

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TÄPPISTEADUSTE VALDKOND
Tehnoloogiainstituut

Martin Külvik

**VAAKUMMEETRITEST TULEVA INFORMATSIOONI
EDASTAMINE ARVUTITESSE**

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Arvutitehnika eriala

Juhendaja: prof. Ergo Nõmmiste

Tartu 2016

Resümee / Abstract

Vaakummeetritest tuleva informatsiooni edastamine arvutitesse

Selle bakalaureusetöö eesmärk on koostada tarkvara, mis võimaldab sobiva riistvara olemasolul luua ühenduse vaakummeetri kontrolleri Edwards TIC Instrument Controller, pärida sellelt vaakummeetrite näitusid ja edastada saadud näidud võrguliidese abil teise arvutisse, et vabastada vaakummeetri kasutaja vajadusest pidevalt vaakummeetri kontrolleri samas ruumis viibida ja võimaldada seeläbi tööaega optimeerida. Samuti on tähtis, et eksperimendi läbiviija, kes istub tavaliselt teises ruumis, kuna vaakumpumbad teevad suurt müra, näeks oma displei pealt nii eksperimendi tulemusi kui ka vaakumi näite.

CERCS: T120 Süsteemitehnoloogia, arvutitehnoloogia

Märksõnad: arvutid, kontrollid, vaakumi mõõtmine, andmeedastus

Transmission of Data from Vacuum Meters to Computers

The purpose of current bachelor thesis is to build a software solution for transmission of vacuum measurement data from Edwards TIC Instrument Controller to a main computer, for processing said data and transmitting the data to another remote computer via network communication. The aim is to free the user from the need to constantly be in the same room with the vacuum meter controller and thereby optimize their work time. It is also important that the organizer of the experiment – who usually works in another room due to the noise level emitted by the pumps – could see the experiment results and vacuum measurements on their screen.

CERCS: T120 Systems engineering, computer technology

Keywords: computers, controllers, vacuum measurements, data transmission

Sisukord

Resümees.....	2
Jooniste loetelu.....	5
Lühendid ja mõisted.....	6
1 Sissejuhatus.....	7
2 Valdkonna ülevaade.....	8
2.1 Vaakumtehnoloogia ülevaade ja ajalugu.....	8
2.2 Vaakumtehnoloogia rakendamine.....	9
2.3 Vaakumpumpade tööpõhimõte.....	10
2.4 Vaakumi mõõtmised.....	11
3 Materjal ja meetodika.....	12
3.1 Meetodid.....	12
3.2 Aparatuur.....	13
3.3 Süsteemi ülesehitus.....	15
3.3.1 Juhtprogrammi andmehõive üksus.....	15
3.3.2 Juhtprogrammi töötlus- ja edastusüksus.....	16
3.3.3 Andmete vastuvõtmise ja esitamise programm.....	17
4 Tulemused.....	18
4.1 Andmete pärimise ja edastamise programmi kirjeldus.....	18
4.2 Andmete vastuvõtmise ja esitlemise programmi kirjeldus.....	20
4.3 Tarkvaralahenduse kasutusjuhend.....	22
4.4 Loodud lahenduse eelised ja edasised arendusvõimalused.....	24
5 Kokkuvõte.....	25
6 Summary.....	26

7	Tänuavaldused	27
8	Kasutatud kirjanduse loetelu	28
	Lisa 1. Programmi skeem	29

Jooniste loetelu

Joonis 1: Vaakumpumbad ja juhtarvutid laboris	12
Joonis 2: Üks vaakumimõõdikutest	13
Joonis 3: Vaakummeetri kontrolleri esipaneel	14
Joonis 4: Andmehõive üksus	15
Joonis 5: Töötlus- ja edastusüksus	16
Joonis 6: Esitusüksus	17
Joonis 7: Andmete vastuvõtmise ja kuvamise programm	20
Joonis 8: Andmete hankimise ja edastamise programmi esipaneel	23
Joonis 9: Andmete vastuvõtmise ja kuvamise programmi esipaneel	23
Joonis 10: Andmete pärimise ja edastamise programmi skeem	29

Lühendid ja mõisted

Sõne (string) – tervikuna käsitletav tähemärgijada, andmetüüp (visuaal)programmeerimises

VI (Visual Instrument) – LabVIEW' rakenduses kasutatav kindla funktsiooniga (alam)programm

Jadaliides – andmekanal, mis edastab andmeid järjestikku, üks bitt teise järel

RS232 – jadaliidese standard

Link – seos programmimoodulite või andmeobjektide vahel

IP-aadress – internetiprotokolliga võrku ühendatud arvuti või muu seadme identifikaator

Puhver – mäluosa ajutiseks andmesalvestuseks

1 Sissejuhatus

Käesolev bakalaureusetöö on tehtud Tartu Ülikooli Füüsika Instituudis ja käsitleb vaakumtehnoloogiat, seal kasutatavate seadmete ühildamist ja selleks vajaliku tarkvara projekteerimist, loomist, testimist ja rakendamist. Töö kuulub arvutitehnika valdkonda.

Vaakumtehnoloogia tähistab kõiki protsesse ja füüsikalisi mõõtmisi, mida viiakse läbi tavapärasest atmosfäärirõhust väiksema rõhu juures. Tartu Ülikooli Füüsika Instituudis tehtava teadustöö juures on sellistel mõõtmistel oluline roll. Vaakumi tekitamiseks kasutatakse vaakumpumpasid, millega on ühendatud vaakummeetrid, mis edastavad reaalses seadmete tööjõudlust ja tekitatava vaakumi väärtusi.

Töö eesmärk seisneb vaakummeetrite jadaliidese kaudu edastatavate andmete saatmises seadmete läheduses asuvasse serverarvutisse, andmete töötlemises ja töödeldud andmete edastamises võrguliidese kaudu teise arvutisse. Eesmärgi saavutamiseks tuleb luua programm, mis loeb vaakummeetritest pärinevatest andmetest välja vajalikud näidud ja edastab need võrguliidesele. Lisaks tuleb luua teine programm, mis paigaldatakse seadmest eemal paikneva arvuti töölauale ja mille ülesandeks on võrguliidese kaudu saadetud andmete vastuvõtmine ja sobivas vormingus ekraanile kuvamine. Töö tulemusena peab olema võimalik vaakummeetrite näitude jälgimine seadmest eemal asuva arvutite ekraanilt. Nii kõrvaldatakse vajadus seadmete tööd pidevalt vaakummeetri kontrolleri ekraanilt jälgida.

2 Valdonna ülevaade

2.1 Vaakumtehnoloogia ülevaade ja ajalugu

Vaakumi kasutamine protsessi või füüsilise mõõtmise läbiviimise juures on üldjuhul tingitud ühest või mitmest järgmisest põhjusest:

- vajadus eemaldada protsessi või füüsilise mõõtmise läbiviimise juures õhu molekulid (või nende kontsentratsiooni tunduvalt alandada), mis võiksid protsessi käigus põhjustada füüsilise või keemilise reaktsiooni;
- vajadus kõrvaldada tavatingimustel esinev tasakaaluolukord, näiteks sulustunud või lahustunud gaasi või lenduva vedeliku eemaldamiseks materjalist;
- vajadus pikendada osakese liikumisteed enne teise osakesega põrkumist, võimaldades neil põrkumisteta liikuda allika ja sihtmärgi vahel;
- vajadus vähendada molekuli põrgete arvu sekundis, vähendades nii vaakumis ette valmistatud pindade saastumise tõenäosust.

