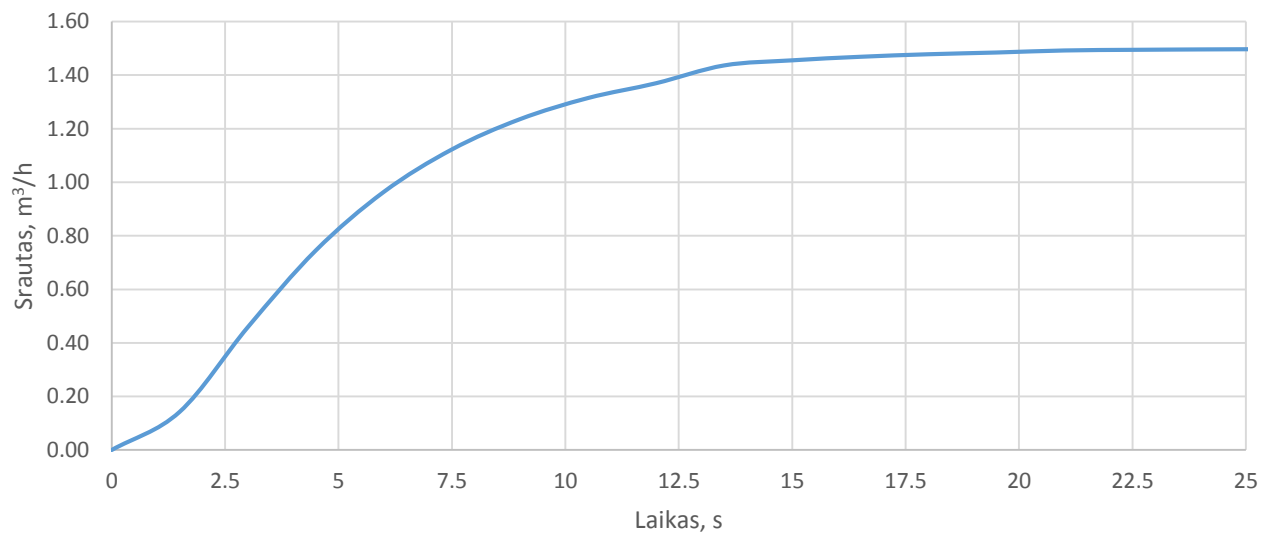
Eksperimentiniu būdu gautos nagrinėjamo objekto reakcijos kreivės, kurios pateiktos (3.1-3.2 lentelėse). Reakcijos kreivės gautos padavus į įėjimą šuolinį poveikį, pirmajai sistemos kreivei poveikis buvo nuo 50% iki 55%, o antrajai sistemos kreivei poveikis buvo nuo 40% iki 45%. Išėjime registruojamas dumblo ir flokulianto dydis tol kol nusistovi jų vertės. Šie duomenys pateikti pirmoje ir antroje lentelėse.

3.1 lentelė. Eksperimentiniai duomenys

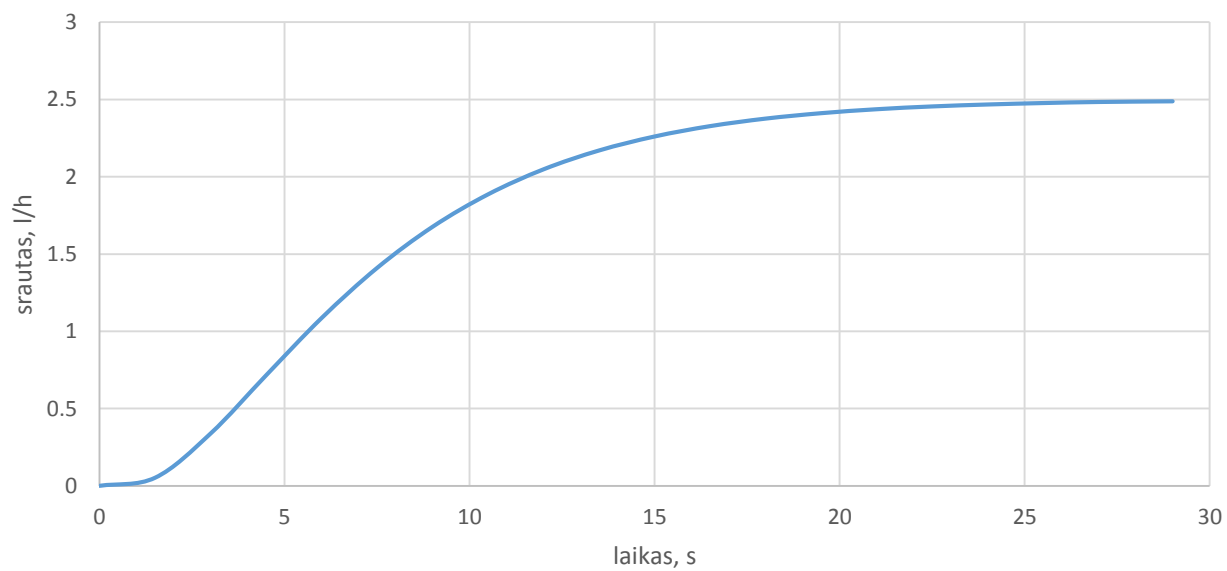
Laikas, s	Srautas, m ³ /h
0	0
1.5	0.143
3	0.459
4.5	0.746
6	0.964
7.5	1.123
9	1.236
10.5	1.315
12	1.370
13.5	1.437
15	1.456
16.5	1.469
18	1.478
19.5	1.485
21	1.493
22.5	1.495
24	1.496
25.5	1.497
27	1.498

