

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond

Frode-Christopher Ester 185073IACB

Automaatstimise tarkvara pingemuundurile

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Andres Rähni

Magistrikraad

Kaasjuhendaja: Kalle Arulaane

Magistrikraad

Tallinn 2021

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Frode-Christopher Ester

29.03.2021

Annotatsioon

Bakalaureusetöö eesmärgiks on koostada terviklahendus pingemuundurite automaatseks testimiseks tootearenduses. Välja töötatud automaattestimise süsteem suudab mõõta testitava seadme kasutegurit, koormamata oleku võimsustarvet ning kaitsepiire, samuti genereerib automaatselt testiraporti.

Testsüsteem on konstrueeritud standardset test- ja mõõteaparatuuri kasutades, seadmed on ühendatud arvutiga, millele on Pythonis kirjutatud testimislahendus. Praktilise kasutajaliidese tarvis ning testitulemuste visualiseerimiseks kasutatakse Microsoft Excelit. Genereeritud testiraportid salvestatakse automaatselt kõvakettale.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 36 leheküljel, 7 peatükki, 7 joonist, 2 tabelit.

Abstract

Self-testing software for voltage converter

The goal of this bachelor thesis is to compose a testing solution for automatic testing of power converters during product development. The designed system can automatically measure efficiency, no-load power consumption and protection limits of the device under test and also automatically generate test reports.

The test setup is built using standard test and measurement equipment, the devices are connected to a computer running Python code that controls the setup. The user interface and test report generation is implemented using Microsoft Excel. The generated test reports are automatically saved to hard drive.

The thesis is in English and contains 36 pages of text, 7 chapters, 7 figures, 2 tables.

Lühendite ja mõistete sõnastik

IA	Arvutisüsteemide instituut
DUT	Testitav seade - <i>Device Under Test</i>
DAC	Digitaal-analoogmuundur - <i>Digital to Analog Converter</i>
rms	Efektiivväärtus – <i>Root-Mean-Squared</i>
Xlwings	Pythoni programmeerimiskeele lisand, mis võimaldab Pythonil suhelda Microsoft Excel-ga
UVLO	DUT alapingekaitse rakenduspinge – <i>Under Voltage Lockout</i>
UVLO_R	DUT alapingekaitse taastumispinge – <i>Under Voltage Lockout Recovery</i>
OVLO	DUT ülepingekaitse rakendusmispinge – <i>Over Voltage Lockout</i>
OVLO_R	DUT ülepingekaitse taastumispinge – <i>Over Voltage Lockout Recovery</i>
GPIB	Automaattestimisel kasutatav liides - <i>General Purpose Interface Bus (IEEE-488)</i>

Sisukord

1 Sissejuhatus	10
2 Testimise seadmed ja seadistus	12
2.1 Vahelduvvoolu toiteallikas	13
2.2 Vahelduvvoolu analüsaator	13
2.3 Multimeetrid	14
2.4 Alalisvoolu elektrooniline koormus	14
2.5 Testitav seade	15
3 Automaattestimistarkvara	16
3.1 Testide läbiviimise vajalikkus	16
3.2 Sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimine (<i>limit testing</i>)	17
3.2.1 Piiride testimise tehniline lahendus	17
3.3 Kasuteguri testimine (<i>efficiency testing</i>)	22
3.4 Koormamata seisundis võimsustarbe testimine (<i>no load power testing</i>)	24
4 Testimise kasutajaliides ja testiraport Excelis	26
4.1 Exceli kasutajaliidese juhend	26
4.2 Testide leheküljed	27
4.3 Muutujate eksportimise leheküljed	27
4.4 Testiraporti aluse lehekülge	27
5 Testimise algoritmi tarkvara funktsioonid	29
5.1 <i>ACDC_Choose_Tests.py</i>	30
5.2 <i>ACDC_Excel_Functions.py</i>	30
5.3 <i>ACDC_Import_Class.py</i>	31
5.4 <i>ACDC_Equipment_Functions.py</i>	31
5.5 <i>ACDC_Test_Limits.py</i>	35
5.6 <i>ACDC_Test_Efficiency.py</i>	36
5.7 <i>ACDC_Test_NLP.py</i>	37
6 Kasuteguri testi mõõtemääramatus	38
6.1 Mõõteseadmete mõõtemääramatus	38
6.2 DUT Temperatuur	38

6.3 Juhtmed ja ühendused.....	38
6.4 Standardmäärmatuse tüübid.....	39
6.5 Seadmetest tulenevad määramatuse komponendid	40
6.5.1 Vahelduvvoolu analüsaatorist tingitud mõõtemääramatus.....	40
6.5.2 Väljundpinge mõõtmiseks kasutatavast multimeetrist tingitud mõõtemääramatus.....	41
6.5.3 Väljundvoolu mõõtmiseks kasutatavast multimeetrist tingitud mõõtemääramatus.....	42
6.5.4 Kasuteguri mõõtmise korral laiendmääramatuse leidmine	42
7 Kokkuvõte	44
Kasutatud kirjandus	46
Lisa 1 - Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	48
Lisa 2 - Reaalne testsüsteem.....	49
Lisa 3 - Testitav seade (DUT)	50
Lisa 4 – Kasutajaliides Excelis.....	51
Lisa 5 - Koostatud testiraport	52

Jooniste loetelu

Joonis 1. Lihtsustatud testsüsteemi skeem.	12
Joonis 2. Lihtsustatud ekstreemumite leidmise algoritm	19
Joonis 3. Lihtsustatud väljundvoolu piiride testi algoritm	21
Joonis 4. Lihtsustatud kasuteguri testi algoritm	23
Joonis 5. Lihtsustatud koormamata seisundis võimsustarbe testi algoritm.....	25
Joonis 6. Lihtsustatud automaattestimistarkvara ülesehitus	29
Joonis 7. Lihtsustatud faili ACDC_Choose_Tests.py algoritm.....	30

Tabelite loetelu

Tabel 1. Seadmete funktsioonid failis ACDC_Equipment_Functions.py.....	32
Tabel 2. Testide jooksul seadmetega suhtlemiseks kasutatud funktsioonid.....	33

1 Sissejuhatus

Tehnikaseadmed on tänapäeva ühiskonnas muutunud hädavajalikuks ning igapäevatoimetusi ilma nendeta teha tundub tagurlik. Tööstusrevolutsiooni ajal 18. sajandi lõpus ning 19. sajandil, toimusid ühiskonnas suured muutused tänu masinate massilisele kasutuselevõtmine – küll aga tõi see endaga kaasa kohutavad töötingimused ning juhitavate masinate ohtlikkuse. [1] Mida aeg läks edasi, seda rohkem muututi teadlikumaks ohtudest, mis kaasnevad tehnikaseadmete käsitlemisega ning kehtestati piirangud, millele seadmed peavad vastama.

Tänapäeval puutub kogu ühiskond kokku potentsiaalselt ohtlike seadmetega, mistõttu on vaja veenduda nende turvalisuses tavakasutajale. Aja jooksul on paika pandud standardid, millele elektriseadmed peavad vastama, et neid tohiks üldse müüa. Samuti oleks ebaeetiline toota ning müüa seadet, mis võib endaga kaasa tuua ohtliku mahapõlemise või plahvatuse. Automaat testimistarkvara koostamise üheks eesmärgiks oligi testida seadmeid, täpsemini pingemuundureid, nii et need oleksid töökindlamad kasutajatele.

Lisaks ohutusele on äärmiselt oluliseks aspektiks toitemuundurite juures võimsuskadu. Tänapäeval on üheks olulisemaks globaalseks probleemiks kliimasoojenemine. Suur osa kliimasoojenemist põhjustavast kasvuhoonegaasist pärineb elektri tootmisest – seetõttu on oluline elektrivõrgust tarbitava energia võimalikult tõhus kasutamine. Energiatõhusust saab iseloomustada muunduri kasutusea jooksul summaarse kaovõimsuse kaudu. Viimane aga on iseloomustatav kahe muutujaga: kasutegur ning koormamata seisundi võimsustarve.

Antud bakalaureusetöö käsitleb ülevaadet tehtud automaattestimistarkvarast, mis valmistati seadmete regulatsioonidele vastavuse (sisendpingete piiride testimine) ning võimalikult väikest energiakao (kasuteguri ning võimsustarve testimine) tagamiseks.

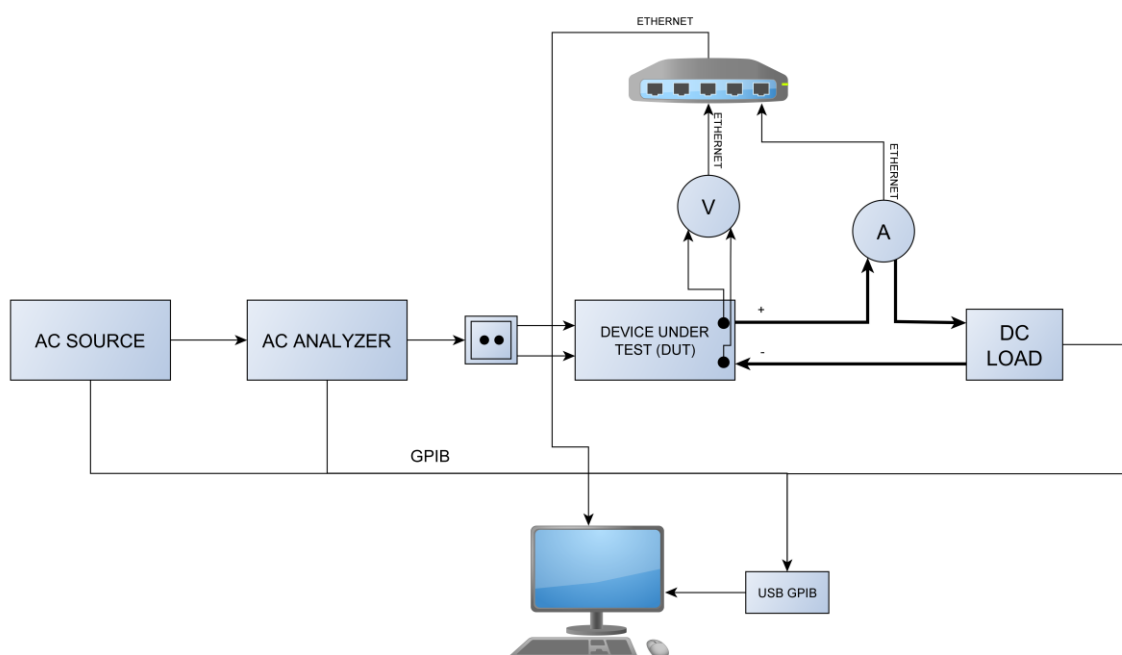
Automaattestimistarkvara koostati eesmärgiga jagada see loogilisteks alamosadeks, et edasine tarkvaraarendus oleks mugav ning kood oleks kergesti hallatav. Samuti tagastab

tarkvara testiraporti, et oleks võimalik teha nii järeldusi graafikute põhjal kui ka analüüsida saadud tulemusi.

Testimise seadmestikku kuuluvad vahelduv- ning alalisvoolu pingemuundur (testitav seade), vahelduvvoolu toiteallikas, vahelduvvoolu analüsaator, kaks multimeetrit (ampermeeter ja voltmeeter) ning alalisvoolu elektrooniline koormus. Lõputöö läbivateks teemadeks on testimissüsteemi kirjeldus, ülevaade läbitavatest testidest, ülevaade Exceli kasutajaliidesest, kirjeldused tarkvara failidest, analüüs kasuteguri testi mõõtemääramatusest ning testiraporti kujul töö tulemuste esitamine. Joonis 1, Joonis 2, Joonis 3, Joonis 4, Joonis 5, Joonis 6 ning Joonis 7 koostati kasutades programmi yED.

2 Testimise seadmed ja seadistus

Pingemuunduri testimiseks kasutatakse standardseid mõõteseadmeid, mille hulka kuuluvad vahelduvvoolu toiteallikas, vahelduvvoolu analüsaator, kaks alalisvoolu multimeetrit ning alalisvoolu koormus. Toiteallikas annab testitavale seadmele (edaspidi DUT) sisendpinge ning sageduse, vahelduvvoolu analüsaator mõõdab sisendvoolu, -pinget ning -võimsust, alalisvoolu multimeetritest mõõdab üks väljundvoolu ning teine väljundpinget, alalisvoolu koormus võimaldab testitava seadme väljundi koormamist, käesolevas lahenduses kasutatakse pidevvoolu režiimi.



Joonis 1. Lihtsustatud testsüsteemi skeem.

AC Source – vahelduvvoolu toiteallikas, *AC Analyzer* – vahelduvvoolu analüsaator, *DUT* – testitav seade (alalis- ja vahelduvvoolu pingemuundur), *DC Load* – alalisvoolu elektrooniline koormus, *A* – ampermeeter, *V* – voltmeeter. Ampermeeter ja voltmeeter (alalisvoolu multimeetrid) ühendatud kohtvõrku, samasse kohtvõrku on ühendatud arvuti. Toiteallikas, vahelduvvoolu analüsaator ning alalisvoolu koormus on ühendatud arvutiga GPIB liidest kasutades.

Pilt reaalsest testsüsteemist on kuvatud Lisa 2 juures.

2.1 Vahelduvvoolu toiteallikas

Antud automaattestimisüsteemi kuulub vahelduvvoolu toiteallikana mark KEYSIGHT mudel 6811B, mille sisendpinget saab muuta vahemikus 0-300 V rms, maksimaalse näivvõimsusega 375 VA.