Esimene suurem tööstuslik vaakumtehnoloogia rakendamine toimus 20. sajandi alguses elektripiiri tootmisel. Peagi avastati, et teatud protsesside läbiviimine vaakumis andis tulemusi, mis olid tunduvalt paremad või tavapärastes atmosfääritingimustes üldse saavutamatud. Selliste arengute hulgas väärivad nimetamist läätsepindade töötlemine parema valgusläbivuse saavutamiseks, vereplasma ettevalmistamine verepankade jaoks ja reaktiivsete metallide, näiteks kaaliumi, naatriumi, titaani jne. tootmine. Tuumaenergia laialdane kasutuselevõtt 1950-datel aastatel aitas kaasa vaakumseadmete laialdasele levikule. Pärast seda on leitud järjest rohkem rakendusi vaakumprotsessidele, seda näiteks kosmosetehnoloogia ja mikroelektroonika valdkondades.^[1]

2.2 Vaakumtehnoloogia rakendamine

Majanduslikust vaatepunktist on vaakumtehnoloogia tööstuslikud rakendused märgatavalt olulisemad kui selle kasutamine füüsika-alastes uurimistöös. Vaakumtehnoloogiat kasutatakse näiteks vaakummetallurgias, kristallide kasvatamisel, pinnakatete loomisel, meditsiinis, kuivatamisel ja gaaside eemaldamisel, keemiatööstuses, toidu pakendamisel, elektriseadmete valmistamisel ja pooljuhtide tehnoloogias.

Samas viiakse suur osa füüsikaeksperimentidest läbi just nimelt vaakumi keskkonnas.

Vaakumtehnoloogias kasutatakse suurt rõhuvahemikku, mis ulatub 10^{-10} Pa ülikõrgvaakumist kuni 10^5 Pa atmosfäärirõhuni. See seab suured nõudmised vaakumi mõõtmise tehnikale ja kasutatavatele vaakumpumpadele ning materjalidele. Vaakumseadmete ehituse, kasutamise ja hoolduse lihtsustamiseks on rahvusvahelised standardiseerimisorganisatsioonid loonud hulga erinevaid lahendusi. Erinevate komponentide (pumbad, klapid, vaakuminäidikud, torud, kambrid, niiskusfiltrid ja teised tarvikud) ühendamiseks on saadaval laias valikus standardiseeritud äärikuid ja liitmikke. Lekete kontrollimiseks kasutatakse standardse katseseadmena heeliumipõhist lekkedetektorit, mis võimaldab leida väikseimadki lekkesid.

Uusimad arendused on eelkõige seotud vaakumi puhtuse parandamise, üheastmeliste pumpade arendamise ja vaakumnäidikute kalibreerimissüsteemi arendamisega. Puhta vaakumi saavutamise all peetakse üldjuhul silmas võimalikult väikese süsiniku aatomite sisaldusega vaakumi saavutamist. Varem kasutati selle loomiseks sorptsiooni- ja kondensatsioonipumpasid, mille arendamine oli tugevalt seotud pinna- ja piirikihifüüsikaga, mille põhjal on tekkinud tänapäeval levinud elektronspektroskoopia ja sekundaarne ioonmassi spektromeetria. Neid ülikõrgvaakumis läbiviidavaid protsesse kasutatakse teaduslikes uuringutes regulaarselt.

Vaakumi tekitamine ja selle säilitamine erinevates tingimustes on viimastel aastakümnetel muutunud märgatavalt lihtsamaks ja odavamaks ning vaakumtehnoloogia edasiarendamine jäänud pigem inseneride kui füüsikute tegevusvaldkonnaks.^[2]

2.3 Vaakumpumpade tööpõhimõte

Vaakumpumpade abil vähendatakse gaasi rõhku kindla ruumala juures, ehk vähendatakse gaasi tihedust. Eristatakse kahte vaakumpumpade põhiklassi:

- vaakumpumbad, milles ühe või mitme kompressiooniastme käigus eemaldatakse gaasiosakesed ruumist ja pumbatakse ümbritsevasse õhku (kompressioonpumbad, nt. eelvaakumpumbad, turbomolekulaarpumbad);
- vaakumpumbad, milles eemaldatavad gaasiosakesed kondenseeritakse või seotakse (näiteks keemiliselt) tahke pinnaga (nt. ioonpumbad ja krüopumbad).

Praktikas kasutatakse pumpade eristamiseks järgmist liigitust, kusjuures kolm esimest kuuluvad kompressioonipumpade ja kaks viimast kondensatsioonipumpade hulka:

- pumbad, mis töötavad kambrite ruumala perioodilise suurendamise ja vähendamise teel;
- pumbad, mis transpordivad gaasikoguseid madala rõhu poolelt kõrge rõhu poolele, muutmata samal ajal pumbakambri ruumala;
- pumbad, mille tööpõhimõte seisneb eelkõige gaaside difusioonis gaasivabasse suure jõudlusega aurupihustisse;
- pumbad, mis pumpavad aurusid kondensatsiooni teel;
- pumbad, mis seovad gaase adsorptsiooni või absorptsiooni teel olemuslikult gaasivabade pindadega.^[3]

2.4 Vaakumi mõõtmised

Kuna vaakumtehnikas kasutatav mõõtevahemik on väga suur, pole füüsikalistel põhjustel võimalik luua vaakumi mõõteseadet, mis oleks võimeline mõõtma kogu mõõtevahemikus atmosfäärisõhust kuni ülikõrgvaakumini. Seetõttu on saadaval hulk erinevaid mõõteseadmeid, millest igaüks võimaldab üldjuhul küll mõõta mitmesse suurusjärku jäävaid näituseid, aga mitte kogu skaala ulatuses. Kui mõõtevahemik on valitud liiga suur, kasvab mõõtemääramatus vahemiku ülemises ja alumises otsas kiiresti ja on teatud juhtudel kuni 100%. Kompressiooni mõõtvate vaakummeetrite korral võib auru olemasolul kompressiooni mõjul tekkida kondensatsioon, mis mõjutab rõhunäitu. Kindlate gaaside või aurude osarõhkude täppismõõtmiseks kasutatakse osarõhkude mõõteseadmeid, mis toimivad mass-spektrometri põhimõttel.

Eristatakse kahte tüüpi vaakummõõdikuid.