3.2 lentelė. Eksperimentiniai duomenys

Laikas, s	Srautas, l/h
0	0
1.5	0.05
3	0.34
4.5	0.72
6	1.09
7.5	1.41
9	1.68
10.5	1.89
12	2.05
13.5	2.17
15	2.26
16.5	2.33
18	2.38
19.5	2.41
21	2.44
22.5	2.46
24	2.47
25.5	2.48
27	2.48



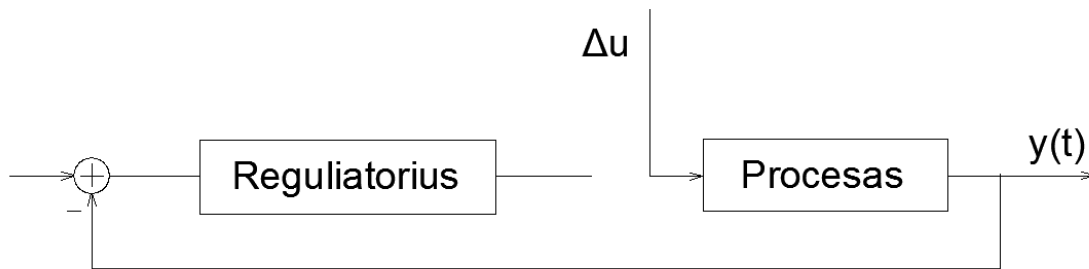
3.1 pav. FIRC4 objekto reakcijos kreivė



3.2 pav. FIRC5 objekto reakcijos kreivė

3.2 PERDAVIMO FUNKCIJOS IDENTIFIKAVIMAS IŠ ŠUOLINĖS REAKCIJOS KREIVĖS SMITH'Ų METODU

Grafiniais metodais perdavimo funkcijos parametrai nustatomi, remiantis eksperimentine reakcijos kreive. Nustatyti reakcijos kreivei yra atjungiamas sistemos reguliatorius (4.1 pav.)



3.3 pav. Eksperimento schema

Šuoliškai pakeitus proceso įėjimą dydžiu Δu , tada fiksuojamas išėjimo dydžio kitimas laikui begant $y(t)$ tol, kol nusistovi stabili vertė. Matuojamo proceso pokytis laiko momentu $t=0$ buvo lygus Δu , todėl naudojau tokias formules:

Stiprinimo koeficientas K_{pr}

$$K_{pr} = \frac{y(\infty)}{\Delta u} \quad (3.1)$$

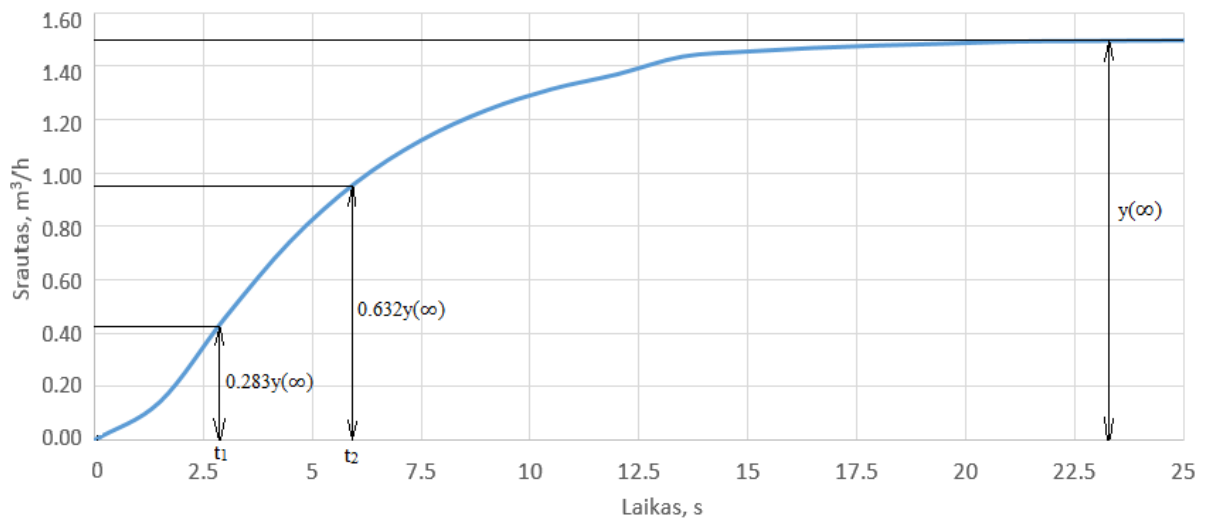
Laiko pastovioji T_{pr}

$$T_{pr} = \frac{3}{2}(t_2 - t_1) \quad (3.2)$$

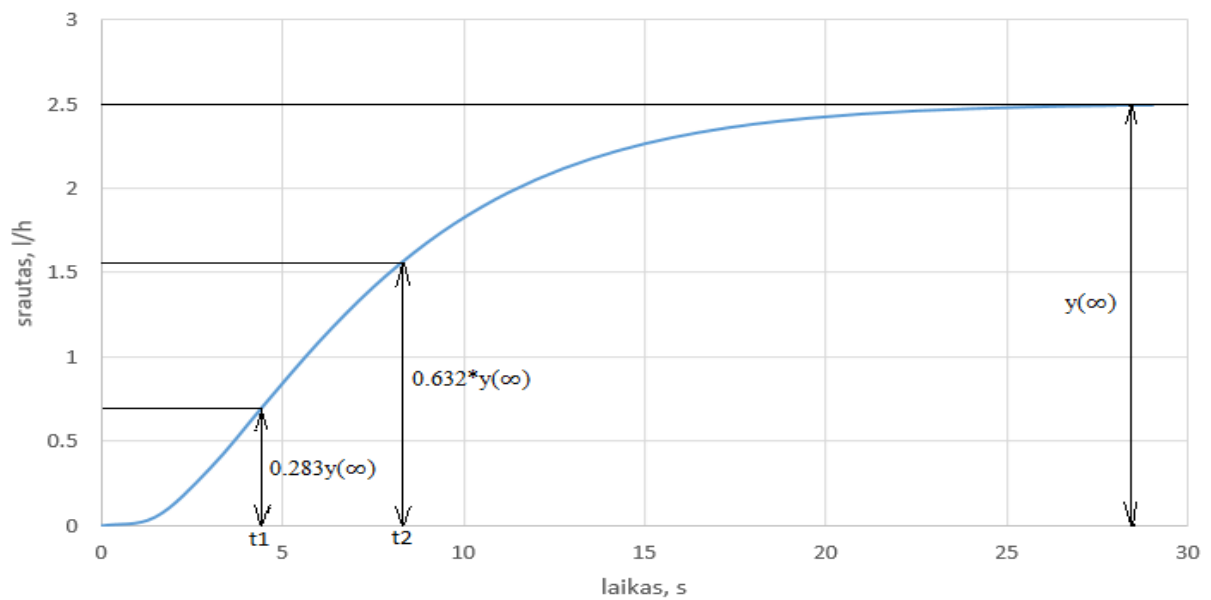
Atstojamoji vėlavimo trukmė τ_{pr}

$$\tau_{pr} = t_2 - T_{pr} \quad (3.3)$$

Perdavimo funkcijai paskaičiuoti yra rekomenduojami du taškai $t_1=(\tau_{pr} + T_{pr}/3)$ ir $t_2=(\tau_{pr} + T_{pr})$. Šiuos taškus atitinka reakcijos kreivės taškai $y(t_1)=0.283*y(\infty)$ ir $y(t_2)=0.632*y(\infty)$



3.4 pav. Parametrų nustatymas iš dumblo srauto kreivės



3.5 pav. Parametrų nustatymas iš flokulianto srauto kreivės

Gauti duomenys:

Dumblo srauto perdavimo funkcijos parametrai $k_{pr} = 0.3$, $T_{pr} = 4.5$, $\tau_{pr} = 1.3$

Flokulianto srauto perdavimo funkcijos parametrai $k_{pr} = 0.5$, $T_{pr} = 5.85$, $\tau_{pr} = 2.45$

3.3 REGULIATORIAUS DERINIMAS

Optimizavimas yra labai efektyvus reguliatorių projektavimo metodas. Metodo esmė gana paprasta. Parenkama reguliatoriaus struktūra ir derinimo parametrai. Formuluojamas optimizavimo kriterijus ir sudaroma atitinkama tikslo funkcija, kuri susieja pasirinktą kriterijų su optimizuojamais reguliatoriaus parametrais. Taip pat įvedami apribojimai, paprastai užrašomi nelygybėmis. Taip suformuluotas uždavinys gali būti sprendžiamas žinomais skaitmeniniais optimizavimo metodais. Šis metodas gerai tinka reguliatoriams, kurių struktūra ir parametrai apibrėžti.

Optimizuojant reikia atkreipti dėmesys į kai kurias situacijas, būtinas įvertinti praktiškai patikimiems rezultatams gauti:

1. Reikia ypatingo atidumo, formuluojant optimizavimo kriterijų ir apribojimus, nes su pasirinktu kriterijumi optimizavus reguliatoriaus parametrus, reguliatorius gali pasirodyti praktiškai netinkamas dėl neįvertintų apribojimų.
2. Tikslo funkcijos gali turėti keletą lokalinių ekstremumų.
3. Skaičiavimų gali būti daug.
4. Gali kilti skaitmeninių skaičiavimo problemų.

Nepaisant minėtų problemų, optimizavimas yra geras būdas reguliatoriams projektuoti.

Populiarūs optimizavimo kriterijai yra minimali integruota kvadratinė paklaida (ISE), minimali integruota absoliučioji paklaida (IAE) ir minimali integruota absoliučioji paklaida su laiko svoriniu koeficientu (ITAE). [2].

3.3.1 DERINIMO METODO PARINKIMAS

Parinktas PI reguliatoriaus derinimas pagal ITAE kriterijų. Naudojamos formulės, kai valdomas statinis objektas ir keičiamas nuostatas.

$$K_r = \frac{0,586}{K_{pr}} \left(\frac{T_{pr}}{\tau_{pr}} \right)^{0,916} \quad (3.4)$$

$$T_i = \frac{T_{pr}}{\left[1,03 - 0,165 \left(\frac{\tau_{pr}}{T_{pr}} \right) \right]} \quad (3.5)$$

Naudojant šias formules buvo apskaičiuoti reguliatoriaus derinimo parametrų nuostatai:

PI parametrai dumblo srautui:

$$K_{pr} = 6,0918$$

$$T_i = 4,581$$

PI parametrai flokulianto srautui:

$$K_{pr} = 2.601$$

$$T_i = 6.088$$

Vėliau PI reguliatoriui suderinti naudotas Analizinis metodas aperiodiniam procesui. Šis metodas skaičiuotas pagal šias formules:

$$K_r = \frac{0,6}{K_{pr} * \tau_{pr} / T_{pr}} \quad (3.6)$$

$$T_i = 0,6 * T_{pr} \quad (3.7)$$

Naudojant šias formules buvo apskaičiuoti reguliatoriaus derinimo parametrų nuostatai:

PI parametrai dumblo srautui:

$$K_{pr} = 6,9231$$

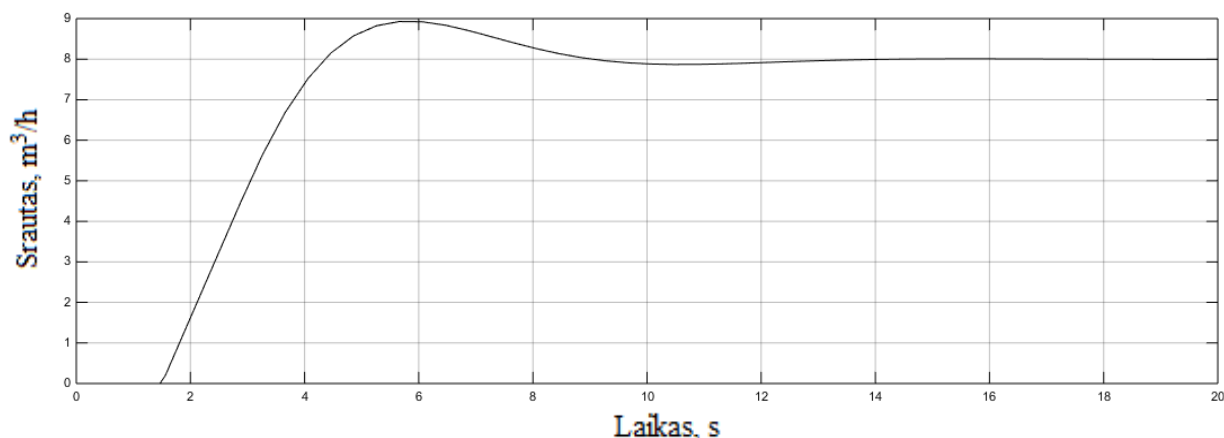
$$T_i = 2,7$$

PI parametrai flokulianto srautui:

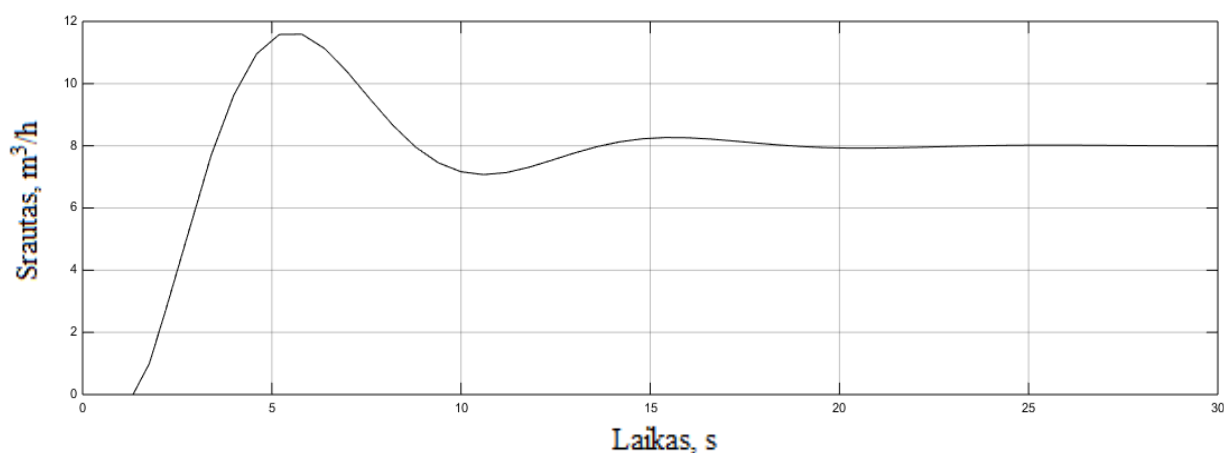
$$K_{pr} = 2.8653$$

$$T_i = 3.51$$

Suderinus reguliatorius, gauti tokie grafikai:



3.6 pav. Dumblo srauto valdymo sistemos reakcija į srauto nuostato pakeitimą, kai reguliatorius suderintas ITAE kriterijui



3.7 pav. Dumblo srauto valdymo sistemos reakcija į srauto nuostato pakeitimą, kai reguliatorius suderintas aperiodiniam procesui

Iš šių dviejų grafikų matyti, kad derinant ITAE metodu suderinimas vyksta daug sklandžiau, Aperiodinio reguliavimo trukmė ilgesnė, perreguliavimas didesnis. Todėl reguliatoriui derinti pasirinkau ITAE kriterijų.