KEYSIGHT 6811B juhend [2] kirjeldab, et vahelduvvoolu toiteallikas koosneb funktsioonigeneraatorist (digitaal-analoog muundur), bipolaarsest võimendist ning mõõteplokist. Funktsioonigeneraatori eesmärgiks on programmeeritava lainekuju tekitamine, võimendi võimendab funktsioonigeneraatori signaali vahelduvvoolu saamiseks ning mõõteplokis teostatakse nii pinge ja voolu mõõtmisi kui ka lainekuju analüüsi.

Vahelduvvoolu toiteallikas 6811B võimaldab GPIB liidese kaudu muuta testitavale seadmele antavat sisendpinget ja -sagedust, samuti võimaldab toiteallikas toita vajadusel testitavat seadet ka alalispingega. See on oluline, sest testimise oluliseks osaks on nii kasuteguri kui ka võimsuspiiride testimine erinevatel sisendpingetel. Antud ülesande lahendamiseks ei kasutata toiteallika mõõteplokki, sest vahelduvvoolu analüsaator on suuteline mõõtma väiksema mõõtemääramatusega, seda eriti madalate võimsuste (voolude korral). Keysight 6811B on sobilik seade ülesande lahendamiseks just tänu tema loogilisele ning lihtsale programmeeritavusele.

2.2 Vahelduvvoolu analüsaator

Automaattestimisüsteemis täidab vahelduvvoolu analüsaatori rolli YOKOGAWA mudel WT310E, mis võimaldab mõõta sisendpinget vahemikus 0-1.5kV või 0-1.0 kV rms, sõltuvalt sellest kumb on väiksem. Analüsaator võimaldab sisendvoolu maksimumväärtuseks 30A või 20 A rms, sõltuvalt sellest kumb on väiksem. Pinge ja voolu täpsus seadme korral 45Hz kuni 66Hz vahemikus on $\pm 0.1\%$ (mõõdetud väärtusest) + 0.05% (valitud mõõtepiirkonnast). [3]

Seade suudab keskmistada ning integreerida mõõtetulemusi väga laias ajavahemikus, sõltuvalt mida antud test nõuab. Kuigi mõõtmisi on võimalik teha ka toiteallikaga, võimaldab eraldi vahelduvvoolu analüsaator meile suuremat täpsust väiksema sisendvõimsuse korral ning väiksemat mõõtemääramatust. Vahelduvvoolu analüsaator võimaldab standardile EN 50564 [3] *WT310E/WT310EH/WT332E/WT333E Digital*

[4] vastavalt mõõta koormamata seisundis võimsustarvet, mida toiteallikad tüüpiliselt ei võimalda.

2.3 Multimeetrid

Testimissüsteemi kuulub kaks digitaalset multimeetrit KEYSIGHT 34461A, mille alalispinge peab jääma vahemikku 100mV(täpsusega $\pm 0.0065\%$ [mõõdetud väärtusest] + 0.0035% [mõõtepiirkonnast]) kuni 1000V(täpsusega $\pm 0.006\%$ [mõõdetud väärtusest] + 0.001% [mõõtepiirkonnast]) ning alalisvool vahemikku 100 μ A(täpsusega $\pm 0.06\%$ [mõõdetud väärtusest] + 0.025% [mõõtepiirkonnast]) kuni 10A(täpsusega $\pm 0.15\%$ [mõõdetud väärtusest] + 0.01% [mõõtepiirkonnast]). [5]

Ühe multimeetri eesmärgiks on väljundpinge mõõtmine (voltmeeter) ning teise väljundvoolu mõõtmine (ampermeeter). Väljundpinge järgi on võimalik otsustada kas pingemuundur käitub soovitud viisil antud sisendpinge ja koormuse korral. Seda teadmist kasutatakse näiteks sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimise korral. Väljundvoolu mõõdetakse aga näiteks kasuteguri leidmise korral, samuti ülevõimsuspiiri leidmiseks.

2.4 Alalisvoolu elektrooniline koormus

Alalisvoolu koormusena kasutatakse testimissüsteemis BK Precision 8601, mis võimaldab testida seadmeid kuni 120V ning kuni 60A väljundiga. Maksimaalseks võimsuseks on 250W. [6]

Elektroonilist koormust saab kasutada erinevatel režiimides – seade võimaldab koormata toiteallikaid nii pidevoolu, pidevpinge, pidevtakistuse kui ka pidevvõimsuse režiimides, samuti võimaldab seade ka suhteliselt mõistliku täpsusega pinge ja voolumõõtmist. Käesolevas lahenduses kasutatakse alalisvoolu koormust pidevoolu režiimis ning seadme mõõtefunktsionaalsust ei kasutata, kuna eraldiseisvad multimeetrid võimaldavad oluliselt paremat täpsust. Võimsustakisti täidab teoorias sama eesmärgi, kuid kuna käesoleva töö eesmärgiks on testimise automatiseerimine, siis võimsustakisti puhul pole võimalik lihtsalt automaatne juhtimine ning eraldiseisev elektrooniline koormus on seetõttu antud kontekstis parim valik.

2.5 Testitav seade

Mõõteseadmete valikust tulenevalt peavad testitava seadme parameetrid jääma allpooltoodud vahemikku.

1. Maksimaalne sisendpinge kuni 300 Vac
2. Maksimaalne sisendvõimsus kuni 375VA
3. Maksimaalne väljundpinge kuni 120Vdc
4. Maksimaalne väljundvool kuni 60A_{dc}
5. Maksimaalne väljundvõimsus kuni 250W

Testsüsteemi arenduse käigus kasutas autor testimiseks enamasti katseseadmeid, järgnevate nimiparameetritega:

Sisendpinge: 85-264Vac

Väljundpinge: 24Vdc

Väljundvõimsus: 65W

Pilt testitavast seadmest on kuvatud Lisa 3 juures.

3 Automaattestimistarkvara

Kuigi pingemuundurile esitatavaid nõudeid on väga palju ning kõikidele nõutele vastavuse testimine ei ole antud seadmetega võimalik, piirduakse antud töös arenduses pidevalt läbiviidavatele testidele.

1. Sisendpinge ja väljundvoolu kaitsepiiride määramine;
2. Kasuteguri mõõtmine;
3. Koormamata võimsustarve mõõtmine.

Tarkvara koostati toetudes agiilsele arendusele, sest terve projekti vältel tehti otsuseid oludest ning tarkvara tulemustest sõltuvalt. Samuti oli võimalik saada tagasisidet ning sellest lähtuvalt juhendaja soovide järgi muuta ning optimeerida tarkvara.

3.1 Testide läbiviimise vajalikkus

Mistahes tootearenduse käigus on tarvilik tagada mõõtmisvõimekus, et arendatav toode vastaks seatud nõuetele ning rahvusvahelistele standarditele. Ideaaljuhul peaks iga seatud nõude vastavust olema võimalik objektiivse testi või mõõtmisega tõendada, paljudel juhtudel ka kvantitatiivselt hinnata - see tähendab numbriliselt mõõta. Lisaks on paljusid mõõtmisi vajalik läbi viia mitmeid kordi ühe testi jooksul, mõõta on vaja mitmeid seadmeid kümneid kordi päevas. Sellisel juhul on käsitsi mõõtmine ajamahukas ning kätkeb endas inimtekkeliste vigade ohtu. Korduvalt tehtavate mõõtmiste läbiviimiseks on seetõttu mõistlik mõõtmised automatiseerida - seda mitte üksnes aja kokkuhoiuks, vaid ka tulemuste korratavuse garanteerimiseks.

Paljudel juhtudel on mõõtmistegevus üsna keeruline, kuna mingi arväärtuse mõõtmine vahetult ei ole võimalik - lõplik mõõtetulemus tugineb paljude vahetult saadavate mõõtmistulemuste funktsioonina. Sellistes olukordades on ilma automatiseerimiseta oht ka igakordse mõõtmistulemuse mõõtemääramatuse oluliseks kasvuks. Näiteks pingemuunduri kasuteguri mõõtmise puhul peaks teostama nii sisendvõimsuse kui ka väljundvõimsuse mõõtmisi samaaegselt. Samaaegsuse nõudest võib loobuda üksnes siis, kui testitav objekt on viidud tasakaaluolekusse, kus näiteks temperatuurist põhjustatud muutused võib mõõtmiste teostamise vältel lugeda tühiselt väikeseks.

Isegi sellisel juhul hakkab mõõtemääramatus sõltuma mõõtmiste teostamise kiirusest. Sellest tulenevalt on igal juhul mõistlik automatiseerida, et tagada korratavus ja minimaalne mõõtemääramatus.

Ka mõõtetulemuste esitamine puhtal, loetaval ning korrataval kujul eeldab päris mahukat andmetöötlust, mis jällegi on mõistlik automatiseerida.

3.2 Sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimine (*limit testing*)

Lubatud sisendpinge vahemik tüüpilisel rahvusvahelisele turule toodetaval muunduril on 85-264Vac. Madalaim võrgupinge on Jaapanis - 100Vac, kõrgeim nominaalne võrgupinge on Ühendkuningriigis ning mõnes Aafrika riigis – 240Vac. Universaalne toitemuundur peaks töötama kõikides riikides seda ka kuni 10% pingekõikumise korral.

On mõistetav, et suure sisendpinge vahemiku korral ei saa muundurid olla ideaalselt optimeeritud kasuteguriga üle kogu pingevahemiku. Tüüpiliselt hakkab kasutegur vähenema väga madalate sisendpingete korral ning sellest tulenevalt töötavad madalate pingete juures pingemuundurid suuremate kadudega ning kuumenevad. Seetõttu on tarvilik piirata eriti madalatel sisendpingetel kas väljundvõimsust või lülitada muundur välja.

Väga kõrgete sisendpingete juures tavaliselt kasutegur kiiresti vähenema ei hakka, kuid kõrgete pingete korral võidakse ületada komponentide pingetaluvuspiirid ning seetõttu kasvab kõrgete sisendpingete korral seadme mahapõlemise tõenäosus. Sellest tingitult on tarvilik ka maksimaalne sisendpinge piirata.

Väljundvool peab olema piiratud samuti toitemuunduri ülekuumenemise vältimiseks, samuti ohutuse tagamiseks näiteks pingemuunduri tarbija rikke korral.

3.2.1 Piiride testimise tehniline lahendus

Antud testimise võib jaotada kaheks, kus kõigepealt testitakse üle sisendpinge ning seejärel üle väljundvoolu.

Sisendpinge testimise üheks eesmärgiks on leida pingemuunduri sisselülituspinged, mida on kaks, sest sellised punktid eksisteerivad nii madala (edaspidi UVLO_R) kui ka kõrge (edaspidi OVLO_R) sisendpinge korral. DUT sisse- ja väljalülituspinged ei saa olla sama

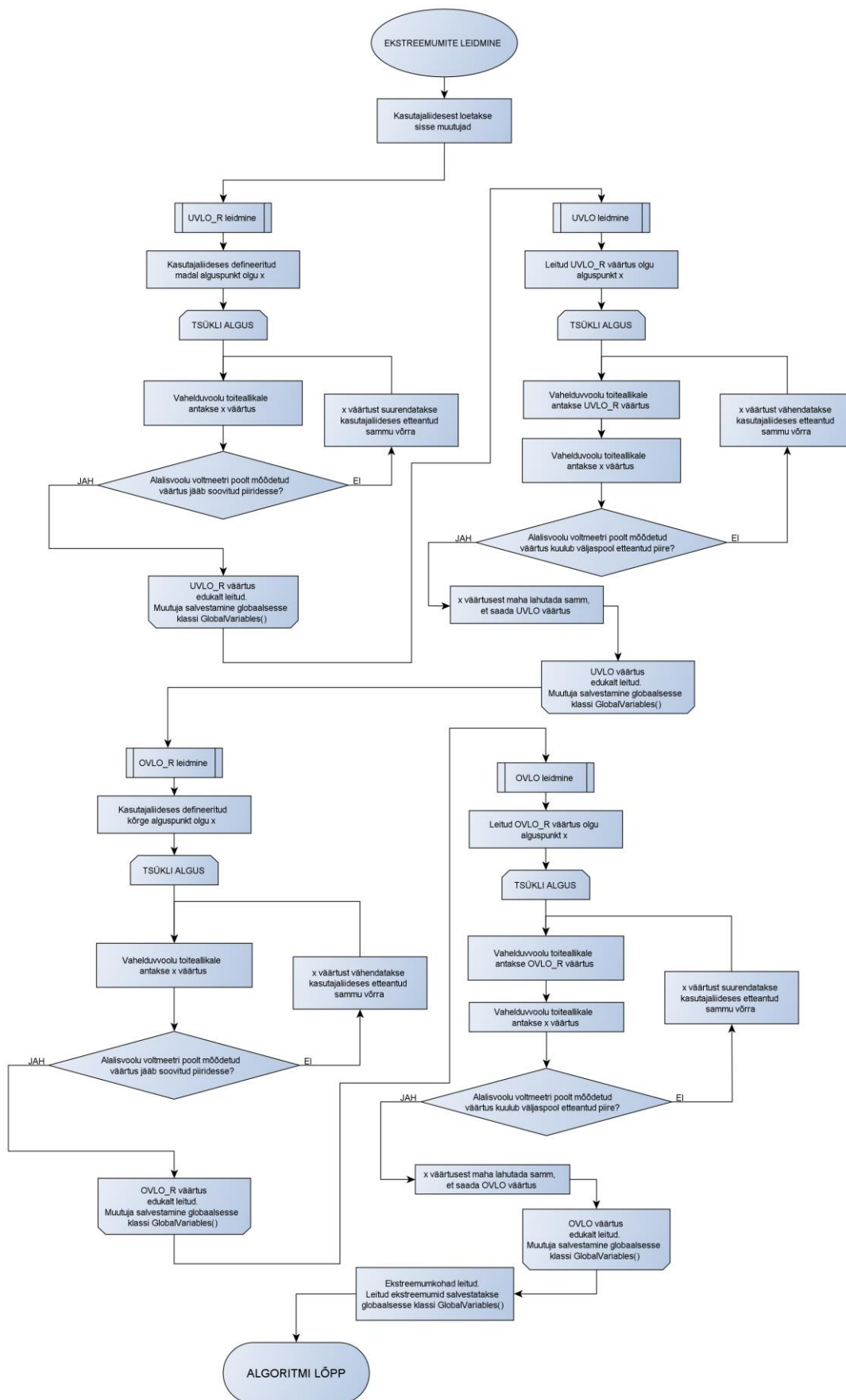
sisendpinge juures, sest sisendpinget piiri juures hoides hakkaks toimuma DUT järjepidev sisse- ja väljalülitamine. See probleem lahendatakse hüstereesi kasutades, mis tähendab, et sisse- ja väljalülitamiseks on erinevad sisendpinged (edaspidi vastavalt UVLO ja OVLO). Kokku on DUT vaja leida neli sisendpinge punkti: UVLO, UVLO_R, OVLO ja OVLO_R. Testi lõppedes eksporditakse leitud sisendpinged Exceli testiraportisse.