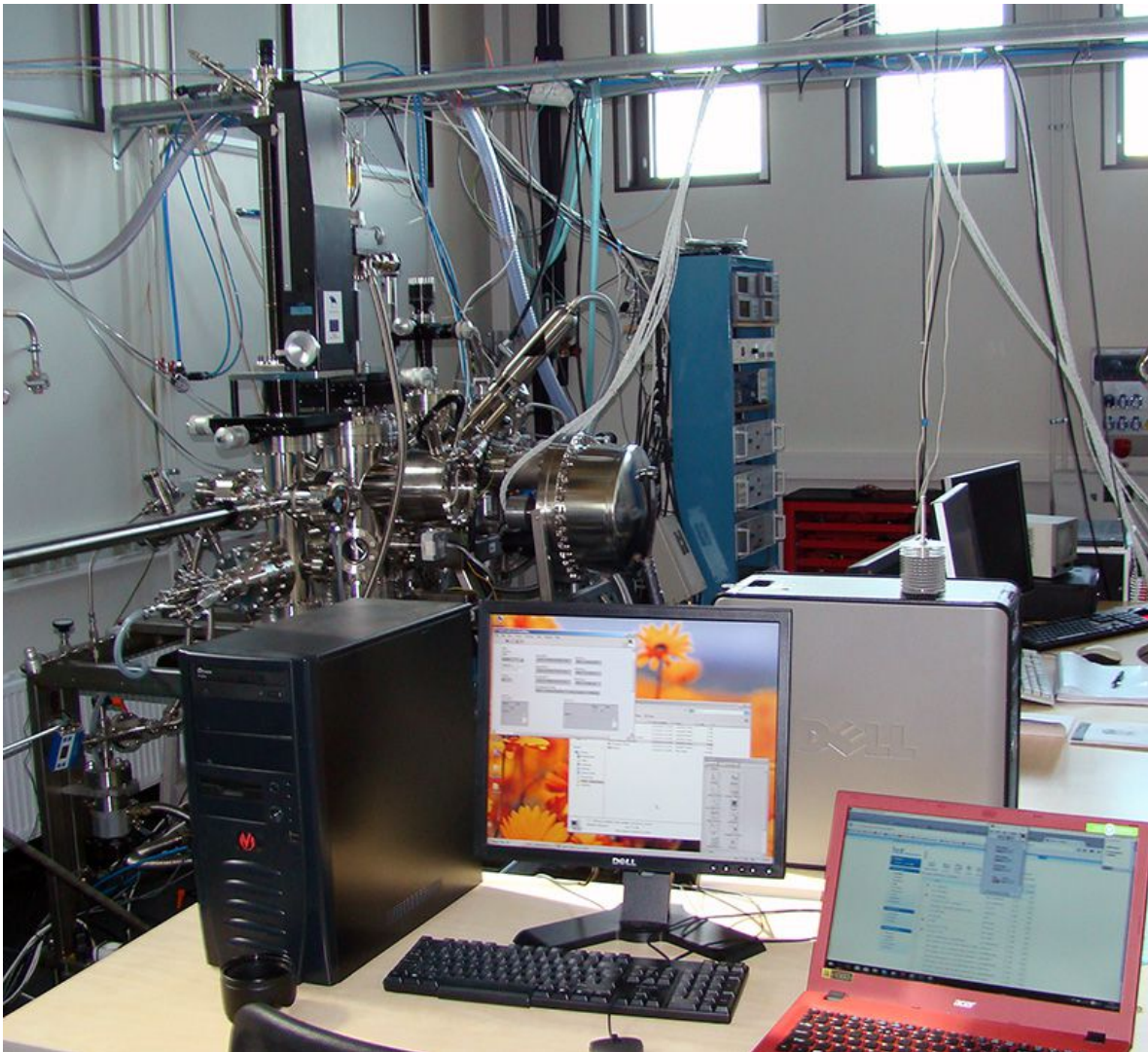
- Seadmeid, mis mõõdavad rõhku kui pinnale mõjuvat jõudu, nimetatakse otsesteks või absoluutseteks vaakummõõdikuteks. Gaaside kineetikateooria alusel sõltub see jõud, millega osakesed seinale mõjuvad, ainult gaasimolekulide arvust ruumala kohta ja nende temperatuurist, aga mitte molaarmassist. Sellise mõõteseadme lugem ei sõltu seega gaasi tüübist. Sellisteks seadmeteks on näiteks vedelikuga täidetud ja mehaanilised vaakummõõdikud.
- Kaudsed rõhumõõtmiseadmed, mis kasutavad rõhu määramiseks mõnda gaasi rõhust (või täpsemalt tihedusest) sõltuval omadusel (termiline juhtivus, ionisatsiooni tõenäosus, elektri juhtivus) põhinevat funktsiooni. Need omadused sõltuvad nii molaarmassist kui rõhust ja seega sõltub lugem gaasi tüübist.

Rõhu mõõtmise instrumentide skaalad põhinevad alati õhul või lämmastikul. Teiste gaaside või aurude korral lisatakse üldjuhul õhul või lämmastikul põhinevad paranduskordajad. Kaudsete mõõtmiseadmetega täpsete tulemuste saamiseks on lisaks oluline teada gaasis sisalduvate aatomite või molekulide molaarmasse. Praktikas pole see alati võimalik ja üldjuhul piisab teadmisest, kas mõõdetava gaasisegu koostises domineerivad kerged või rasked molekulid.^[3]

3 Materjal ja meetodika

3.1 Meetodid

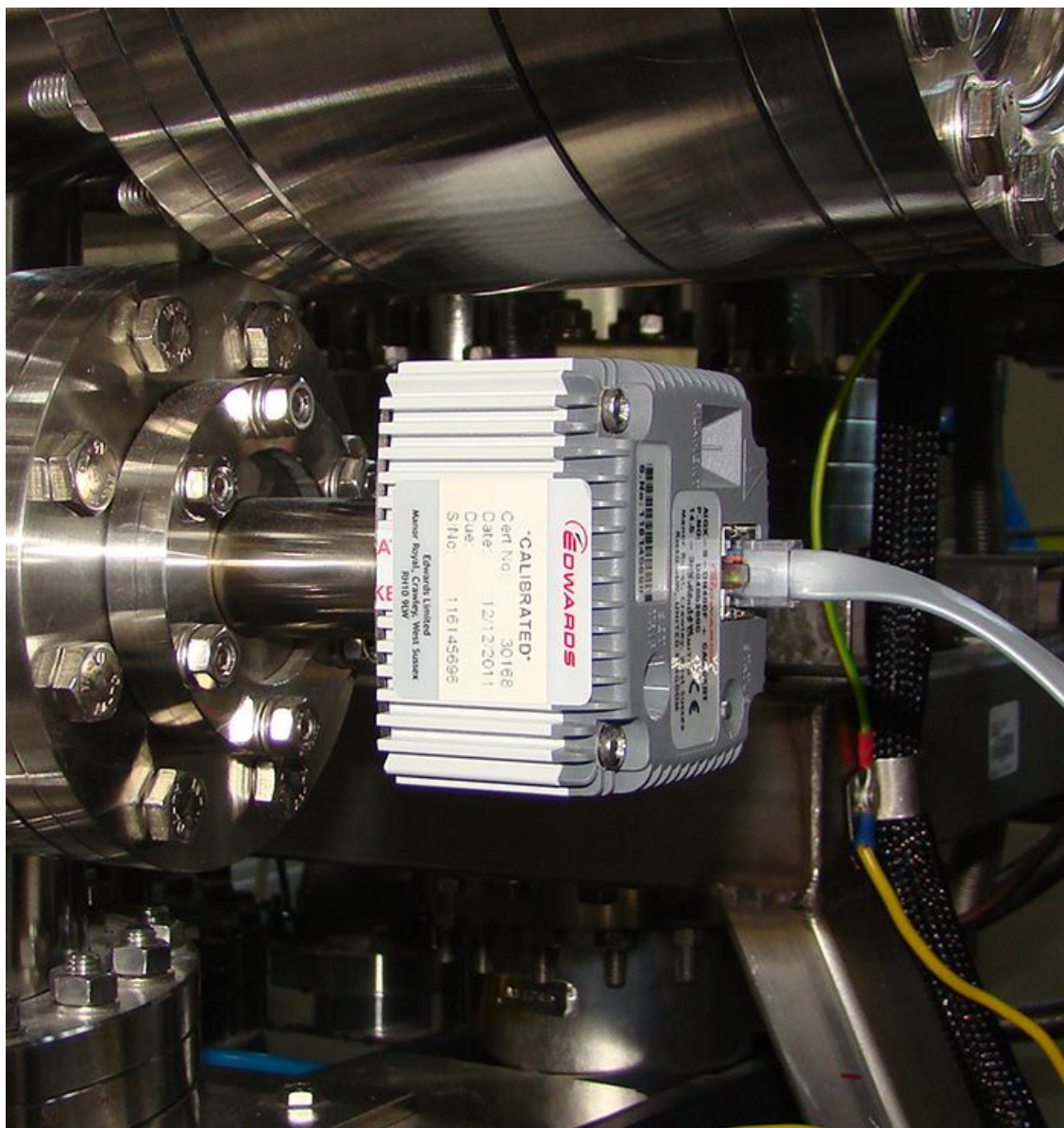
Püstitatud ülesande lahendamiseks kasutasin LabVIEW' visuaalprogrammeerimise arenduskeskkonda, mis on loodud spetsiaalselt inseneride ja teadlaste produktiivsuse tõhustamiseks. LabVIEW võimaldab kasutada kogu mõõte- ja juhtimisriistvara ühes arenduskeskkonnas, millesse on integreeritud paljude instrumentide, siinide ja andurite ühenduvus. Samuti võimaldab see luua kohandatud kasutajaliideseid andmete visualiseerimiseks ja kasutaja sisendi hõivamiseks.^[4]