Pi dėsnio reguliatoriaus lygtis yra

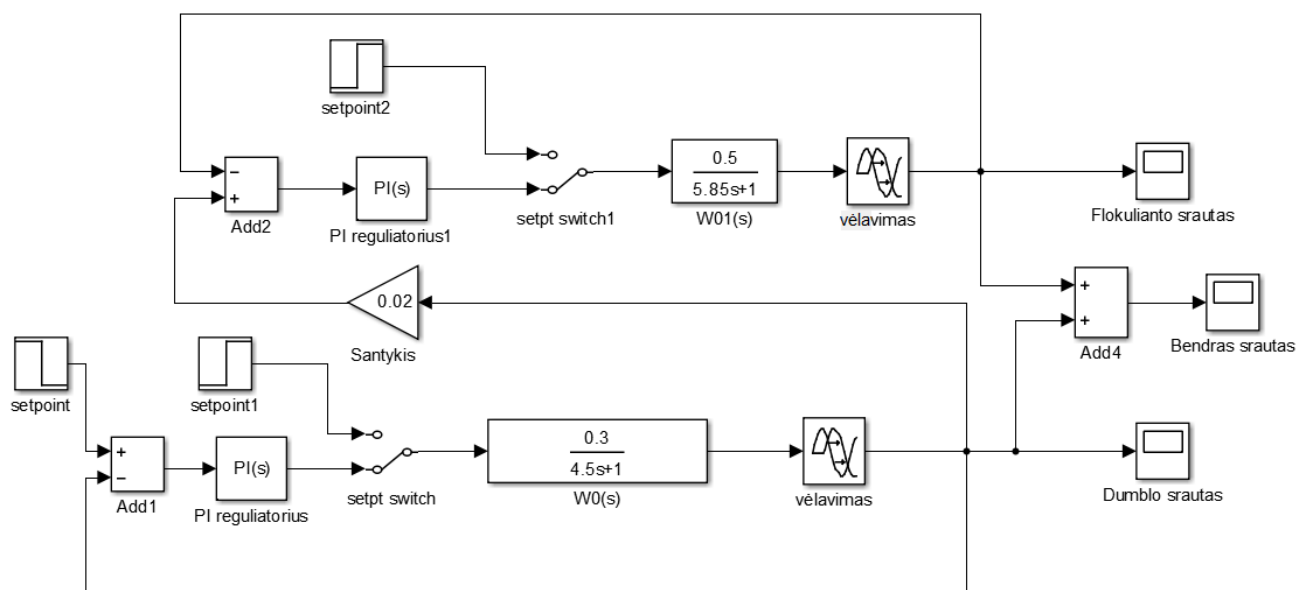
$$\mu_1(s) = k_{pr} \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) e(s) \quad (3.8)$$

O perdavimo funkcija

$$W_0(s) = k_{pr} \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (3.9)$$

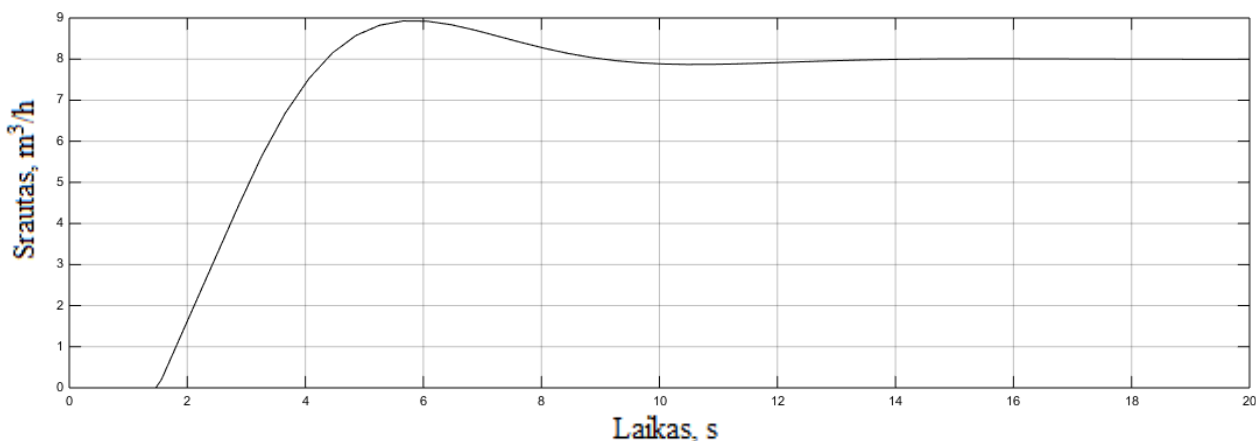
3.3.2 SIMULINK MODELIS

Sudariau Simulink sistemoje automatinio reguliavimo sistemą, kuri palaiko nustatytą išeinamo dumblo srautą. Taip pat pagal šio dumblo srautą yra palaikomas tam tikru nustatytu santykiu ir flokulianto srautas. Šios sistemos reguliavimas yra labai svarbus pirminio dumblo siurblinei, jei palaikomas santykis teisingas, tuomet būgninis tankintuvas dirba efektyviai. Jeigu srautas bus palaikomas neteisingai nustatytajam, reiškia koncentracija dviejų skysčių bus netinkama.