Sisendpinge mõõtmine pingemuunduril on lahendatud järgnevalt: kõigepealt on takistitest koosnev pingejagur, mis jagab kõrge pinget madalaks. Seda madalat pinget võrreldakse kasutades komparaatoreid ning otsustatakse kas sisendpinge kuulub ettenähtud piiride sisse. Juhul kui sisendpinge on lubatud vahemikus, lülitatakse DUT sisse.

Testimise läbiviimiseks UVLO_R korral antakse minimaalne soovitud sisendpinge ja sagedus toiteallikale ning jälgitakse väljundpinget multimeetril KEYSIGHT 34461A. Kui väljundpinge kuulub soovitud vahemikku ehk ületab etteantud väljundpinge künnise, võib leitud sisendpinget lugeda UVLO_R punktiks. Kui aga väljundpinge ei ületa künnist, tõstetakse sisendpinget etteantud sammu võrra kuni soovitud tingimus on saavutatud. Vastupidiselt sisselülituspinge leidmisele, hakatakse saadud sisendpinget kahandama sammu võrra kuni väljundpinge multimeetril langeb alla künnise – nii leitakse UVLO.

Siiski peab nii UVLO kui ka OVLO leidmisel silmas pidama, et peale iga sisendpinge muutmist väljaspool UVLO_R ning OVLO_R vahemikku, on vaja sisendpinge panna võrduma sisselülituspingega (et DUT lülituks uuesti sisse ning leitud väljalülituspinge oleks minimaalne). Samuti peab saadud UVLO väärtust suurendama lõpus veel sammu võrra, et saada viimane punkt kus pingemuundur veel töötas enne väljalülitamist. Sama protsessi korratakse ka OVLO_R ja OVLO leidmisel, kuid OVLO_R leidmisel lahutatakse sammu maksimumpingest ning OVLO leidmisel liidetakse samm leitud OVLO_R väärtusele.

Joonis 2 kirjeldab lihtsustatult ekstreemumite OVLO, OVLO_R, UVLO ning UVLO_R leidmise algoritmi sooritades piiride testi.



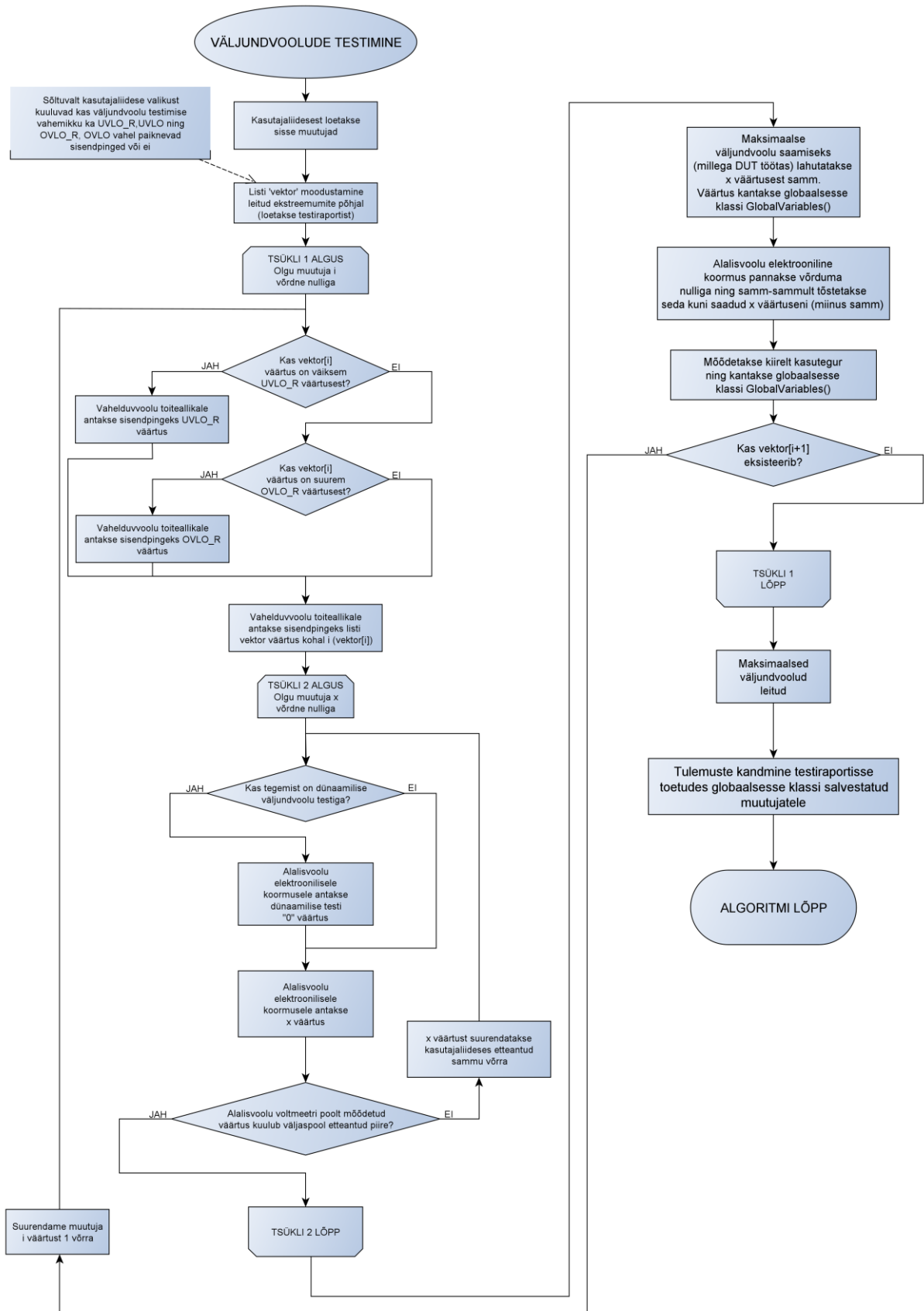
Joonis 2. Lihtsustatud ekstreemumite leidmise algoritm

Väljundvoolu testimise võib jaotada omakorda kaheks, sest väljundvoolu saab testida nii staatiliselt kui ka dünaamiliselt. Väljundvoolu testimisel on nii staatiline kui ka dünaamiline test vajalikud, sest see annab insenerile tagasisidet kuidas tema toode käitub sõltuvalt koormuse iseloomust. Kui tegemist on aeglasema koormusega, iseloomustab staatiline väljundvoolu test pingemuunduri tööd. Kiirema koormuse korral iseloomustab pingemuunduri tööd aga dünaamiline väljundvoolu test.

Väljundvoole testitakse üldiselt leitud UVLO_R ning OVLO_R vahemikus, kuid graafiline Exceli kasutajaliides võimaldab kasutajal valida ka väljundvoolu testimise UVLO kuni UVLO_R ja OVLO kuni OVLO_R vahemikus.

Väljundvoolu testimiseks antakse testitav sisendpinge ja sagedus toiteallikale ning hakatakse suurendama alalisvoolu elektroonilist koormust sammu võrra seni kuni multimeeter leiab, et väljundpinge langes alla etteantud künnise (peale mida minnakse samm tagasi, et saada viimane punkt kus väljundvool veel sobis). Staatilise ja dünaamilise väljundvoolu testimise erinevus tuleneb sammust. Nimelt, staatilisel testimisel suurendatakse elektroonilist koormust järk-järgult sammu võrra kuni väljundpinge kukub ära. Dünaamilisel testimisel aga „nullitakse“ elektrooniline koormus ära peale iga uue väljundvoolu testimist, kusjuures „nullikoht“ on Excelist etteantud muutuja. „Nullkoha“ defineerimine annab võimaluse vähendada testimisele kuluvat aega.

Joonis 3 kirjeldab lihtsustatult maksimaalsete väljundvoolude leidmise algoritmi iga sisendpinge korral sooritades piiride testi.



Joonis 3. Lihtsustatud väljundvoolu piiride testi algoritm

Peale väljundvoolu piiride testimist mõõdab tarkvara ka maksimaalse väljundvoolu juures kasuteguri (nn kiire kasuteguri mõõtmine – pingemuundurit ei viida termilisse tasakaaluolekusse). Lisaks on võimalik valida ka nn normaalne kasuteguri mõõtmine, kus kasutaja saab defineerida pikemad ajad ning suurema keskmistamise mõõtmisele. Kui sooritatakse ka nn normaalne kasuteguri test, kirjutatakse piiride testimisel kiirelt saadud kasuteguri väärtused üle hiljem mõõdetud ning eeldatavalt täpsemate kasuteguri väärtustega.

3.3 Kasuteguri testimine (*efficiency testing*)

Kasuteguri testimine on elektrooniliste seadmete korral vajalik, sest see näitab meile palju seadme tehtud tööst on kasulik - mida kõrgem kasutegur, seda parem. 100 protsenti on ideaal mille poole pürgitakse, kuid nagu ütlevad termodünaamika seadused, on see ilmvõimatu. Pingemuunduri korral on kasutegur üks kõige olulisemaid parameetreid.

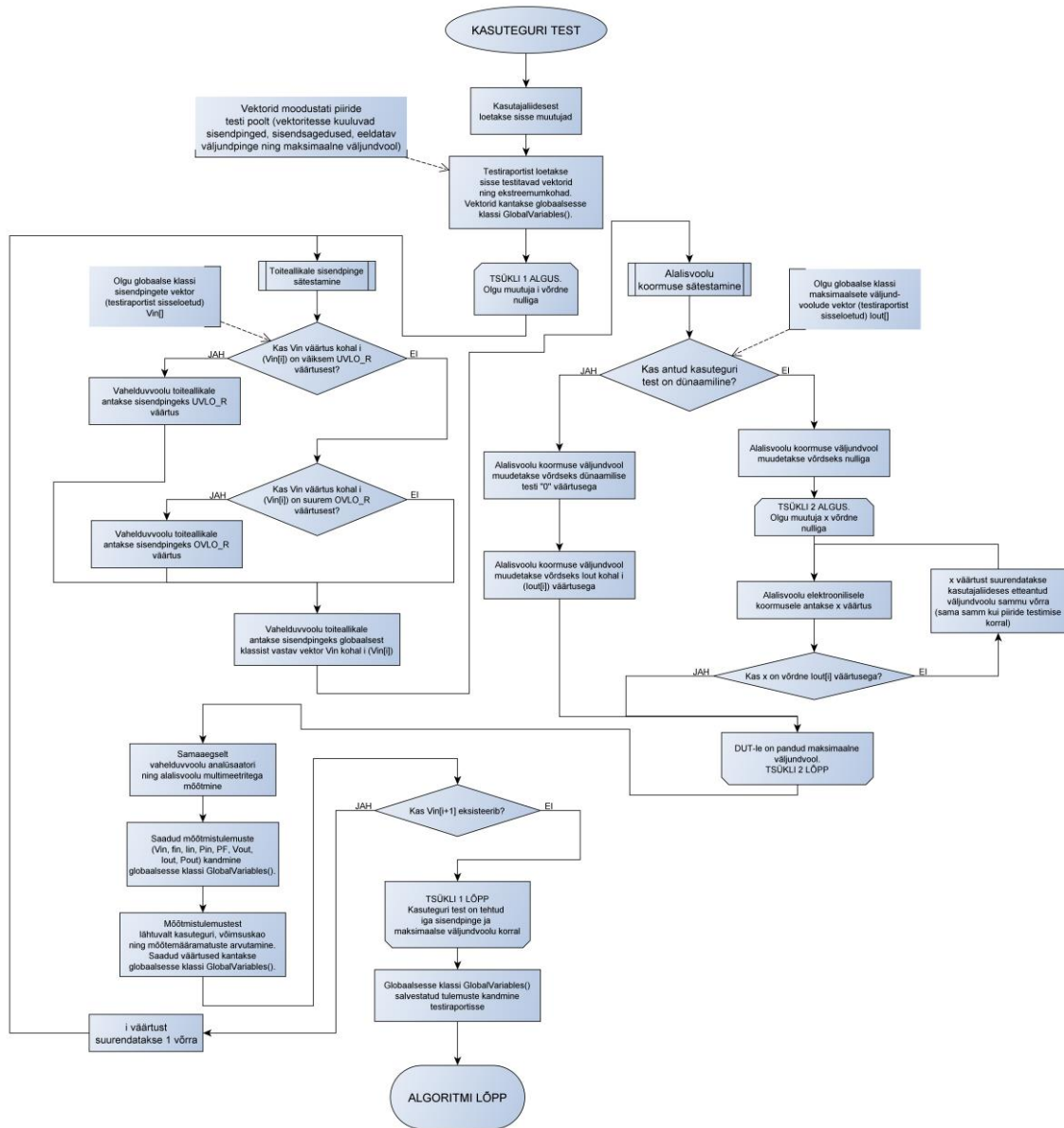
Kasuteguri testi läbiviimiseks peab olema eelnevalt läbitud sisendpinge ja väljundvoolu piiride test, sest kasutegurit mõõdetakse antud testis vaid maksimaalse väljundvoolu juures.