Joonis 1: Vaakumpumbad ja juhtarvutid laboris

3.2 Aparatuur

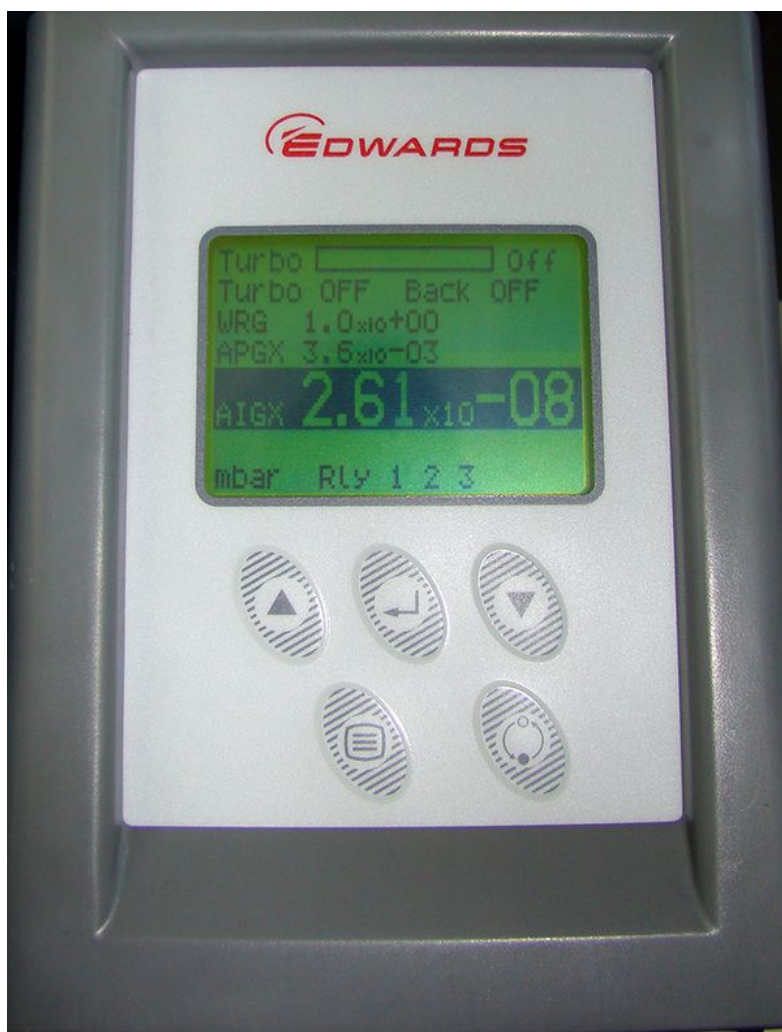
Loodav süsteem ühendatakse RS232-liidese abil kontrolleriiga Edwards TIC Instrument Controller, mis omakorda on ühendatud vaakummeetri aktiivse ioonmõõdikuga AIGX-S-DN40CF. AIGX (Edwards Active Ion Gauge) ja mis kujutab endast ioonmõõdikuotsa ja mõõdikukontrollerit ühes kompaktses seadmes. See mõõdab rõhku kaudselt, voolutugevuse funktsioonina, toimides kuuma filamendiga ioniseerimismõõdiku põhimõttel. Mõõtevahemik on $6,6 \times 10^{-10}$ kuni $6,6 \times 10^{-2}$ mbar.



Joonis 2: Üks vaakumimõõdikutest

Kommunikatsioon TIC-kontrolleriga käib ülema ja alluva põhimõttel: TIC on alluv ja saadab teate vaid vastusena juhtarvutilt tulnud teatele. Vestlus koosneb TIC-kontrollerile saadetud teatest ja selle vastusest. Kui juhtarvuti saadab kontrollerile teate, tuleb enne järgmist toimingut vastust oodata. TIC-kontrollerile saadetavad teated jagunevad kaheks põhitüübiks: käsud kontrollerile teabe esitamiseks ja päringud kontrollerilt teabe saamiseks. Käesolevas rakenduses on kasutusel päringu teatetüüp.^[5]

RS232 protokollil modulatsioonikiirus antud rakenduses on 9600 bitti sekundis, kasutusel on üks stopp-bitt, kaheksa andmebiti, paarsuskontrolli ei kasutata. Kontrolleri ja juhtarvuti ühendamiseks on kasutusel üheksa klemmiga D-tüüpi pistik, millest on kasutuses klemmid 2 (RS232 andmeedastus), 3 (RS232 vastuvõtt) ja 5 (RS232 ühisklemm).^[6]



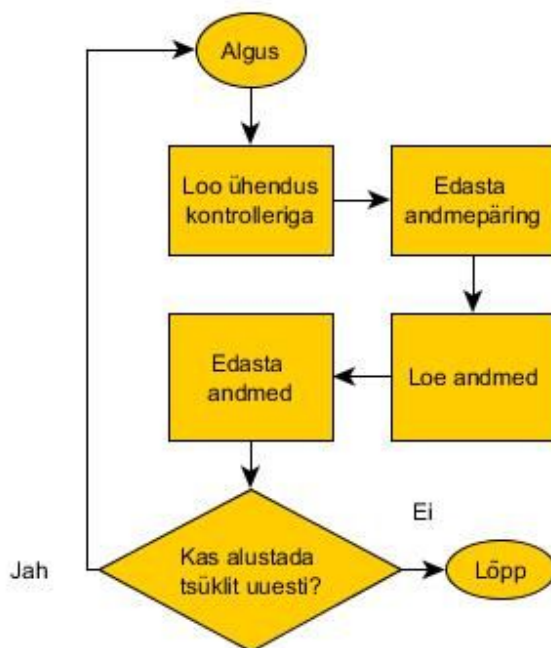
Joonis 3: Vaakummeetri kontrolleri esipaneel

3.3 Süsteemi ülesehitus

Süsteem koosneb kahest programmist, millest esimese võib omakorda jagada kaheks allüksuseks. Esimene programm töötab juhtarvutis ja suhtleb vaakummeetri kontrolleriiga, teostab kontrolleriist saadud andmete esmase töötuse ning saadab andmed teise arvutisse. Teine programm töötab kasutaja arvuti töölaual, juhtarvutist erinevas füüsilises asukohas, ja hangib kuvatavad andmed juhtarvutist võrguliidese kaudu. Järgnevalt on esitatud tarkvara planeerimise etapis valminud üldfunktsioonide joonised.