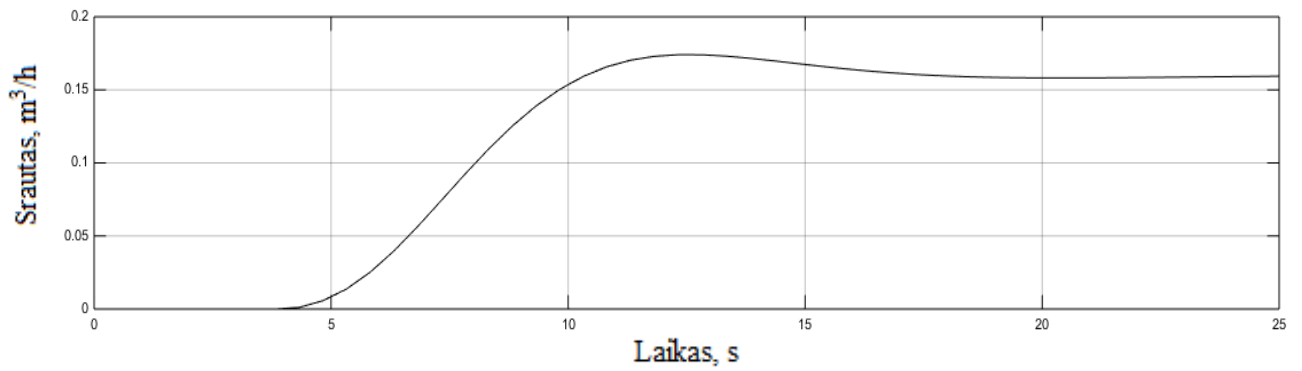


3.8 pav. Srauto santykio ARS simulink modelis

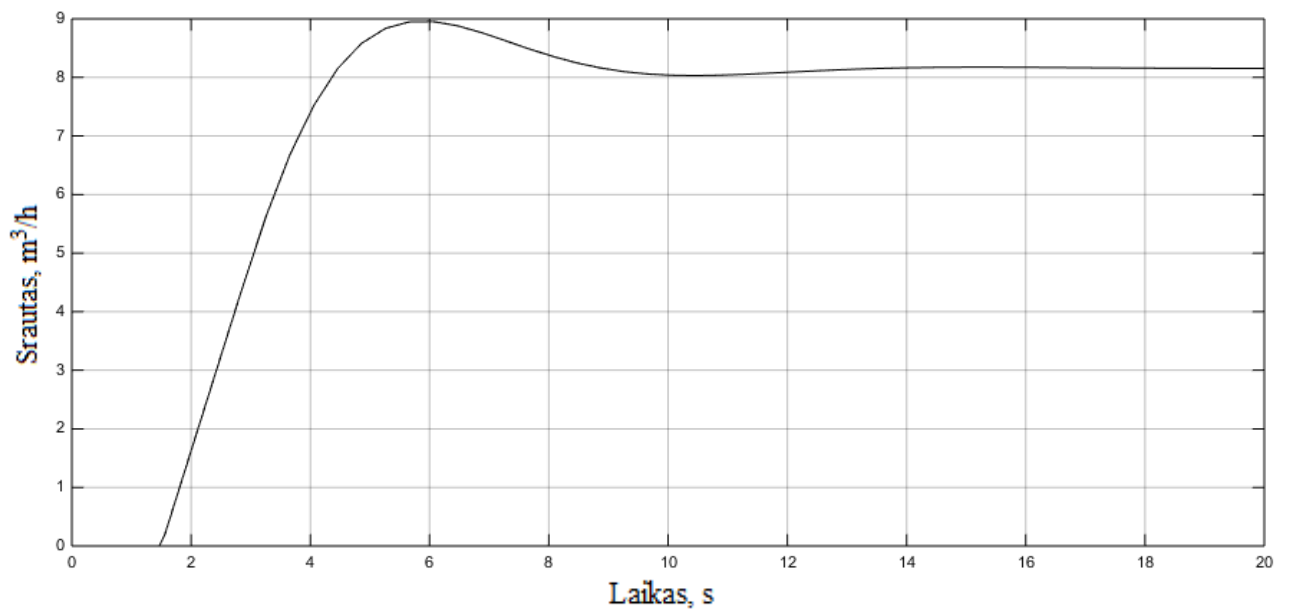
Visi gauti parametrai suvedami į automatinio reguliavimo sistemos modelį (3.8 pav).