Kasuteguri testi korral antakse toiteallikale nii sisendpinge ja sagedus kui ka elektroonilisele koormusele maksimaalne väljundvool, kusjuures sõltuvalt sellest kas sooritatakse staatilist või dünaamilist kasuteguri testi, minnakse kas koheselt maksimaalse väljundvooluni (dünaamiline) või sammuga (staatiline). Peale toiteallika ja elektroonilise koormuse initsialiseerimist, mõõdetakse nii vahelduvvoolu analüsaatori kui ka multimeetriga samaaegselt ära sisendpinge, sagedus, sisendvool, sisendvõimsus, võimsustegur (*Power Factor* tõlge allika [7] põhjal), väljundpinge ja väljundvool. Samuti arvutatakse nendest lähtuvalt ka väljundvõimsus, võimsuskadu ning kasutegur. Samaaegne mõõtmine on väga oluline, sest see võimaldab meil saada sisend- ja väljundväärtused paralleelselt – käsitsi tehes oleksid tulemused varieeruvad ning samaaegsust oleks raske tagada ja verifitseerida.

Erinevalt piiride testil kasuteguri kiirest mõõtmisest, leitakse antud testiga kasuteguri väärtused üle pikema ajavahemiku (muudetav väärtus Excelis) väärtusi pidevalt keskmistades, tagades täpsema väärtuse väiksema mõõtemääramatusega kui oleks kiire testi korral võimalik. Tulemused kantakse Exceli testiraportisse kiire kasuteguri arvutuse

(sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimisel leitud kasuteguri väärtuste) asemele ning samuti kantakse testiraportisse tarkvara poolt arvutatud mõõtemääramatus.

Joonis 4 kirjeldab lihtsustatult kasuteguri testi algoritmi iga sisendpinge ning sellele vastava maksimaalse väljundvoolu korral.



Joonis 4. Lihtsustatud kasuteguri testi algoritm

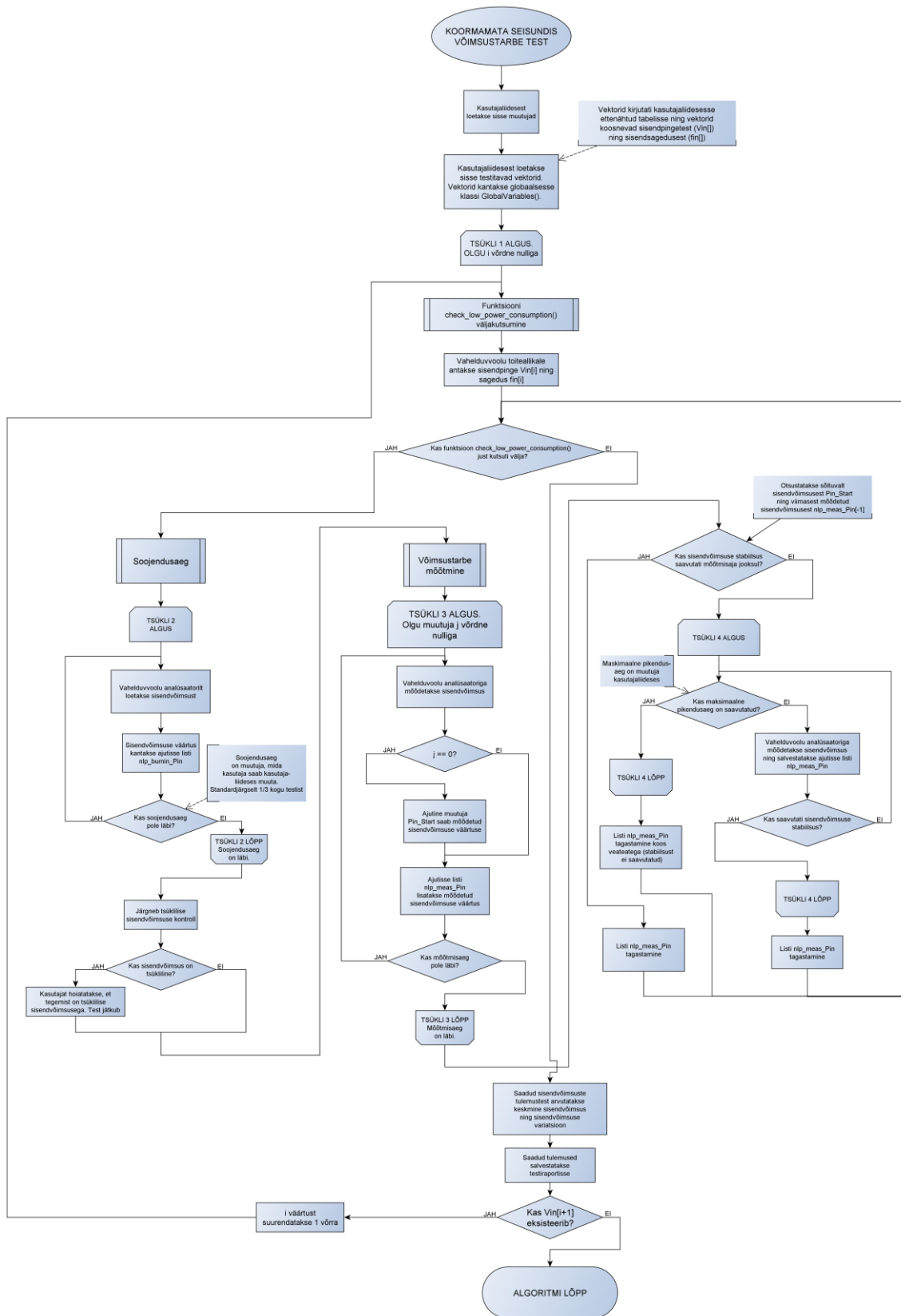
3.4 Koormamata seisundis võimsustarbe testimine (*no load power testing*)

Koormamata seisundis võimsustarvet on vaja testida, sest selle kaudu saab DUT võimsustarbe, olles ühendatud vooluvõrku nii et tema väljund ei ole kasutuses. Kuigi ühe seadme korral poleks kaod väga märkimisväärsed, on maailmas kasutusel väga palju erinevaid elektroonikaseadmeid, mistõttu võimsustarbe testimine on oluline nii energiasäästu kui ka raha säästmise seisukohast. Samuti toodetakse palju DUT seadmeid, mistõttu kõrgem kasutegur on tegelikkuses palju suurem võit kui esialgu tundub (ka 1% kasuteguri suurenemise korral). Antud test on koostatud nii et seda oleks võimalik läbi viia standardile [4] vastavalt.

Excelis on ette antud tabeli kujul väljad sisendpingeteks ja sagedusteks, mis võimaldab võimsustarbe testi sooritada mitu korda järjest erinevatel väärtustel, näiteks kui on soov seda testida nii Euroopa kui ka USA elektrivõrkude korral.

Testimine algab toiteallikale sisendpinge ja sageduse andmisega, peale mida algab nii-öelda soojendusae. Soojendusae moodustab kogutestist kolmandiku, mille jooksul mõõdetakse sisendvõimsust, et peale lõpetamist anda testi sooritajale teada kas tegemist on tsüklilise või mitte-tsüklilise võimsusega. Soojendusajale järgneb sisendvõimsuse mõõtmiste periood, mis moodustab kogutestist ülejäänud kaks kolmandikku. Mõõtmisaja lõppedes on oluline kontrollida kas sisendvõimsuste mõõtmiste jooksul saavutati soovitud stabiilsus ning kui ei, siis dünaamiliselt suurendada mõõtmisaega kuni tingimus on täidetud. Tingimuse täitmise järel arvutatakse välja mõõdetud väärtustest keskmine sisendvõimsus ning sisendvõimsuse varieeruvus. Saadud tulemused salvestatakse Exceli testiraportisse ning test loetakse lõppenuks.

Joonis 5 kirjeldab lihtsustatult koormamata seisundis võimsustarbe testi algoritmi.



Joonis 5. Lihtsustatud koormamata seisundis võimsustarbe testi algoritm

4 Testimise kasutajaliides ja testiraport Excelis

Exceli kasutajaliides on testimissüsteemi väga oluline osa, sest see seob kõik testid kokku, moodustades neist ühtse terviku. Exceli kasutajaliides täidab kahte eesmärki: esiteks muudab see testid paremini hallatavaks ning teiseks saab Excelis muuta muutujate väärtuseid sellest sõltuvalt mis teste on soov sooritada ning mis kriteeriumid peavad olema täidetud. Excelis saab kokku valida 5 testi vahel:

1. staatiline sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimine
2. staatiline kasuteguri testimine
3. dünaamiline sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimine
4. dünaamiline kasuteguri testimine
5. koormamata seisundis võimsustarbe mõõtmine.

Tasub märkida, et kasuteguri test nõuab piiride testi sooritamist, sest kasuteguri andmed loetakse sisse piiride testi poolt moodustatud vektoritest testiraportis. Kokku on Exceli kasutajaliideses 9 lehekülge: 3 lehekülge kuulub testide muutujatele, 3 lehekülge kuulub muutujate eksportimiseks (lihtsustab edaspidist tarkvaraarendust), 1 lehekülge on testiraporti aluseks (baas testiraporti formaadiks ning disainiks), 1 lehekülge on versioonidega seotud informatsiooni jaoks ning 1 lehekülge hoiab endas *xlwings* konfiguratsiooniga seotud muutujaid. Lisa 4 on näha ka pilt kasutajaliidese esimesest leheküljest, kuhu kuuluvad sooritataivate testide valik, sisendpinge ja väljundvoolu piiride testi muutujad ning testide käivituspupp „*RUN TESTS*“.

4.1 Exceli kasutajaliidese juhend

Excelis on iga test jaotatud eraldi leheküljele, kusjuures kasutajaliides on kirjutatud inglise keeles (testimistarkvara hakkavad kasutama eri rahvusest insenerid). Sooritatavad testid saab valida esimeselt leheküljelt, mis sisaldab ühtlasi ka sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimisega seotud parameetreid.

Peale testide valimist, on vaja muutujatele anda sobivad väärtused neile vastaval leheküljel. Muutujate kõrval on ka selguse mõttes kirjeldus. Peale muutujate

väärtustamist saab esimesele leheküljele minnes sooritada teste, vajutades nupu peale „*RUN TESTS*“. Testi lõppedes salvestatakse sooritatud testide andmed testiraportisse, mis avatakse kasutajale.

4.2 Testide leheküljed

Lehekülg „*FAULT_TEST*“ sisaldab sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimise seadistust. Seal saab muuta nii testiraporti salvestuskohta, testitava pingemuunduri spetsiifilist kirjeldust, teste mida pingemuundur läbib kui ka pingemuunduriga seotud muutujate väärtuseid – nagu näiteks mis sammuga leitakse nii sisendpingete kui ka väljundvoolude piire.

Lehekülg „*EFF_TEST*“ sisaldab kasuteguri testimise seadistust ehk kasuteguri testiga seotud muutujaid. Erinevalt „*FAULT_TEST*“ leheküljest, ei saa sellel leheküljel valida milliseid teste sooritatakse ning seda lehekülge peaks ainult siis modifitseerima kui on soovi sooritada kasuteguri testi.

Lehekülg „*NLP_TEST*“ sisaldab koormamata seisundi võimsustarbe testimise seadistust ehk koormamata seisundi testiga seotud muutujaid. Erinevalt „*FAULT_TEST*“ leheküljest, ei ole võimalik koormamata seisundi võimsustarbe testi leheküljel valida milliseid teste sooritatakse ning seda lehekülge peaks ainult siis modifitseerima kui on soovi sooritada koormamata võimsustarbe testi.

4.3 Muutujate eksportimise leheküljed

Muutujaid muudetakse neile vastavalt eespool mainitud lehekülgedelt („*FAULT_TEST*“, „*EFF_TEST*“, „*NLP_TEST*“), kuid Pythonis koostatud tarkvara loeb muutujad sisse eraldiseisvatelt lehekülgedelt, („*Variables_Limit_Testing*“, „*Variables_EFF*“ ja „*Variables_NLP*“). See võimaldab muuta lehekülgede struktuuri ilma Pythoni koodi muutmata, mis on edasise arenduse põhimõttel väga kasulik.