3.3.1 Juhtprogrammi andmehõive üksus

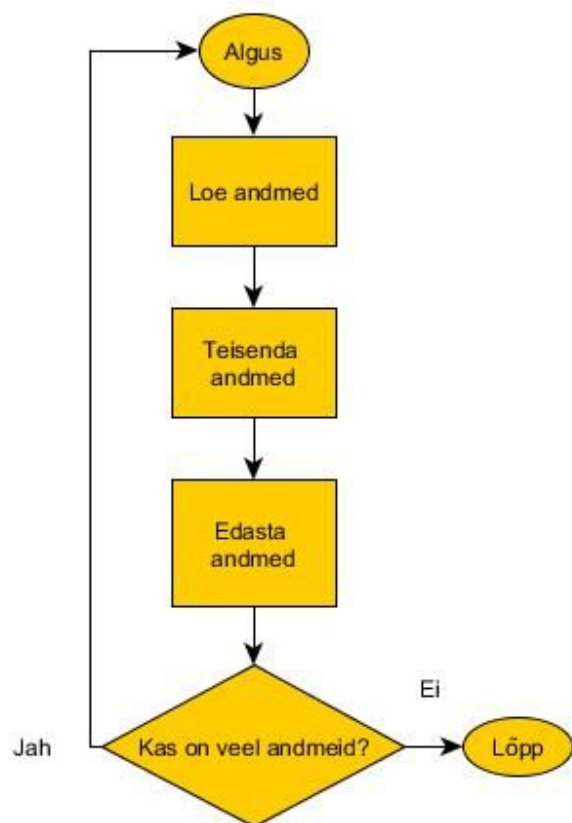
Programmi eesmärk on algatada RS232-ühendus vaakummeetri kontrolleriiga, esitada päring vaakummeetri näidu andmete saamiseks, lugeda edastatud andmed ja edastada kättesaadud andmed juhtprogrammi järgmisele üksusele.



Joonis 4: Andmehõive üksus

3.3.2 Juhtprogrammi töötlus- ja edastusüksus

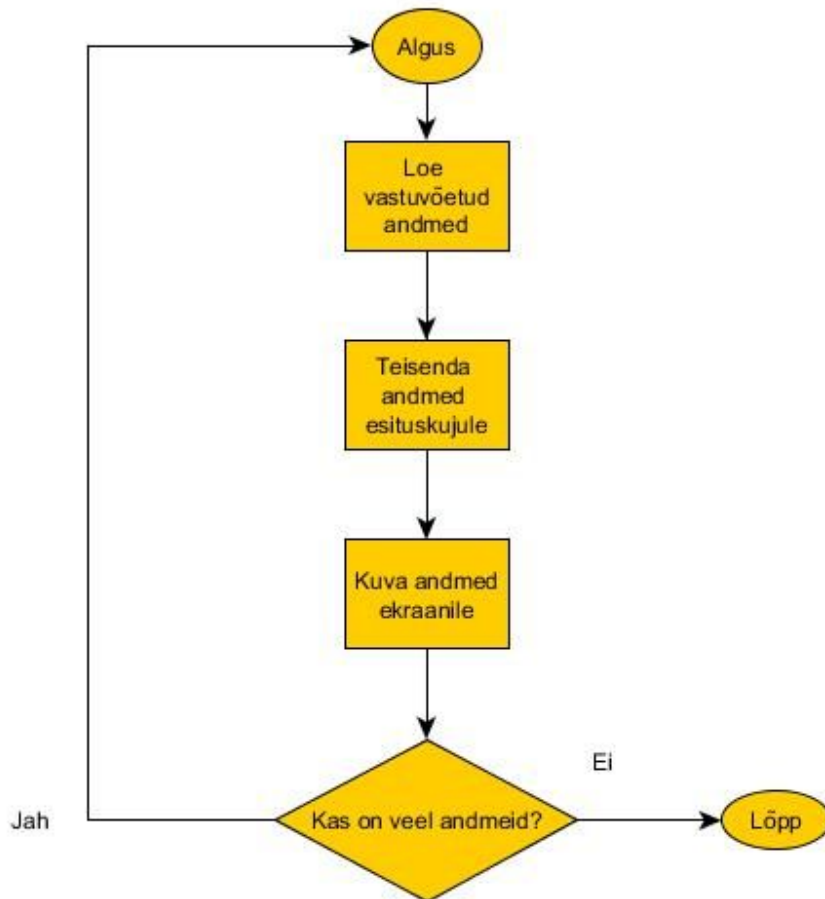
Programmi eesmärk on teisendada andmehõive üksuselt saadud vaakuminäidu väärtused edastamiseks sobivale kujule ja edastada need kommunikatsiooniüksusele.



Joonis 5: Töötlus- ja edastusüksus

3.3.3 Andmete vastuvõtmise ja esitamise programm

Programmi eesmärk on lugeda serverist vaakummeetri näidud, töödelda andmed esitamiseks sobivale kujule ja kuvada need kasutajale sobivas vormingus arvutiekraanile.



Joonis 6: Esitusüksus

4 Tulemused

Käesoleva bakalaureusetöö raames valmis kaks LabVIEW' programmi (VI-d). Esimene loob RS232-ühenduse vaakummeetri kontrolleriiga, saadab kontrolleriile päringud mõõteandmete saamiseks, võtab kontrolleri saadetavad andmed vastu, liidab need üheks sõneks, loob ühenduse teise arvutiga ja edastab moodustatud sõne. Teine programm loeb saadetud sõne sisse, lahutab selle algosadeks (kolm mõõtetulemuse väärtust) ja kuvab ekraanile. Programmitsükli täidetakse püsivalt kord sekundis, kuni üks pool ühenduse katkestab.

4.1 Andmete pärimise ja edastamise programmi kirjeldus

Järgnevalt on toodud programmi toimimise üksikasjalik kirjeldus vastavalt „Joonis 10: Andmete pärimise ja edastamise programmi skeem“ lisatud järjekorranumbritele.

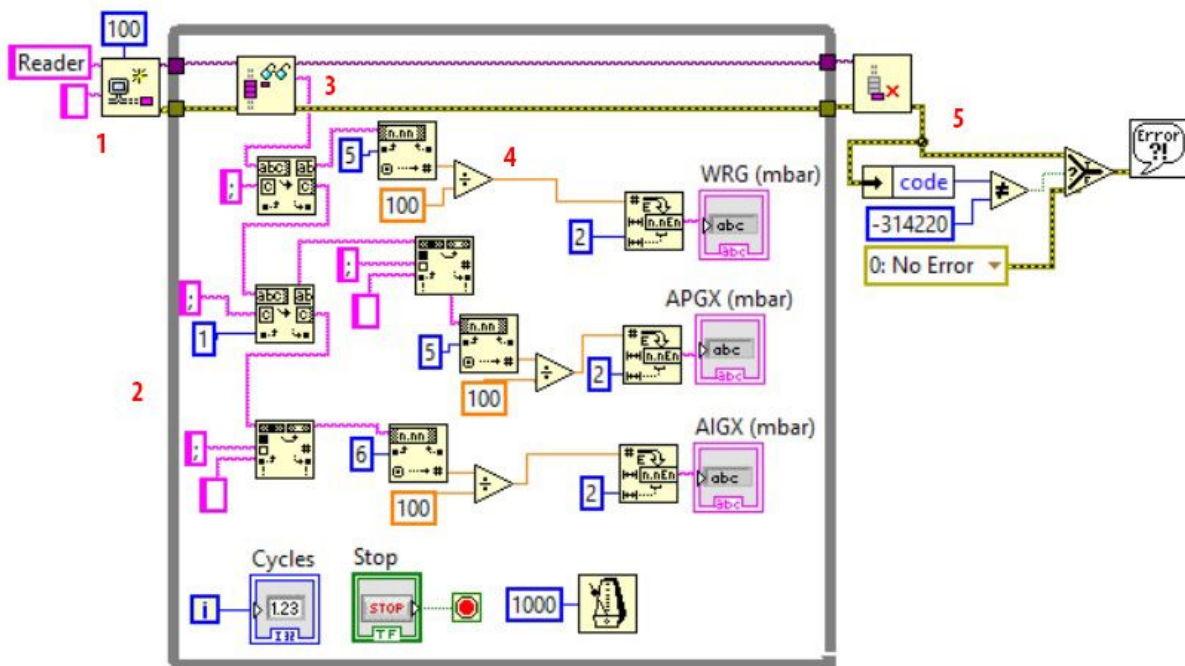
- 1) VISA ressursi nimi võimaldab programmi esipaneelil valida riistvara ühendamiseks COM1 pordi, kuhu on ühendatud RS232-ühenduse kasutamiseks vajalik ühendusjuhe juhtarvuti ja vaakummeetri kontrolleri vahel.
- 2) Veakontrolli ahel koos juhtumistruktuuriga (*Case Structure*), mis läbib kõiki VISA-ühendusega seotud sõlmi. Kui üheski etapis tekib veateade, lõpetatakse programmi täitmine ja esitatakse veateade, mille alusel saab hakata tõrke tekkepõhjust otsima.
- 3) Kommunikatsiooniprotokoll lähtestamise sõlmpunkt. Kasutusel on LabVIEW' sisseehitatud protokoll *Network Stream Writer*, mis võimaldab suhteliselt vähese seadistamisega usaldusväärset võrguühendust kahe otspunkti vahel. Rakenduses lülitatakse esmalt sisse „kuulav“ osapool ja seejärel saatja; adresseerimine käib IP-põhiselt. Kui üks otspunkt töö lõpetab, siis link hävitatakse ja seiskub ka teine osapool. Algne plaan oli luua andmeedastus FTP-serveri ja logifailide põhjal, seejärel sai kaalutud ka UDP-protokoll ja jagatud muutuja kasutamist, kuid kõigiga olid seotud teatud probleemid ja kitsendused, mille tõttu saigi valitud *Network Stream Writer*. Antud skeemilõigus luuakse otspunkt ja kasutaja saab sisestada sihtarvuti IP-aadressi. Kasutusel on sõne andmetüüp ja puhvri suuruseks on 100 elementi.