3.9 pav. Dumblo srauto valdymo sistemos pereinamasis procesas



3.10 pav. Flokuliavimo srauto valdymo sistemos pereinamasis procesas

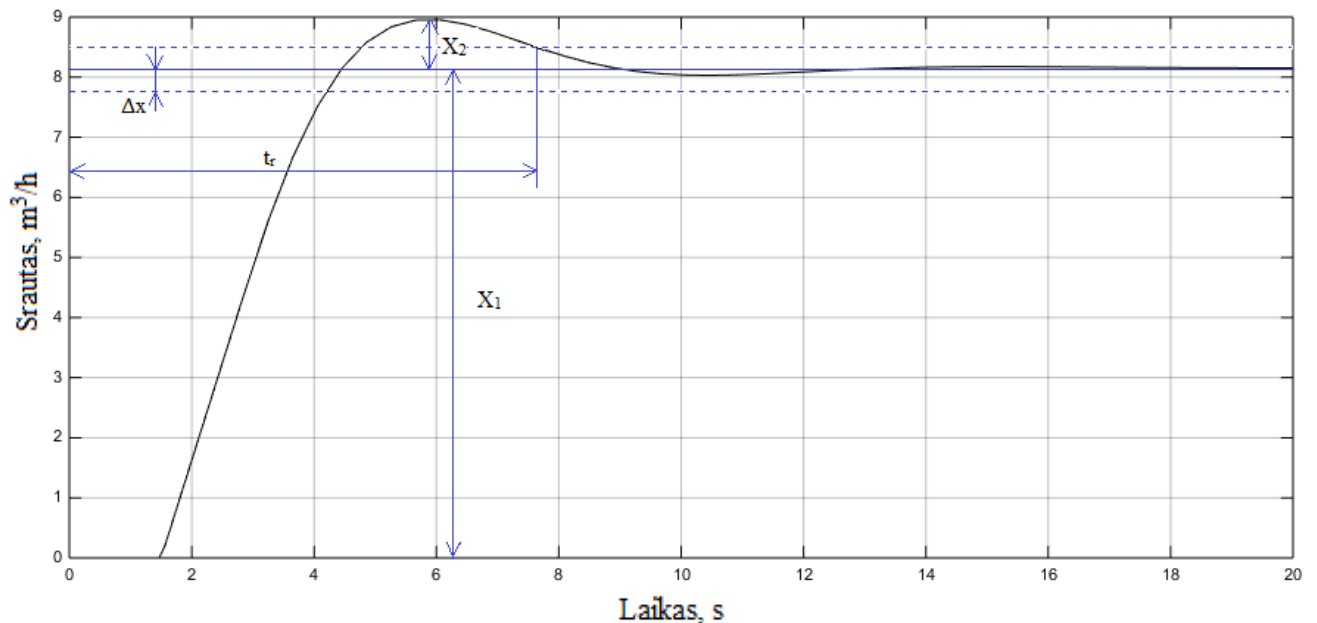


3.11 pav. Bendra abiejų srautų valdymo sistemos pereinamasis procesas

Pagal gautas kreives matyti, kad sudaryta valdymo sistema yra teisinga. Nedidelis perreguliavimas, greitai nusistovi užduotos reikšmės.

3.3.3 PEREINAMŪJŲ PROCESŲ KOKYBĖS RODIKLIŲ NUSTATYMAS

Toliau gautai kreivei (3.8 pav.) apskaičiuoju kokybės kriterijus.



3.12 pav. Pereinamojo proceso kokybės rodiklių nustatymas

Leistina dinaminė nuokrypa yra Δx ne didesnė nei 5% nuo nusistovėjusios reikšmės.

Maksimalus leistinas santykinis dinaminis nuokrypis (perreguliavimas σ) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\sigma = \frac{x_2}{x_1} \cdot 100 \quad (3.10)$$

$$x_2 = 0,8 \text{ m}^3/\text{h}; \quad x_1 = 8,2 \text{ m}^3/\text{h}. \quad (3.11)$$

$$\sigma = \frac{0,8}{8,2} \cdot 100 = 9,75\% \quad (3.12)$$

Reguliavimo trukmė:

$$t_r = 7,7 \text{ s}$$

Iš skaičiavimo matosi, kad perreguliavimas yra labai nedidelis, o sureguliuavimas įvyksta labai greitai. Todėl galima teigti, kad visi skaičiavimai buvo parinti gerai.

4. IŠVADOS

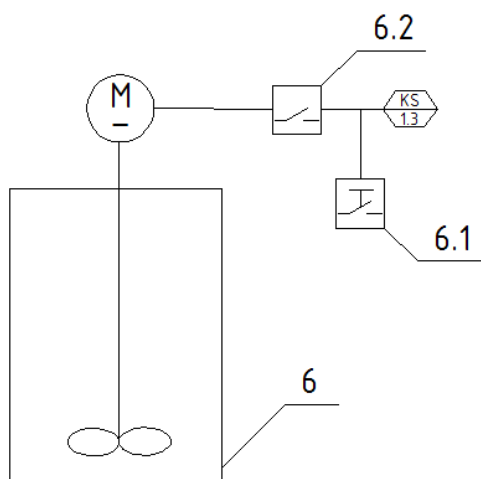
1. Bakalauriniame darbe atlikta nuotekų valymo ir pirminio dumblo siurblinės technologinių procesų analizė. Išnagrinėta dumblo ir flokulianto srautų reguliavimo sistema.
2. Eksperimentiškai nustatytos valdymo objekto reakcijos kreivės ir sudarytos dumblo ir flokulianto srautų perdavimo funkcijos.
3. Atliktos regulatoriaus parametrų derinimas, taikant integralinį ITAE kriterijų ir derinant aperiodiniam procesui.
4. Atliktas suderintos sistemos veikimo modeliavimas MATLAB SIMULINK aplinkoje, kuris parodė gerus srautų santykio reguliavimo kokybės rodiklius.

5. NAUDOTA LITERATŪRA

- 1) Vytautas Aleksa, Vytautas Galvanauskas – Technologinių procesų automatizavimas ir valdymas (*Technologija, Kaunas, 2008*)
- 2) Donatas Levišauskas – Automatinio reguliavimo sistemų derinimas (*VPU leidykla, Vilnius, 2008*)
- 3) Dzūkijos vandenys. [žiūrėta 2015 - 04 - 18]. Prieiga per internetą:
<<http://www.vandenys.lt/lt/>>
- 4) Srauto matuoklis SIEMENS SITRANS F M MAG 5100 W. [žiūrėta 2015-04-23]. Prieiga per internetą: <<http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/en/process-instrumentation/flow-measurement/electromagnetic/pulsed-dc-meters/sensors/pages/sitrans-f-m-mag-5100-w-for-water-applications.aspx#Detail>>
- 5) Antrinis prietaisas SIEMENS SITRANS FM MAG 6000 W. [žiūrėta 2015-04-23]. Prieiga per internetą: <<http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/en/process-instrumentation/flow-measurement/electromagnetic/pulsed-dc-meters/transmitters/Pages/sitrans-f-m-mag-6000.aspx>>
- 6) Hidrostatinis lygio matuoklis VEGABAR 86 [žiūrėta 2015-04-20]. Prieiga per internetą:
<http://www.elintosprekyba.lt/lt/g/lygio_jutikliai-kintamo_lygio_jutikliai-hidrostatiniai_lygio_jutikliai-vega>
- 7) Dažnio keitiklis Danfoss REFRIGERATION DRIVE FC 103. [žiūrėta 2015-04-25]. Prieiga per internetą: <<http://dotronika.lt/produktai/vlt-refrigeration-drive-fc-103/>>
- 8) Dumblo siurblys FMC100.5,5-6. [žiūrėta 2015-04-25]. Prieiga per internetą:
<<http://technobaltic.lt/lt/produktai/fekaliniai-siurbliai/sausai-montuojami-horizontalus-fekaliniai-siurbliai/fmc100-5-5-6-313-mb-single-channel-impeller-583>>