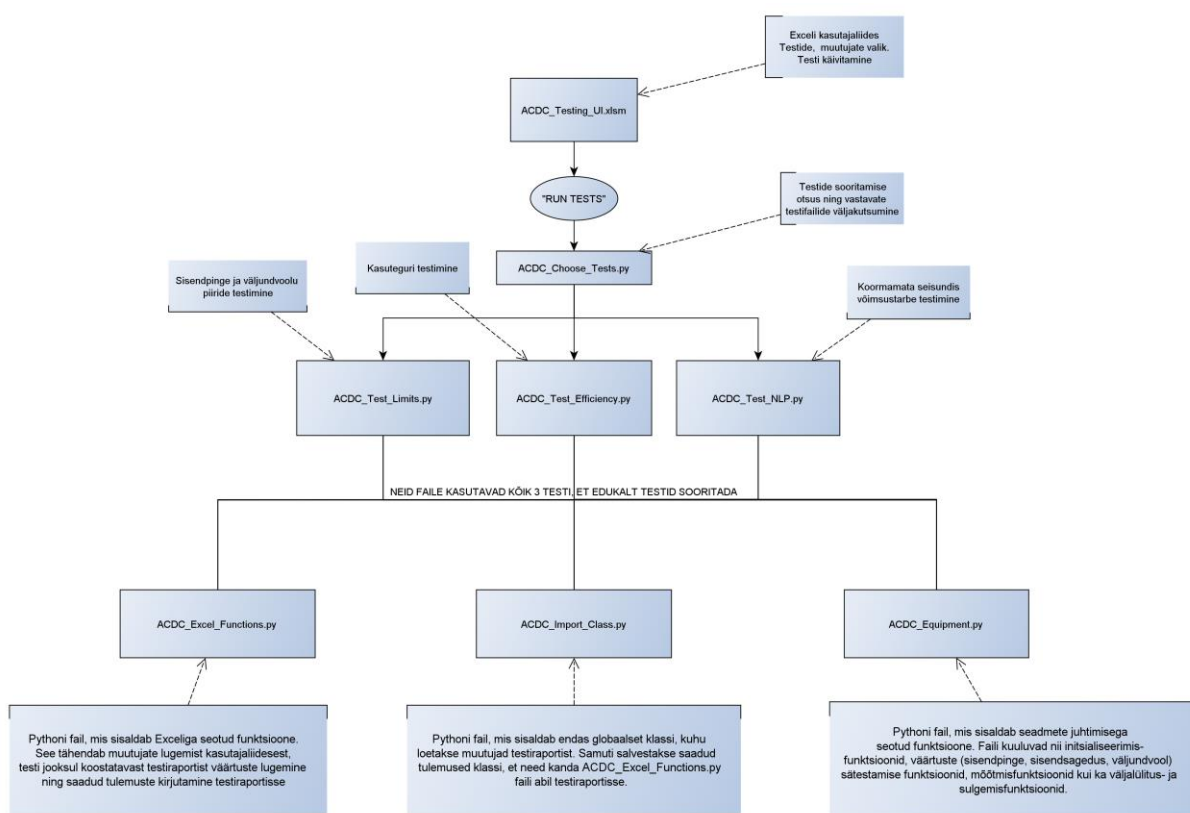
4.4 Testiraporti aluse lehekülg

Testiraporti aluse lehekülg „*Test_Report*“ on testiraporti koostamise baasiks. Sellest lähtuvalt koostatakse testiraport, jälgides struktuuri, mis on selles failis paika pandud. Iga testi tulemus paigutatakse teste sooritades neile ettenähtud kohta testiraportis, ainsa

erandina kasuteguri test, mille tulemustega kirjutatakse sisendpinge- ja väljundvoolu piiride testil tehtud kiire kasuteguri mõõtmiste tulemused üle.

5 Testimise algoritmi tarkvara funktsioonid

Tarkvara koostamisel peeti silmas programmeerimise häid tavasid - see tähendab, et koodi kommenteeriti ning jaotati loogilisteks alamosadeks, funktsioonideks ja eraldi failideks. See muudab tarkvara paremini hallatavaks nii edasiseks arenduseks kui ka paremini mõistetavaks teistele osapooltele. Kui kogu kood oleks paigutatud ühte faili, oleks selle järgimine olnud kui mitte võimatu, siis vähemalt väga keeruline. Samuti oleks sinna funktsioonide lisamine põhjustanud palju probleeme just tänu raskendatud haldamisele.

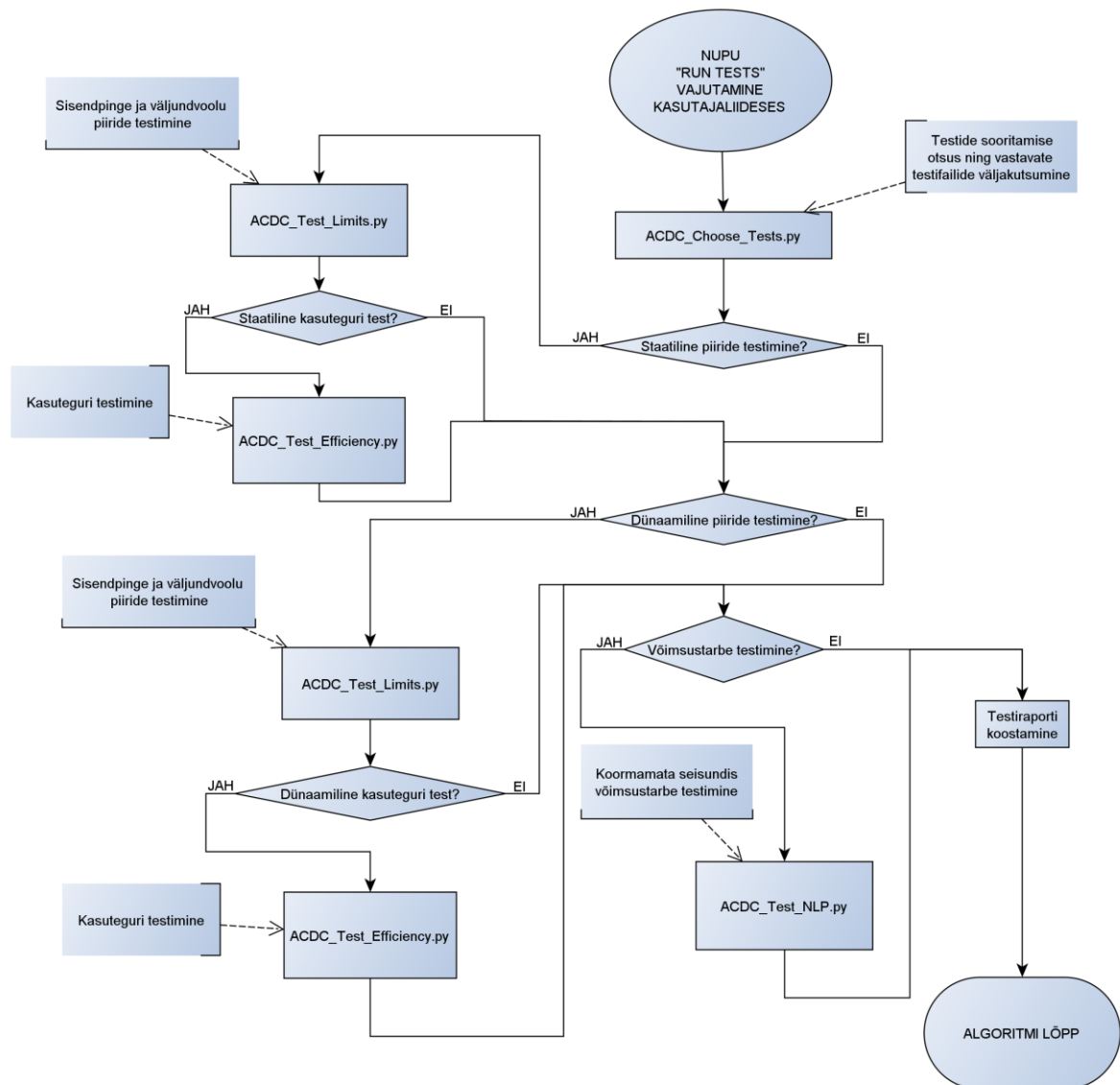


Joonis 6. Lihtsustatud automaattestimistarkvara ülesehitus

Tarkvara koostamisel võeti eeskujuks testimisel kasutusel olevate seadmete juhtimiseks vormistatud juhendid, mis pärinevad allikatest [2], [3], [8] ning [9]. Tarkvara on jaotatud seitsmesse Pythoni faili, mis on kõik allpool välja toodud.

5.1 ACDC_Choose_Tests.py

„ACDC_Choose_Tests.py“ fail kutsutakse välja Excelist kui kasutajal on soov teste sooritada. Antud faili võib lugeda põhifailiks, sest fail võtab lähteandmed Excelist, langetab otsused milliseid teste sooritatakse ning kutsub ükshaaval kõik läbitavad testifailid välja.



Joonis 7. Lihtsustatud faili ACDC_Choose_Tests.py algoritm

5.2 ACDC_Excel_Functions.py

„ACDC_Excel_Functions.py“ faili kuuluvad kõik funktsioonid, mis on seotud Exceliga. Et teste sooritada, loetakse Excelist sisse muutujad (vastavateelt muutujate eksportimiste

lehekülgedelt) kasutades funktsioone, mis on eespool nimetatud Pythoni failist välja kutsutud (näiteks funktsioon nimega „*read_eff_variables_Excel()*“, mis loeb kasuteguri testiga seotud muutujad faili *ACDC_Import_Class.py* globaalsesse klassi *GlobalVariables()*). Samuti sisaldab fail funktsioone testiraporti loomiseks (näiteks funktsioon „*generate_test_report()*“ loob testiraporti ning funktsioon „*write_limit_test_vectors_to_test_report()*“ kirjutab sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimise tulemused testiraportisse).

Lisaks eespool mainitule, sisaldab Exceli funktsioonide fail ka funktsioone näidistulemuste tekitamiseks. See tuleb erilisel kasuks kui on soovi testida tarkvara ilma mõõtmiste teostamise vajaduseta. See säästab aega nii tarkvara koostamisel kui ka edasiarendamisel silumist (*debugging* tõlge allika [10] põhjal) tehes.

5.3 ACDC_Import_Class.py

„*ACDC_Import_Class.py*“ fail sisaldab endas globaalset klassi, mida jagatakse kõikide testide vahel. Faili salvestatakse kõik testimisega seotud andmed, kuhu kuuluvad: testide muutujad, mõõtmise massiivid (vektorid), mõõteseadmete aadressid, testiraporti asukoht ja pingemuunduri spetsiifiline kirjeldus.

Globaalse klassi nimi on '*GlobalVariables()*', klassi lühendina kasutatakse testides muutujat 'g' ning globaalsest klassist muutujaid kutsutakse välja kasutades formaati "g.*MUUTUJA_NIMI*". Peale iga testi läbimist, tühjendatakse sisendvektorid ning väljundvektorid, et oleks võimalik komplikatsioonideta jagada globaalset klassi testide vahel.

5.4 ACDC_Equipment_Functions.py

„*ACDC_Equipment_Functions.py*“ fail koosneb funktsioonidest, mis on vajalikud mõõteseadmetega suhtlemiseks. Juhtimisfunktsioonid on tehtud igale seadmele - see tähendab nii vahelduvvoolu toiteallikale, vahelduvvoolu analüsaatorile, alalisvoolu multimeetritele kui ka alalisvoolu elektroonilisele koormusele.

Tabel 1. Seadmete funktsioonid failis ACDC_Equipment_Functions.py

Seade	Funktsioon	Funktsioon	Funktsioon
Vahelduvvoolu toiteallikas (1)	<i>ac_source_init</i> (I)	<i>ac_source_set</i> (II)	<i>ac_source_close</i> (III)
Vahelduvvoolu toiteallikas (2)	<i>ac_source_turnon</i> (IV)	<i>ac_source_turnoff</i> (V)	-
Vahelduvvoolu analüsaator (1)	<i>ac_analyzer_init</i> (VI)	<i>ac_analyzer_limit_quick_init</i> (VII)	<i>ac_analyzer_NLP_quick_init</i> (VIII)
Vahelduvvoolu analüsaator (2)	<i>ac_analyzer_meas</i> (IX)	<i>ac_analyzer_quick_meas</i> (X)	<i>ac_analyzer_quick_meas_nlp</i> (XI)
Vahelduvvoolu analüsaator (3)	<i>ac_analyzer_close</i> (XII)	-	-
Alalisvoolu voltmeeter (1)	<i>dc_analyzer_init</i> (XIII)	<i>dc_analyzer_quick_init</i> (XIV)	<i>dc_analyzer_meas</i> (XV)
Alalisvoolu voltmeeter (2)	<i>dc_analyzer_meas_uncert</i> (XVI)	<i>check_output_voltage</i> (XVII)	<i>dc_analyzer_close</i> (XVIII)
Alalisvoolu ampermeeter (1)	<i>dc_analyzer_init</i> (XIII)	<i>dc_analyzer_quick_init</i> (XIV)	<i>dc_analyzer_meas</i> (XV)
Alalisvoolu ampermeeter (2)	<i>dc_analyzer_meas_uncert</i> (XVI)	<i>dc_analyzer_close</i> (XVIII)	-
Alalisvoolu elektrooniline koormus (1)	<i>dc_load_init</i> (XIX)	<i>dc_load_set</i> (XX)	<i>dc_load_turnon</i> (XXI)
Alalisvoolu elektrooniline koormus (2)	<i>dc_load_turnoff</i> (XXII)	<i>dc_load_close</i> (XXIII)	-

Tabel 1 kirjeldab milliseid funktsioone kasutavad erinevad seadmed failist ACDC_Equipment_Functions.py. Tabel 2 kirjeldab aga milliseid faili ACDC_Equipment_Functions.py funktsioone kasutavad erinevad testid.