- 4) VISA jadapordi konfigureerimine, mis on vajalik kontrolleri ühise suhtluskeele leidmiseks. RS232 protokolliga modulatsioonikiirus antud rakenduses on 9600 bitti sekundis, kasutusel on üks stopp-bitt, kaheksa andmebitti, paarsuskontrolli ei kasutata.
- 5) VISA kirjutamissõlm – kontrolleri edastatakse vaakummeetri mõõdiku näidu küsimise käsk (esimese mõõdiku puhul „?V00913“) ja iga käsk lõpeb reavahetusega.
- 6) VISA lugemissõlm – loetakse kontrolleri poolt saadetud mõõtmisandmed. Programmi töö kontrollimise ja edasise arendamise huvides on programmi alles jäetud töötlemata sõne kuvamine, mis võib olla kujul näiteks „=V913 9.8112e+01;59;11;0;0“, millest esimene kood näitab käsu numbrit, teine vastuvõetud mõõtetulemust ja kolmas mõõtühikuid (Pa). Ülejäänud tähised pole antud kontekstis tähenduslikud.
- 7) Kontrolleri saadud sõnest eraldatakse alamosa, mis väljendab vaakummeetri näitu.
- 8) Sõnele lisatakse vastava näidu tähis ja semikoolon näitude eraldamiseks.
- 9) Kolmest mõõdikust saadud vaakuminäidud liidetakse kokku üheks pikaks sõneks, mis on valmis sihtarvutisse edastamiseks.
- 10) Ühe elemendi andmevoogu kirjutamine – käesoleva projekti võtmesõlm, mis edastab mõõtetulemuste ühendamisel saadud sõne andmeedastusprotokollile.
- 11) Kogu punktides 4...11 kirjeldatud tegevus toimub *While*-tsükli, mis katkestatakse kas andmeedastusprotokolliga vea ilmnemisel või seiskamisnupu vajutamisel. Tsükkel käivitub kord sekundis ja iga kord luuakse ühendus kontrolleri, päritakse andmed, töödeldakse andmed ja edastatakse võrguprotokollile. Lisatud on ka tsükli loendur, mis võimaldab hinnata läbitud tsükli arvu.
- 12) Kui tsükkel lõpetab töö (kas kasutaja sisendi või ühenduse katkestamise tõttu), suletakse VISA-sessioon vaakummeetri kontrolleri.
- 13) Samamoodi tühistatakse võrguliidese puhver ja suletakse ühendus (hävitatakse lõpp-punkt). Ühe lõpp-punkti katkemisel lõpetab ka teine töö.

- 14) Kõrvaldatakse veakood „-324220“, mis tekib iga kord *Network Streami* sulgemisel ja suunatakse veakontrolli ahel edasi lihtsasse veakontrolli sõlme, mis kontrollib juhtumipõhisest struktuurist eraldiseisvalt võrguedastuse toimimist.

4.2 Andmete vastuvõtmise ja esitlemise programmi kirjeldus

Järgnevalt on toodud programmi toimimise üksikasjalik kirjeldus vastavalt alltoodud programmiskeemile lisatud järjekorranumbritele.



Joonis 7: Andmete vastuvõtmise ja kuvamise programm

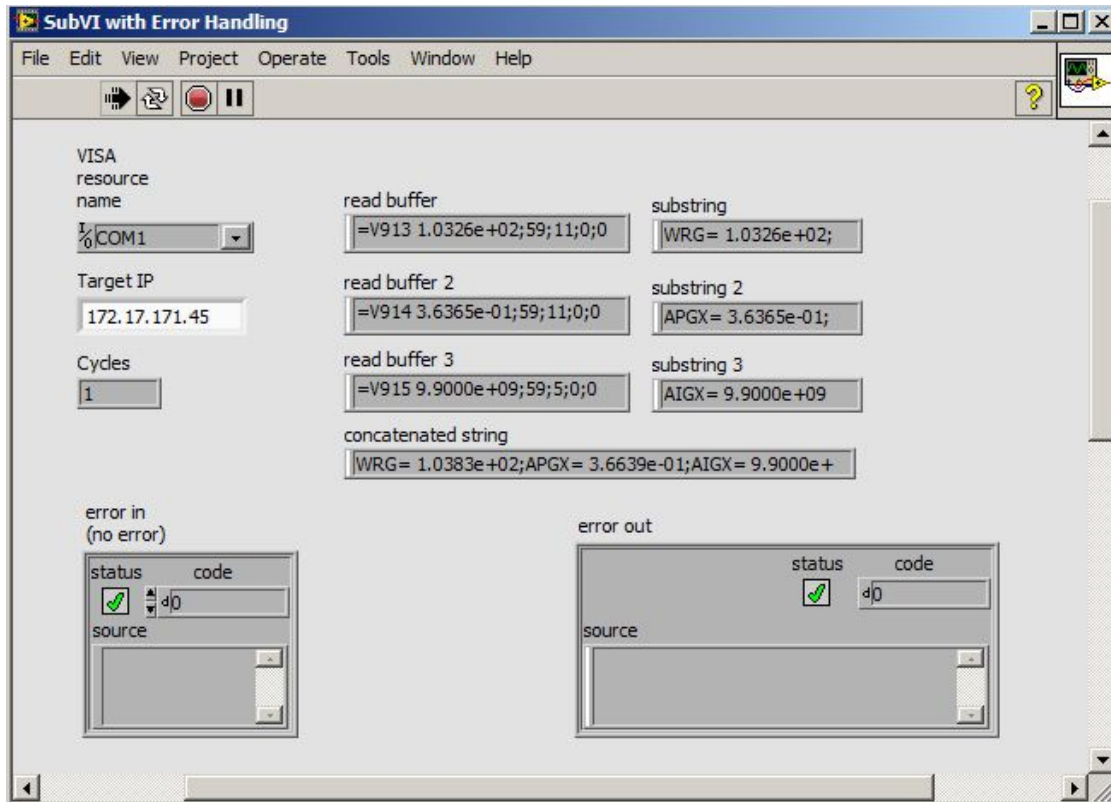
- 1) *Network Stream Readeri* lõpp-punkti loomine. Määratakse puhvri suurus, kasutatav andmetüüp ja lugemissõlme nimetus, mis on oluline lähtepunkti lõppaadressi määramisel. Andmeedastuse toimimiseks tuleb lugemismooduliga VI käivitada esimesena.
- 2) Samaselt andmete edastusprogrammiga toimub ka siin valdav osa programmi tegevusest *While*-tsüklis, mida täidetakse üks kord sekundis. Kasutusel on tsüklite arvu näidik ja tsükkel peatatakse seiskamisnupuga, mille peale lõpetab töö ka saatja pool.