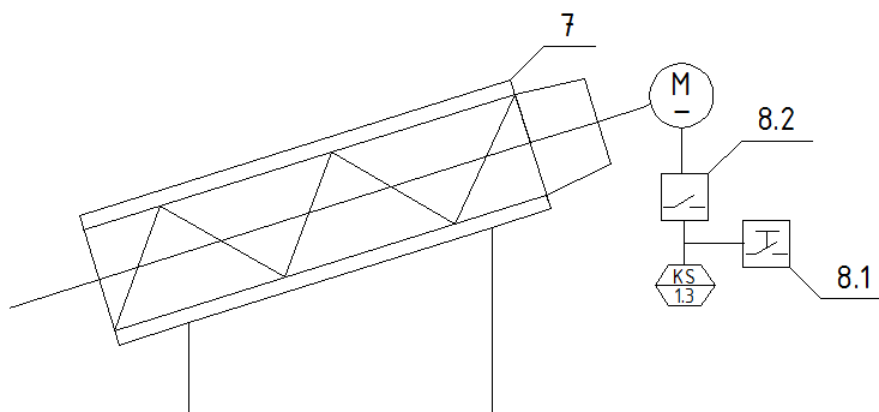
PRIEDAI

1 priede pateiktos keturios pasikartojančios ryšių schemos.



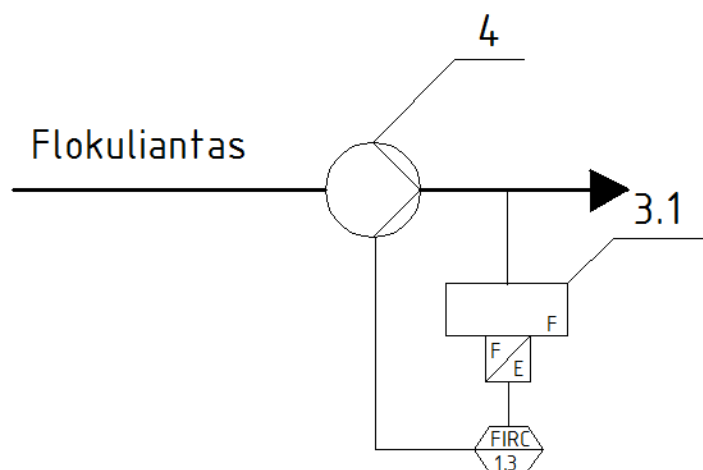
1 pav. Variklio nuotolinio valdymo sistemos HS6 ryšių schema

Veikimo aprašas: Paspaudus mygtuką 6.1, esantį prie įrenginio, suveikia magnetinis paleidiklis 6.2, kuris paleidžia arba stabdo talpyklos maišyklės variklį M2. Per magnetinį paleidiklį variklį pagal nustatytą programą taip pat gali valdyti valdiklis 1.3.



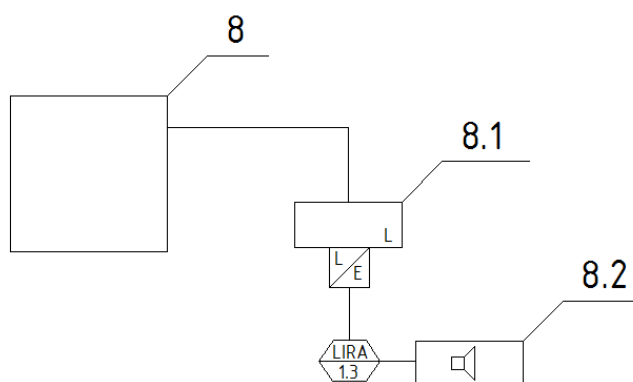
2 pav. Variklio nuotolinio valdymo sistemos HS8 ryšių schema

Veikimo aprašas: Paspaudus mygtuką 8.1, esantį prie įrenginio, suveikia magnetinis paleidiklis 8.2, kuris paleidžia arba stabdo talpyklos maišyklės variklį M3. Per magnetinį paleidiklį variklį pagal nustatytą programą taip pat gali valdyti valdiklis 1.3.



3 pav. Srauto reguliavimo sistemos FIRC4 ryšių schema

Veikimo aprašas: Flokulianto srautą matuoja elektromagnetinis srauto matuoklis 3.1 su keitikliu, keičiančiu srautą (4-20) mA srove. Iš jo srovės signalas perduodamas valdikliui 1.3, kuris pagal tam tikrą užprogramuotą dėsnį (PI), valdo siurblių 4.



4 pav. Lygio matavimo ir signalizavimo sistemos LIRA8 ryšių schema

Veikimo aprašas: Rezervuare 8 lygį matuoja hidrostatis lygio matuoklis 8.1 su keitikliu, kuris keičia lygį (4-20) mA srove. Iš jo srovės signalą gauna valdiklis 1.3, kuris esant viršutinei arba apatinei lygio vertei siunčia signalą į sireną 8.2