Tabel 2. Testide jooksul seadmetega suhtlemiseks kasutatud funktsioonid

Testi nimetus	Funktsioon	Funktsioon	Funktsioon
Sisendpinge ja väljundvoolude piiride testimine (1)	<i>ac_source_init</i> (I)	<i>ac_source_set</i> (II)	<i>ac_source_turnon</i> (IV)
Sisendpinge ja väljundvoolude piiride testimine (2)	<i>ac_source_turnoff</i> (V)	<i>ac_analyzer_init</i> (VI)	<i>ac_analyzer_limit_quick_init</i> (VII)
Sisendpinge ja väljundvoolude piiride testimine (3)	<i>ac_analyzer_quick_meas</i> (X)	<i>dc_analyzer_quick_init</i> (XIV)	<i>dc_analyzer_meas</i> (XIV)
Sisendpinge ja väljundvoolude piiride testimine (4)	<i>dc_load_init</i> (XIX)	<i>dc_load_set</i> (XX)	<i>dc_load_turnon</i> (XXI)
Sisendpinge ja väljundvoolude piiride testimine (5)	<i>dc_load_turnoff</i> (XXII)	-	-
Kasuteguri testimine (1)	<i>ac_source_init</i> (I)	<i>ac_source_set</i> (II)	<i>ac_source_turnon</i> (IV)
Kasuteguri testimine (2)	<i>ac_source_turnoff</i> (V)	<i>ac_analyzer_init</i> (VI)	<i>ac_analyzer_meas</i> (IX)

Kasuteguri testimine (3)	<i>dc_analyzer_init</i> (XIII)	<i>dc_analyzer_meas</i> (XV)	<i>dc_analyzer_meas_uncert</i> (XVI)
Kasuteguri testimine (4)	<i>check_output_voltage</i> (XVII)	<i>dc_load_init</i> (XIX)	<i>dc_load_set</i> (XX)
Kasuteguri testimine (5)	<i>dc_load_turnon</i> (XXI)	<i>dc_load_turnoff</i> (XXII)	-
Võimsustarbe testimine (1)	<i>ac_source_init</i> (I)	<i>ac_source_set</i> (II)	<i>ac_source_turnon</i> (IV)
Võimsustarbe testimine (2)	<i>Ac_source_turnoff</i> (V)	<i>Ac_analyzer_init</i> (VI)	<i>Ac_analyzer_NLP_quick_init</i> (VIII)
Võimsustarbe testimine (3)	<i>Ac_analyzer_quick_meas_nlp</i> (XI)	<i>dc_load_init</i> (XIX)	<i>dc_load_turnon</i> (XXI)
Võimsustarbe testimine (4)	<i>ac_analyzer_close</i> (XII)	-	-

Funktsioonid, mille nimi sisaldab sõna 'init' (nt. *ac_source_init* (I)) viitavad, et tegemist on initsialiseerimisfunktsiooniga, samas kui 'quick_init' (nt. *ac_analyzer_limit_quick_init* (VII)) viitab kiire mõõtmise teostamiseks kasutusel olevale initsialiseerimisfunktsioonile. Sarnaselt 'init' funktsioonidele, viitab funktsiooni nimes sõna 'meas' (nt. *ac_analyzer_meas* (IX)) mõõtmise teostamise funktsioonile ning 'quick_meas' (nt. *ac_analyzer_quick_meas_nlp* (XI)) viitab kiire mõõtmise teostamise funktsioonile. Sisendpinge, sisendsageduse ja väljundvoolu sätestusfunktsioonid sisaldavad funktsiooni nimes sõna 'set' (nt. *ac_source_set* (II)), mõõteseadme sisselülitusfunktsioonid sisaldavad sõna 'turnon' (nt. *ac_source_turnon* (IV)) ning väljalülitusfunktsioonid sõna 'turnoff' (nt. *ac_source_turnoff* (V)). Seade lülitatakse

välja kui tekib ohtlik olukord, näiteks sisendvõimsus kasvab testimise jooksul suuremaks kui DUT vastu peab.

Vahelduvvoolu analüsaatori ja alalisvoolu multimeetrite korral on funktsioone rohkem, sest nendel mõõteseadmetel on kaks režiimi. Nimelt, nii analüsaatorit kui ka multimeetreid saab seadistada kas kiireteks (nt. funktsioon *ac_analyzer_quick_meas_nlp* (XI)) või väiksema mõõtemääramatuse korral pikaajalisteks mõõtmisteks (nt. funktsioon *dc_analyzer_meas* (XV)). Mõlemal režiimil on enda plussid ja miinused, mistõttu kasutatakse mõlemat, sõltuvalt olukorrast – kiireid mõõtmisi kasutatakse sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimisel ning koormamata seisundis võimsustarbe testimisel, samas kui pikem mõõtmine on vajalik kasuteguri mõõtmiseks.

5.5 ACDC_Test_Limits.py

„*ACDC_Test_Limits.py*“ faili hõlmab endas sisendpinge ja väljundvoolu piiride testimisega seotud funktsioone ning avatakse kui vastav test on valitud Exceli kasutajaliideses.

Faili avamisel loetakse Excelist testiks vajalikud andmed sisse kasutades „*ACDC_Excel_Functions.py*“ faili funktsioone, nagu näiteks funktsioon „*read_limit_test_variables_Excel()*“, mille eesmärgiks on muutujate sisselugemine kasutajaliidese leheküljelt „*Variables_Limit_Testing*“. Sisseloetud väärtused salvestatakse „*ACDC_Import_Class.py*“ faili globaalsesse klassi „*GlobalVariables()*“

Sellele järgneb testiraporti olemasolu kontroll, sest eesmärk on paigutada testiraport ühte faili, mitte iga test eraldi faili. Testiraporti kontroll on vajalik, sest „*ACDC_Test_Limits.py*“ faili võib kokku sooritada kaks korda – ühel juhul staatilisel piiride testimisel ning teisel juhul dünaamilisel piiride testimisel. Kui see ei vastaks tõele, poleks kontroll vajalik, sest piiride testi fail avatakse esimesena ehk testiraportit ei saaks eksisteerida.

Kuna piiride testimine koosneb kahest etapist, on järgmiseks etapiks kontrollida kas ekstreemumpunktid on juba varem leitud või testiraportist kaasa antud. Sellest sõltuvalt langetatakse otsus kas kontrollida piire sisendpingete korral või minna kohe väljundvoolude testimise juurde. Testimise jooksul kasutatakse

„ACDC_Equipment_Functions.py“ faili seadmete initsialiseerimiseks ning seadmetega suhtlemiseks, näiteks mõõtmistulemuste saamiseks.

Peale nii sisendpinge kui ka väljundvoolu piiride testimist, salvestatakse tulemused Excelisse, tühjendatakse andmemassiivid ning tühjendatakse kondensaatorid (sisendpinge nullimine ning väljundkoormuse sätestamine peale viidet). Lõpetuseks naastakse „ACDC_Choose_Tests.py“ faili, et kontrollida ülejäänud testide sooritamise vajalikkust.

5.6 ACDC_Test_Efficiency.py

„ACDC_Test_Efficiency.py“ on Pythoni fail, mis käsitleb kasuteguri testi ja selleks vajalike funktsioonide esilekutsumist ning avatakse kui kasuteguri test on valitud Exceli kasutajaliideses.

Kõikide testide korral on muutujad vajalikud edukaks läbimiseks, mistõttu peab ka kasuteguri testi korral lugema parameetrid sisse Excelist, täpsemini nii „Variables_EFF“ leheküljelt kui ka testiraportist. Selle jaoks kasutatakse „ACDC_Excel_Functions.py“ funktsioone, näiteks on kasuteguri testi korral oluline sisse lugeda eelneva testi („ACDC_Test_Limits.py“) ekstreemumkohad ning tulemusvektorid testiraportist, mis saavutatakse funktsioonidega „read_extremums_from_test_report()“ ja „read_limit_test_vectors_from_Excel()“. Sisseloetud muutujate ning massiivide väärtused salvestatakse „ACDC_Import_Class.py“ globaalsesse klassi „GlobalVariables()“.

Järgmisena kontrollitakse testiraporti olemasolu, et ei tekitataks duplikaat. Erinevalt aga piiride testist, ei oleks kontrolli teoorias vaja, sest kasuteguri testi sooritatakse ainult siis kui piiride testi sooritati eelnevalt. Vajalikkus tuleneb aga silumise (*debugging* tõlge allika [10] põhjal) soovi korral, sest sellisel juhul genereeritakse testiraporti parameetrid näidisvektoritest ning reaalsel testiraportit pole seetõttu moodustatud. Peale seda testitakse kasutegurit andes toiteallikale sisendpinge ning rakendades elektroonilisele koormusele ettenähtud voolu. Testide läbimiseks kasutatakse „ACDC_Equipment_Functions.py“ failis olevaid funktsioone seadmetega suhtlemiseks (initsialiseerimiseks ja mõõtmisteks).

Kasuteguri testi algoritmi lõpus salvestatakse andmed Excelisse, kirjutades üle piiride testimisel läbitud kiire kasuteguri mõõtmise vektorid. Seejärel tühjendatakse testimassiivid ning kondensaatorid (sisendpinge nullimine ning väljundkoormuse sätestamine peale viidet). Lõpetuseks naastakse „*ACDC_Choose_Tests.py*“ faili, et kontrollida ülejäänud testide sooritamise vajalikkust.

5.7 *ACDC_Test_NLP.py*

„*ACDC_Test_NLP.py*“ on Pythoni fail, mis käsitleb koormamata seisundis võimsustarbe testi ja selleks vajalike funktsioonide esilekutsumist ning avatakse kui kasuteguri test on valitud Exceli kasutajaliideses.

Faili avamisel loetakse testi jaoks vajalikud parameetrid faili „*ACDC_Import_Class.py*“ globaalsesse klassi „*GlobalVariables()*“, kasutades vastavaid funktsioone failist „*ACDC_Excel_Functions.py*“. Näiteks funktsioon „*read_nlp_test_vectors_Excel()*“ loeb sisse testitavad vektorid Exceli kasutajaliidesest.

Sellele järgneb testiraporti olemasolu kontroll, sest kui Exceli kasutajaliideses sooritatakse peale koormamata võimsustarbe ka teisi teste, ei tohi uut testiraportit luua. Seejärel sooritakse koormamata seisundi võimsustarbe test iga Excelist sisseloetud kasutajaliidese vektori kohta.

Koormamata seisundi võimsustarbe testi algoritmi lõpus salvestatakse andmed Exceli testiraportisse ettenähtud kohta. Seejärel tühjendatakse testimassiivid ning kondensaatorid (sisendpinge nullimine ning väljundkoormuse sätestamine peale viidet). Lõpetuseks naastakse „*ACDC_Choose_Tests.py*“ faili, kus selgub, et tegemist oli viimase testiga, mistõttu sulgetakse tarkvara. Testiraport salvestatakse ning jääb avatuks, et oleks võimalik teha edasisi järeltõlge DUT sobilikkusest.

6 Kasuteguri testi mõõtemääramatus

Antud peatükk kirjeldab mõõtemääramatuse leidmist kasuteguri testi korral, sõltuvalt mõjutavatest teguritest. Tegurid mis mõjutavad mõõtemääramatust on järgnevad:

1. Mõõteaparaatide mõõtemääramatus
2. DUT temperatuur
3. Juhtmed ja ühendused

6.1 Mõõteseadmete mõõtemääramatus

Kasuteguri testimise korral on kasutusel kõik mõõteseadmed, kuid mõõtemääramatuse vähendamiseks mõõdetakse nii toiteallikast tulenev sisendpinge ja sagedus kui ka elektroonilise koormuse väljundvool kasutades vahelduvvoolu analüsaatorit ning alalisvoolu multimeetreid. Järelkult mõõteseadmetest tuleneva mõõtemääramatuse leidmiseks peab uurima vaid vahelduvvoolu analüsaatorit ning alalisvoolu multimeetreid.

6.2 DUT Temperatuur

Kuna testitava seadme omadused sõltuvad tema temperatuurist, on oluline kõikide mõõtmiste korratavuse eeldus testitava seadme termilise tasakaalu saavutamine enne mõõtmiste alustamist. Selleks on kasutajale antud võimalus soojenemisaega muuta vastavalt vajadusele.

Termilise tasakaalupunkti ümber toimuvast temperatuuri kõikumisest mõõtmiste ajal, mis võib tuleneda keskkonnatemperatuuri erinevusest ning õhu liikumisest, tulenev kaovõimsuse ning kasuteguri mõõtemääramatus on väga väike ning seda komponenti ei arvestata.

6.3 Juhtmed ja ühendused

Oluline osa juhtmete ja ühenduste tekitatud mõõtevigades on põhjustatud takistuslikust pingelangust. Nende vigade minimeerimiseks teostatakse pinge mõõtmine väljundis eraldi juhtmetega otse testitavalt seadmelt ning sisendis eraldi juhtmetega testitava

seadme vahetus läheduses (võrgupesas, kust testitava seadmeni läheb üksnes 20cm 1mm² vaskjuhe). Kuna sisendi vool on suhteliselt madal (jäädes keskmiselt alla 1 A), siis olulist viga sisendvõimsuse mõõtetulemusele see juhe ei põhjusta. Seega võib läbimõeldud testsüsteemi ülesehituse korral jätta kõrvale ka juhtmetest tulenevad vead ning mõõtemääramatuse.