- 3) Võrguvoost ühe elemendi lugemine – sõlm loeb ühe saadetud elemendi, milleks on saatmisprogrammis moodustatud sõne, mis koosneb kolmest semikoolonitega eraldatud mõõtetulemusest.
- 4) Sõne töötlemine numbrilisteks mõõtmisnäitudeks – vastuvõetud sõne eraldatakse esmalt semikoolonite tuvastamise abil kolmeks eraldi näiduks, seejärel eemaldatakse nende eest eelnevalt lisatud tähis, muudetakse andmetüüp numbriks, teisendatakse paskalites näidatud mõõtetulemus millibaaridesse, teisendatakse seejärel uuesti eksponentsiaalkujule ja kuvatakse kahe komakoha täpsusega esipaneelile.
- 5) Andmete edastamise voo lõpp-punkti hävitamine. Kui kasutaja vajutab seiskamisnuppu, väljub programm *While*-tsüklist. Kommunikatsiooniahel suletakse, mille peale lõpetab töö ka saatja poole programm. Sarnaselt saatmisprogrammile eemaldatakse ka esitusprogrammis veakood „-3 14220“, mis tähistab ühenduse lõppemist.

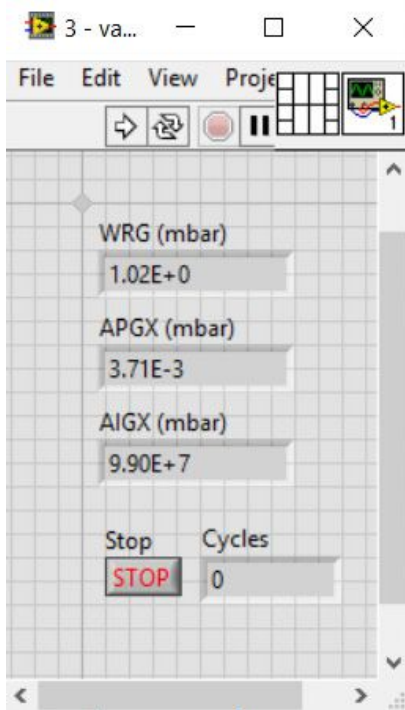
4.3 Tarkvaralahenduse kasutusjuhend

Järgnevalt on välja toodud juhised käesoleva bakalaureusetöö osana valminud tarkvaralahenduse kasutamiseks vastavalt sihiks olnud kasutuseesmärgile.

- 1) Ühendage juhtarvuti ja kontrolleri üheksa klemmiga D-tüüpi pistikuga ühendusjuhtme abil, millest on kasutuses klemmid 2 (RS232 andmeedastus), 3 (RS232 vastuvõtt) ja 5 (RS232 ühisklemm). Lülitage arvuti ja kontrolleri sisse.
- 2) Avage juhtarvutisse mõeldud VI (Joonis 8). Määrake kontrollkastis „*VISA resource name*“ ressursiks COM1 ja sisestage väljale „*Target IP*“ sihtarvuti IP.
- 3) Avage ja käivitage **sihtarvutis** andmete vastuvõtu ja esitamise VI (Joonis 9).
- 4) Käivitage juhtarvuti VI. Väljadelt „*read buffer*“ on nüüd võimalik lugeda kontrolleriilt saadud toorandmeid ja väljadelt „*substring*“ juba töödeldud mõõtetulemusi paskalites. Väljal „*concatenated string*“ kuvatakse edastamiseks ette valmistatud sõne. Näitusid värskendatakse kord sekundis. Kui IP on õigesti sisestatud, peaks nüüd näidud samamoodi ilmuma ka sihtarvuti programmi esipaneelile.
- 5) Kui peaks ilmuma mõni viga, lõpetab andmete hankimise ja edastamise programm töö, mille peale katkestab töö ka vastuvõtu- ja esitusprogramm. Veakood kuvatakse esipaneeli aknasse „*error out*“.
- 6) Kui viga ei ilmne, jätkab programm tööd. Kui kasutaja soovib töö lõpetada, tuleb selleks kasutada andmeid vastuvõtva ja esitava programmi esipaneelil olevat seiskamisnuppu „STOP“. Selle vajutamise korral lõpetab töö ka saatmisprogramm.



Joonis 8: Andmete hankimise ja edastamise programmi esipaneel



Joonis 9: Andmete vastuvõtmise ja kuvamise programmi esipaneel

4.4 Loodud lahenduse eelised ja edasised arendusvõimalused

Loodud programmid annavad otsese võimaluse jälgida vaakummeetrite hetkenäitusid eemalt võrguliidese kaudu, samal ajal kui vaakummeetri kontrolleriga ühendatud juhtarvuti töötab ja vaakuminäitusid edastab. Konkreetsetes rakendustes aitab see optimeerida tööaega, kuna vaakummeetritega labor asub Füüsikahoone keldrikorrusel ja kabinetid teisel korrusel. Nii saab kasutaja vaakummeetrid tööle rakendada, ühendada juhtarvuti ja ise kabinetis viibides näitudel silma peal hoida.

Töö kirjutamise ajal on juba teada, et järgmisel õppeaastal võetakse programm laboris kasutusele ja võimalikud on järgmised täiustused:

- Luua programmiteisend, mis töötaks käesolevaga samal põhimõttel, aga suhtleks teise laboris kasutusel oleva vaakumikontrolleriga Varian Multi-Gauge Controller.
- Luua sihtarvuti programmile juurde vaakuminäidu piirväärtused, mille ületamise korral annaks programm kasutajale visuaalselt (või heliliselt) märku vajadusest vaakummeetrid kontrollida.
- Luua sihtarvuti programmile juurde vastassuunalise kommunikatsiooni liides, mis võimaldaks juhtida vaakummeetri kontrolleri funktsioone (nt turbiini lülitamine, mõõdikute vahetamine).
- Luua juurde mõõtetulemuste logimine ja graafiline esitamine, et võimaldada visuaalselt paremini hoomatavat ülevaadet katse käigus esinenud tingimustest.

5 Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli koostada tarkvara, mis võimaldaks sobivate riistvaraliste ühenduste olemasolul luua ühenduse vaakummeetri kontrolleri Edwards TIC Instrument Controller, pärida sellelt vaakummeetrite näitusid ja edastada saadud näidud võrguliidese abil teise arvutisse, et vabastada vaakummeetri kasutaja vajadusest pidevalt vaakummeetri kontrolleri samas ruumis viibida ja võimaldada seeläbi tööaega optimeerida.

Töö käigus valmisid loodava tarkvara ülesehituse esmased skeemid, mille alusel valmis püstitatud eesmärkidele vastav tarkvaralahendus LabVIEW' visuaalprogrammeerimise arenduskeskkonnas.