6.4 Standardmäärmatuse tüübid

Standardmääramatust saab jagada kahte tüüpkategooriasse: A-tüüpi standardmääramatus ning B-tüüpi standardmääramatus. A-tüüpi standardmääramatus tuleneb korduvatest mõõtmistest samadel tingimustel ja B-tüüpi standardmääramatus tuleneb seadmete ebatäpsusest ning sõltub mõõtmiste jaotise tüübist. Liitmõõtemääramatuseks (alternatiivselt koondmõõtemääramatus) loetakse A- ja B-tüüpi standardmääramatuse liitmisel saadud väärtust ning liitmõõtemääramatus u_c avaldub valemiga:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (1)$$

Kus u_A on A-tüüpi standardmääramatus ning u_B on B-tüüpi standardmääramatus. [11]

Ühtlase jaotuse korral tuleb B-tüüpi standardmääramatuse leidmiseks mõõteseadme maksimaalne mõõtehälve jagada läbi $\sqrt{3}$. Seega B-tüüpi standardmääramatus u_B avaldub:

$$u_B = \frac{\Delta_o}{\sqrt{3}} \quad (2)$$

Kus Δ_o on mõõteseadme maksimaalne mõõtehälve (seadme kasutusjuhendist leitav maksimaalne mõõteviga). [11]

B-tüüpi mõõtemääramatust võib nimetada antud ülesande korral koondmõõtemääramatuseks, sest A-tüüpi mõõtemääramatus loetakse võrdseks nulliga tehtud mõõtmiste suure hulga tõttu. Seega koondmõõtemääramatus u_c avaldub valemiga:

$$u_c = u_B \quad (3)$$

Kus u_B on B-tüüpi standardmääramatus. [11]

6.5 Seadmetest tulenevad määramatuse komponendid

Toetudes eelnevale on antud juhul piisav, kui kasuteguri mõõtemääramatust hinnata baseerudes mõõteseadmetest tulenevatele mõõtemääramatuste komponentidele ning kuna automaattestimisel võetakse suur hulk mõõtetulemusi ning keskmistatakse üle sellise hulga, siis piirdub määramatus B-tüüpi määramatusega, mis on põhjustatud mõõteseadmetest.

Mõõteseadmetest tulenevad määramatuse komponendid u_x avalduvad vastava seadme kasutusjuhendist leitava maksimaalse mõõtevea või -hälbe Δ_x kaudu (eeldades ühtlast jaotust):

$$u_x = \frac{\Delta_x}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

Kui elektroonilise mõõteseadme resolutsioon on suhteliselt madal võrreldes mõõdetava suurusega, siis lisandub määramatuse komponent u_y , mis avaldub resolutsiooni R_y kaudu (eeldades ühtlast jaotust ning mõõteseadme sisemist korrektset ümardamist):

$$u_y = \frac{R_y}{2\sqrt{3}} \quad (5)$$

Mõõteseadmest põhjustatud liitmääramatus avaldub:

$$u_{seade} = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} \quad (6)$$

6.5.1 Vahelduvvoolu analüsaatorist tingitud mõõtemääramatus

Vahelduvvoolu analüsaatori kasutusjuhendi [3] põhjal avaldub mõõteseadmest tingitud absoluutpiirvea komponent Δ_{Pin} järgneva valemiga (juhul kui võimsustegur jääb 0 ja 1 vahele):

$$\Delta_{P_{in}} = P_{in} \cdot 0.001 + 0.0005 \cdot P_{rang} \div P_{app} + 0.001 \cdot \tan(\cos^{-1} PF) \text{ [W]} \quad (7)$$

Kus P_{in} on mõõdetud sisendvõimsus, P_{rang} on vahelduvvoolu analüsaatori võimsuse mõõtepiirkond, P_{app} on mõõdetud näivvõimsus ning PF on võimsustegur.

Et leida mõõteseadmest tulenev määramatus u_{P1} , kasutatakse järgnevat valemit:

$$u_{P1} = \frac{\Delta_{P_{in}}}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

Et leida mõõteseadme resolutsioonist tulenev määramatus u_{P2} , kasutatakse järgnevat valemit:

$$u_{P2} = \frac{Res}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (9)$$

Kus Res on vahelduvvoolu analüsaatori resolutsioon (W).

Summaarne vahelduvvoolu analüsaatori liitmääramatus avaldub, vastavalt valemile (6):

$$u_P = \sqrt{u_{P1}^2 + u_{P2}^2} \quad (10)$$

6.5.2 Väljundpinge mõõtmiseks kasutatavast multimeetrist tingitud mõõtemääramatus

Alalisvoolu multimeetrite korral on mõõtemääramatusel olulised väärtused väljundpinge ja väljundvool, mille täpsus sõltub mõõdetud väärtusest ning mõõtepiirkonnast. Alalisvoolu multimeetri manuaalist [5] lähtuvalt, avaldub 100V mõõtepiirkonna korral mõõteseadmest tingitud absoluutpiirvea komponent $\Delta_{V_{out}}$ järgneva valemiga:

$$\Delta_{V_{out}} = V_{out_{meas}} \times 0.006\% + V_{out_{rang}} \times 0.0006\% \text{ [V]} \quad (11)$$

Kus $V_{out_{meas}}$ on mõõdetud väljundpinge ning $V_{out_{rang}}$ on väljundpinge mõõtepiirkond.

Ühtlase jaotuse korral avaldub väljundpinge mõõtemääramatus $u_{V_{out}}$:

$$u_{Vout} = \frac{\Delta_{Vout}}{\sqrt{3}} \quad (12)$$

6.5.3 Väljundvoolu mõõtmiseks kasutatavast multimeetrist tingitud mõõtemääramatus

Alalisvoolu multimeetri manuaalist [5] lähtuvalt, avaldub 10A mõõtepiirkonna korral mõõteseadmest II tingitud absoluutpiirvea komponent Δ_{Iout} järgneva valemiga:

$$\Delta_{Iout} = Iout_{meas} \times 0.15\% + Iout_{rang} \times 0.01\% [A] \quad (13)$$

Kus $Iout_{meas}$ on mõõdetud väljundvool ning $Iout_{rang}$ on väljundvoolu mõõtepiirkond.

Ühtlase jaotuse korral avaldub väljundvoolu mõõtemääramatus u_{Iout} :

$$u_{Iout} = \frac{\Delta_{Iout}}{\sqrt{3}} [A] \quad (14)$$

6.5.4 Kasuteguri mõõtmise korral laiendmääramatuse leidmine

Kasuteguri testi korral leitakse kasutegur η järgmise valemiga:

$$\eta = 100 \cdot \frac{Iout \times Vout}{P_{in}} [\%] \quad (15)$$

Kasuteguri määramatus sisendvõimsuse, väljundpinge ja väljundvoolu määramatuste kaudu avaldub vastavate määramatuste ning tundlikkustegurite korrutiste ruutude summa ruutjuurena. Vastavad tundlikkustegurid avalduvad osatuletistena ning nende sisuks on nii vastava määramatuskomponendi mõju määramine kui ka dimensionide ühtlustamine:

$$u_{\eta} = \sqrt{\left(\frac{\partial \eta}{\partial Iout} \times u_{Iout}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial Vout} \times u_{Vout}\right)^2 + \left(\frac{\partial \eta}{\partial P_{in}} \times u_{P_{in}}\right)^2} [\%] \quad (16)$$

Et leida kasuteguri liitmääramatus u_η valemi (16) põhjal, peame eelnevalt leidma valemi (15) põhjal muutujate osatuletised ehk tundlikustegurid. Saame järgnevad osatuletised:

$$\frac{\partial \eta}{\partial I_{out}} = \frac{V_{out}}{P_{in}} \quad (17)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial V_{out}} = \frac{I_{out}}{P_{in}} \quad (18)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial P_{in}} = -\frac{I_{out} \times V_{out}}{P_{in}^2} \quad (19)$$

Asendame leitud osatuletised valemisse (16) ning saame kasuteguri liitmäära u_η valemi:

$$u_\eta = \sqrt{\left(\frac{V_{out}}{P_{in}} \times u_{I_{out}}\right)^2 + \left(\frac{I_{out}}{P_{in}} \times u_{V_{out}}\right)^2 + \left(-\frac{I_{out} \times V_{out}}{P_{in}^2} \times u_{P_{in}}\right)^2} \quad [\%] \quad (20)$$

Kasuteguri liitmääramatusest u_η laiendmääramatuse U_η saamiseks mingil usaldusnivool on vaja korrutada leitud u_η katteteguriga. Normaalkaotuse korral ning 95% usaldusnivool on vastavaks katteteguriks 2. U_η avaldub:

$$U_\eta = u_\eta \times 2 \quad (21)$$

Kuna tegemist on automaattestimistarkvaraga, toimub mõõtemääramatuse arvutamine koodisiseselt, toetudes 6. peatükis kirjapandule.

7 Kokkuvõte

Bakalaureusetöö eesmärgiks oli tarkvara loomine pingemuundurile, et palju kordusi vajav aeganõudev testimine oleks lihtne kasutajale ning automatiseeritud. Tarkvara võimaldab toodet väljaarendaval inseneril säästa aega ning selle tulemusel säästa ka raha, sest testi sooritamise on tarkvaraga kiirem ning töökindlam.

Töö käigus loodi nii kasutajaliides kui ka testiraport programmis Microsoft Excel. Kasutajaliides Excelis sisaldab muutujaid, mida on võimalik kohandada kasutaja vajadusele vastavalt, mistõttu on võimalik DUT võimsustarvet testida toetudes standardile [4]. Vajaduse korral on muutujate lisamine Excelisse eriti lihtne, sest tarkvara loeb sisse andmed eraldiseisvatelt lehekülgedelt, mõjutamata kasutajaliidese formaati. Testi lõppemisel tagastatud testiraport sisaldab nii sooritatud testide andmeid kui ka graafikuid, et paremini visualiseerida ja võimaldada edasist analüüsi. Samuti integreeriti kasuteguri testi mõõtemääramatuse arvutamine, sest see sõltub nii mõõdetud väärtusest kui ka mõõtepiirkonnast.

Testide tulemusena väljastatakse kasutajale testiraport, mis sisaldab testi jooksul leitud väärtuseid. Lisa 5 sisaldab testiraporti näidet, kus on näha piiride testi jooksul leitud ekstreemumkohti (UVLO, UVLO_R, OVLO_R, OVLO), koormamata võimsustarve testi tulemusi ning graafiku kujul nii väljundvõimsused erinevate sisendpingete korral kui ka kasutegur koos mõõtemääramatusega maksimaalse väljundvoolu korral.

Töö käigus õppis autor koostama tarkvaraprojekti, mis lisaks testide algoritmidele on kombineeritud nii kasutajaliidese kui ka testi väljundvektorist koostatud testiraportiga. Lisaks sellele, tuletas autor projekti riistvaralise seose tõttu meelde elektroonika aluseid ning õppis suhtlema mõõteseadmetega, lähtudes seadmete kasutusjuhenditest. Autor õppis samuti tarkvara projekti ülesehituse ning struktuuri kohta palju uut, mis omakorda edendas agiilse tarkvaraarenduse oskuseid.

Kuigi kood funktsionaalselt töötab, on tulevikus võimalik tarkvara edasi arendada nii optimeerimise kui ka viimistlemise poole pealt. Optimeerimise näiteks võib tuua mõõtmisvaheliste pauside pikkused, sest selle sõltuvalt kulutab kas test liigselt aega või esineb kiiresti mõõtmisi tehes komplikatsioone (nt. peale väljundvoolu muutmist on soov mõõta voltmeetriga väljundpinget enne väljundpinge stabiliseerumist). Viimistlemise

poole pealt on võimalik kombineerida piiride test kasuteguri testiga nii aja säästmise kui ka koodi puhtuse huvides.

Kasutatud kirjandus

- [1] Muntz, E. . *Industrial Accidents and Safety Work. The Journal of Educational Sociology*, 5(7), 397-412. doi:10.2307/2961024, 1932
- [2] *Keysight Models 6811B,6812B, and 6813B AC Power Solutions. Manual* [Vaadatud: 02.02.2021] <https://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5962-0829.pdf>, 2014
- [3] *WT310E/WT310EH/WT332E/WT333E Digital Power Meter User's Manual* [Vaadatud 02.02.2021] <https://cdn.tmi.yokogawa.com/IMWT310E-01EN.pdf>, 2017
- [4] BS EN 50564:2011. *Electrical and electronic household and office equipment. Measurement of low power consumption* [Vaadatud 04.03.2020] <https://www.en-standard.eu/bs-en-50564-2011-electrical-and-electronic-household-and-office-equipment-measurement-of-low-power-consumption/>, 2011
- [5] *Keysight 34460A,34461A,34465A,344702 Digital Multimeters Datasheet* [Vaadatud 04.22.2021] <http://www.farnell.com/datasheets/2286987.pdf>, 2017
- [6] *BK Precision 8600 Series DC Electronic Load Manual* [Vaadatud: 02.02.2021] https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/manuals/en-us/8600_Series_manual.pdf, 2017
- [7] Keeleveeb erialasõnastik EnTerm [Vaadatud 04.20.2021] <http://www.keeleveeb.ee/dict/speciality/enterm/>
- [8] *Keysight Truevolt Series DMM Operating and Service Guide. Programming Manual* [Vaadatud: 02.02.2021] <https://www.keysight.com/zz/en/assets/9018-03876/user-manuals/9018-03876.pdf>, 2020
- [9] *BK Precision 8601 Programming Manual* [Vaadatud 02.02.2021]

https://bkpmedia.s3.amazonaws.com/downloads/programming_manuals/en-us/8600_Series_programming_manual.pdf, 2016

[10] Cybernetica andmekaitse ja infoturbe leksikon [Vaadatud 04.21.2021]

<https://akit.cyber.ee/>

11] E-kursuse "Mõõtmised ja mõõtemääramused (LOFY.01.004)" materjalid. Erko Jakobson (Tartu Ülikool) [Vaadatud 04.02.2020]

http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/18059/Mootmised_mootemaaramused_materjalid.pdf, 2011

Lisa 1 - Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

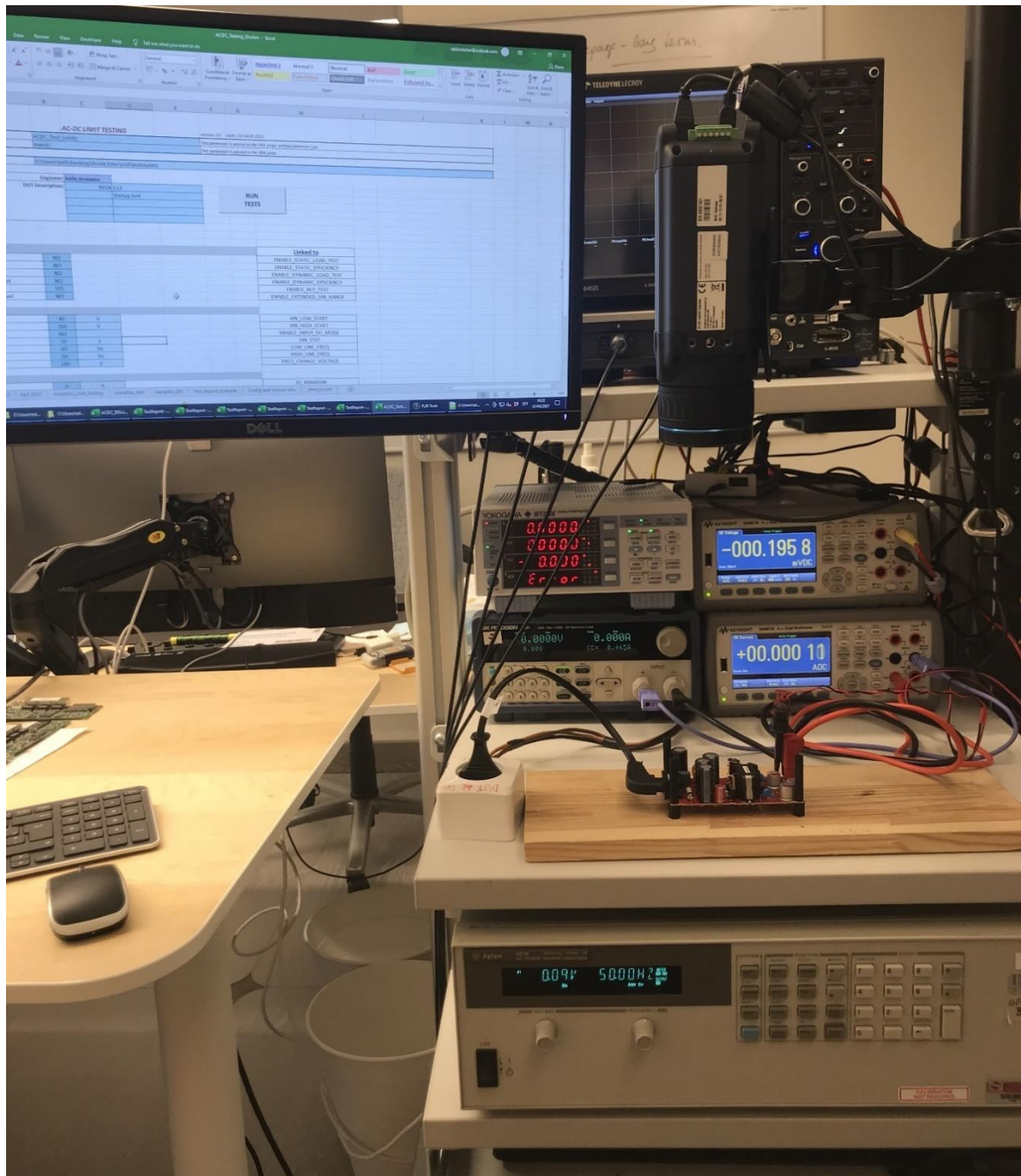
Mina, Frode-Christopher Ester

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Automaatsetimise tarkvara pingemuundurile“, mille juhendaja on Andres Rähni
 - 1.1. reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

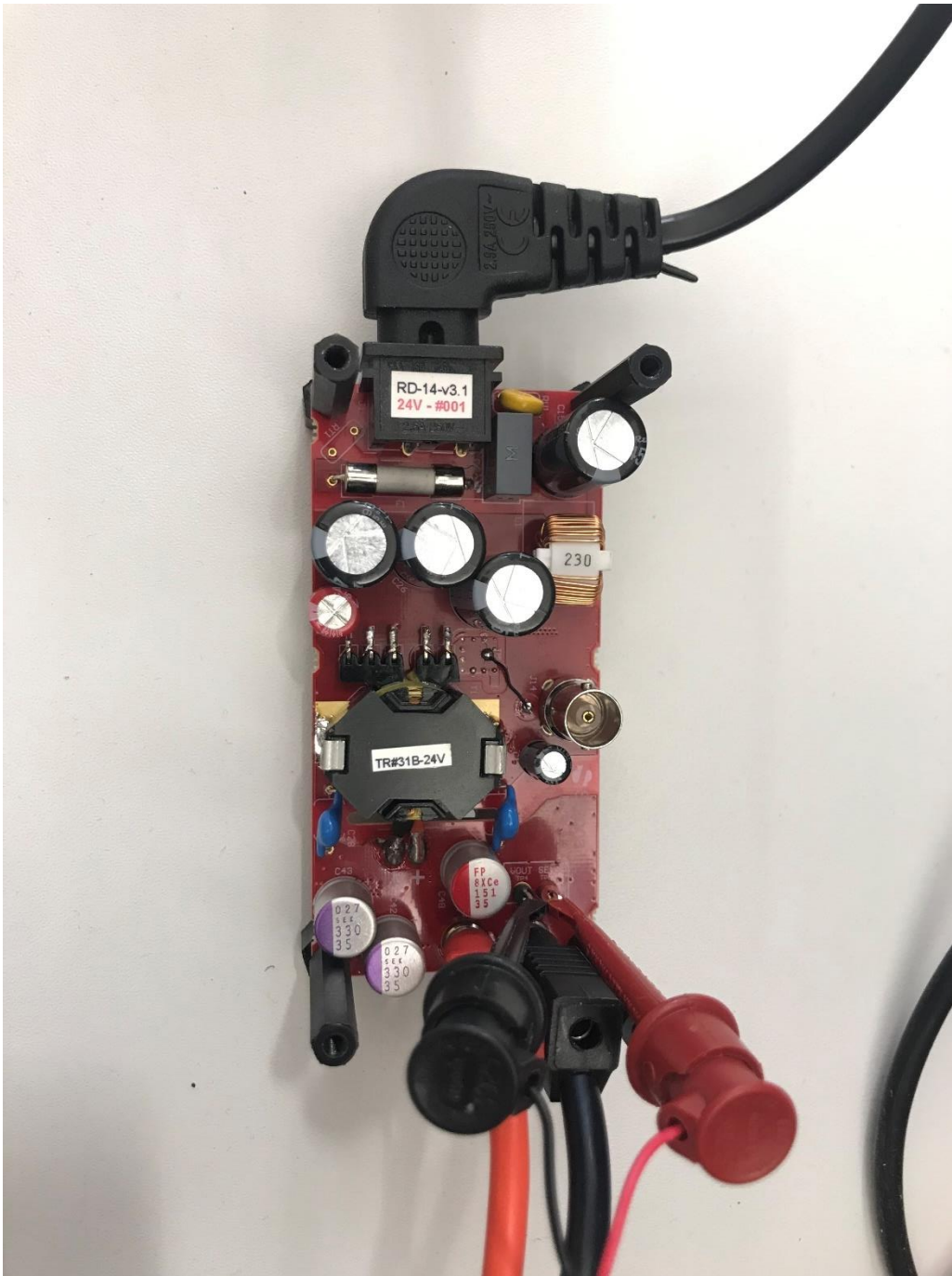
29.03.2021

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.


Lisa 2 - Reaalne testsüsteem



Lisa 3 - Testitav seade (DUT)



Lisa 4 – Kasutajaliides Excelis

		AC-DC LIMIT TESTING		version: 01	date: 26-MAR-2021
1					
2	Python File	ACDC_Test_Limits	<i>This parameter is passed to the VBA script, without extension (.py)</i>		
3	Python Call Function	main()	<i>This parameter is passed to the VBA script</i>		
4					
5	Test_Results_Path	C:\Users\talli\Desktop\Frode Ester\no5\testreports			
6					
7	Engineer:	Frode Ester			
8	DUT Description:	RD14 v3.2	Serial 0013	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> RUN TESTS </div>	
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16	Select tests to conduct			Linked to	
17	Run static load test	NO		ENABLE_STATIC_LOAD_TEST	
18	Run dynamic load test	YES		ENABLE_STATIC_EFFICIENCY	
19	Run dynamic load test	1.5		ENABLE_DYNAMIC_LOAD_TEST	
20	Measure efficiency @ max dynamic load	YES		ENABLE_DYNAMIC_EFFICIENCY	
21	Run no load power test	NO		ENABLE_NLP_TEST	
22	Test output loading below Brown-In level	NO		ENABLE_EXTENDED_VIN_RANGE	
23					
24	Input voltage settings				
25	Starting point for BROWN-IN test	100	V	VIN_LOW_START	
26	Starting point for OVLO test	300	V	VIN_HIGH_START	
27	Use DC input voltage	NO		ENABLE_INPUT_DC_MODE	
28	Input voltage step	100	V	VIN_STEP	
29	Low Line Frequency	60	Hz	LOW_LINE_FREQ	
30	High Line Frequency	50	Hz	HIGH_LINE_FREQ	
31	Frequency change voltage	180	V	FREQ_CHANGE_VOLTAGE	
32					
33	Output settings				
34	Starting point for load testing	1.5	A	IO_MINIMUM	
35	Zero offset for dynamic load	1.5	A	IO_MIN_DYNAMIC_LOAD	
36	Output current step	0.2	A	IO_STEP	
37	Target Vout level	24	V	TARGET_VOUT	
38	Target Vout tolerance	20	%	TARGET_VOUT_TOL	
39					
40	Other settings				
41	Discharge current at the end of test	2	A	DISCHARGE_CURRENT	
42	Maximum allowed Pin value before turnoff	5	W	PIN_FAULT_THRESHOLD	
43	Brown-out level of Vin is tested with no load current	NO		ENABLE_BROWN_OUT_ZERO_CURRENT	
44	DC load when no load current is disabled	0.05	A	BROWN_OUT_CURRENT	
45	Sleep time when no load current is enabled	30	s	BROWN_OUT_WAIT_LONG	
46	Sleep time when no load current is disabled	2.5	s	BROWN_OUT_WAIT_SHORT	
47	Sleep time during dynamic current testing	2	s	DYNAMIC_CURRENT_SLEEP	
48	Output current margin to guarantee successful Eff me	0.1	A	IO_EFF_MARGIN	
49					
50					
51					
52					
53	FAULT_TEST EFF_TEST NLP_TEST Variables_Limit_Testing Variables_NLP Variables_EFF Test_Report_Example Config and Version Info				

Lisa 5 - Koostatud testiraport



Power Management
Re-Imagined

Test Report
Efficiency & NLP

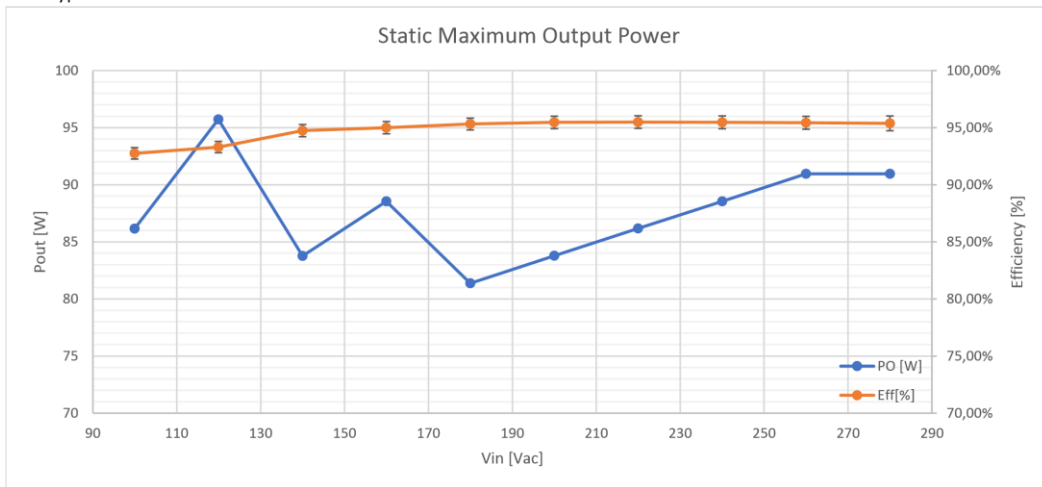
AC-DC Fault test,

9.05.2021 19:33

Engineer:	Frode Ester	
DUT Description:	RD14 v3.2	Serial #013

Test Results		No Load Power Results			
Brown-out voltage	40 V	Vin [Vac]	Fin [Hz]	Avg Power [mW]	Pwr Var [%]
Recovery from Brown-out (Brown-in)	85 V	115	60	61,04	6,55
Over-voltage lockout	290 V	230	50	66,81	7,18
Recovery from over-voltage lockout	280 V				

Test type: Static



Test type: Dynamic