Loodud tarkvara koosneb kahest LabVIEW' programmist. Esimene programm on paigaldatud vaakummeetri kontrolleri RS232-liidese abil ühendatud juhtarvutisse, mis pärib kontrolleri vaakuminäidud, teostab vajalikud teisendused ja edastab andmed võrguliidese abil iga sekundi tagant sihtarvutisse. Sihtarvutis teisendatakse vastuvõetud andmed teise programmi abil esitamiseks sobivale kujule ja kuvatakse ekraanile. Sellega on lõputöö eesmärk täidetud.

Töö käigus tutvus autor vaakummõõtmiste põhimõtetega, õppis riistvara kasutusjuhendite põhjal kasutuseesmärke saavutama, läbis tarkvaralahenduse arendustsükli esmaste eesmärkide paikapanekest kuni tulevase lõppkasutaja soovide rakendamiseni ja õppis süvendatult kasutama LabVIEW' tarkvara jadaliidese ning võrgupõhiste kommunikatsiooniprotokollide funktsionaalsust.

Tulevikus on võimalik valminud tarkvara täiustada vastavalt reaalse kasutamise käigus ilmnevate lisavajaduste tekkimisele.

6 Summary

Transmission of Data from Vacuum Meters to Computers

Martin Külvik

Bachelor Thesis

The purpose of current bachelor thesis was to build a software solution for transmission of vacuum measurement data from Edwards TIC Instrument Controller to a main computer, for processing said data and transmitting the data to another remote computer via network communication. The aim was to free the user from the need to constantly be in the same room with the vacuum meter controller and thereby optimize their work time.

In the first stage preliminary schemes of the software structure were made, based on which the final software solution was devised in LabVIEW visual programming environment.

The software consists of two LabVIEW programmes. The first is installed in the main computer that is connected to the Vacuum Controller via RS232 serial communication interface. The main computer sends a gauge measurement query to the controller, receives the measurements, converts the data into a suitable format and communicates the data to the user's computer via communication interface. In the user's computer there is another program that receives the data, converts it into suitable format and displays it in the screen. This fulfills the purpose of the thesis.

During writing of the thesis the author was introduced to the main aspects of vacuum measurements. He also learned to reach his goals using hardware user manuals, learned firsthand about the stages of software development from setting goals to implementing suggestions from the end-user. What is more, he learned how to use LabVIEW's serial communications and web-based communication modules.

In the future the software can be developed further, based on the needs arising from usage in actual applications.

7 Tänuavaldused

Soovin tänada oma juhendajat, professor Ergo Nõmmistet, kes oli väga vastutulelikult valmis mulle bakalaureusetöö sooritamiseks võimaluse andma ja vajalikku juhendamist pakkuma.

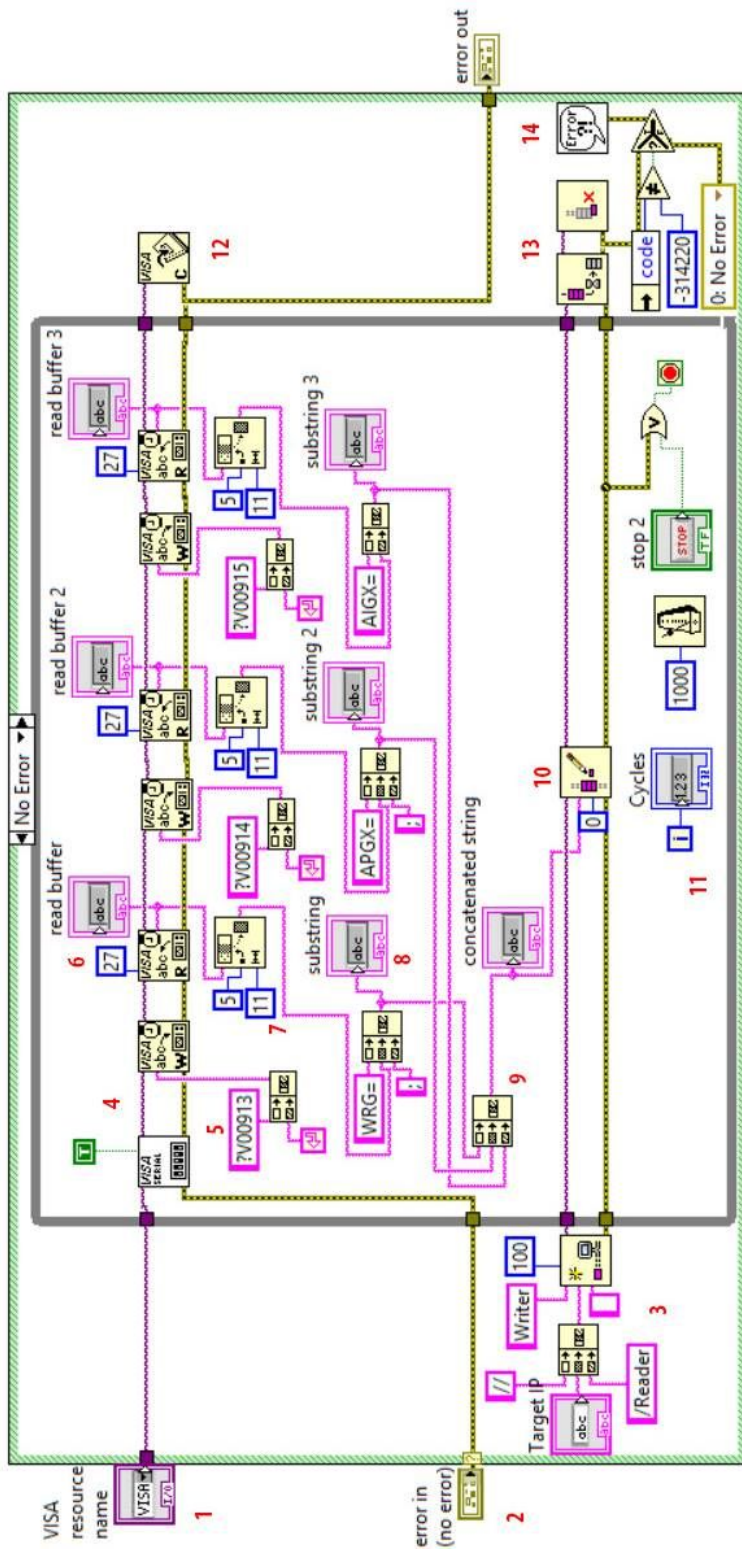
Samuti soovin tänada Mati Kooki, kelle abi laboritöösse sisseelamisel ja kaasamõtlemine projekti valmimisel oli hindamatu väärtusega.

Lisaks tänan oma pereliikmeid jätkuva moraalse toe eest.

8 Kasutatud kirjanduse loetelu

1. Encyclopaedia Britannica, „Vacuum Technology,"
<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/621405/vacuum-technology>.
2. “Applications and Scope of Vacuum Technology” in *Handbook of Vacuum Technology*, Karl Jousten, John Wiley & Sons (2008), pp. 17-23.
3. Dr. Walter Umrath, *Fundamentals of Vacuum Technology* (Cologne, 2007).
4. LabVIEW System Design Software
<http://www.ni.com/labview/>
5. Edwards Turbo Instrument Controller Serial Communications Instruction Manual, D397-30-880, Issue H Original, pp 1-2.
6. Edwards TIC Instrument Controller Instruction Manual, D397-21-880, Issue G, pp 6.

Lisa 1. Programmi skeem



Joonis 10: Andmete pärimise ja edastamise programmi skeem

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Martin Külvik,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Vaakummeetritest tuleva informatsiooni edastamine arvutitesse”,

mille juhendaja on prof. Ergo Nõmmiste,

- a) reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - b) üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
- 2) olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
- 3) kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **20.03.2016**