

Tero von Schöneman

APS103LCS SATELLIITTIYKSIKÖN TESTAUSJÄRJESTELMÄN
KEHITTÄMINEN

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2016



APS103LCS SATELLIITTIYKSIKÖN TESTAUSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

von Schöneman, Tero
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2015
Ohjaaja: Ekholm, Ari
Sivumäärä: 36
Liitteitä: 4

Asiasanat: Sähkönjakeluverkko, Simulointi, Testilaitte, APS103LCS

Sähköverkossa ilmenevät vikatilanteet voivat aiheuttaa laiterikkoja ja hengenvaaran ihmisille sekä eläimille. Sähköverkon niin inhimillisistä kuin luonnollisista syistä aiheutuneiden häiriöiden toteamiseksi on kehitetty laitteita, jotka vian esiinnyttyä ilmoittavat käyttäjälle tapahtuneesta, sekä määrätyissä tilanteissa katkaisevat sähkönsyötön viallisen verkon osasta.

Opinnäytetyössä tutkittiin case-menetelmällä laitetta, joka todentaa APS103LCS satelliittiyksikön toimivuuden. APS103LCS satelliittiyksikkö on sähköverkon suojaamiseen tarkoitettu valokaari-, ylivirta- ja ylijännitesuoja. Suunniteltu ja toteutettu laite simuloi sähköverkon vikatilanteita syöttämällä suojalaitteen tuloihin konfiguroitavissa olevia testisignaaleita. Niiden perusteella saadaan vikadiagnostiikan tulokset, joista testin tekijä voi todentaa suojalaitteen toimivuuden. Ennen työssä toteutettua laitetta testattavien APS103LCS suojalaitteiden valoportit todettiin ehjiksi valaisemalla niitä sopivalla valonlähteellä. Tällöin oli mahdollista, että yksittäiset vialliset komponentit jäivät huomaamatta sekä suojalaitteen elektroniset kytkimet testaamatta.

Työssä esitetään elektronisen laitteen suunnittelu- ja valmistusprosessi konseptista valmiiksi laitteeksi. Kyseistä laitetta voidaan käyttää sähköverkon suojauslaitteiden laaduntarkkailussa.

THE DESIGN OF TESTING SYSTEM FOR APS103LCS SATELLITE UNIT

von Schöneman, Tero
Satakunta University of Applied Sciences
Degraa programme in Electrical engineering
October 2016
Tutor: Ekholm, Ari
Pages: 36
Attachments: 4

Asiasanat: Electrical grid, Simulation, Testing instrument, APS103LCS

Faults in electrical grid may cause damage to devices and threatens the lives of humans and animals. Faults in electrical grid can be caused by humans and natural phenomenon alike. Instruments have been developed for the electrical grid that detects faults, notify the user about them, and in specific cases cut the feed to a faulty line.

In this thesis a case study was done about an instrument that verifies if a APS103LCS satellite unit works as designed. APS103LCS satellite unit is a device to protect electrical grids from over currents, over voltages and arc faults. The instrument that was developed simulates faults in electrical grids for APS103LCS units. The device sends results of each testing step to a PC where the user can verify the operation of the tested unit. Before the device designed and implemented in this thesis, the testing of a APS103LCS satellite unit was done with a flashlight. That testing method was too inaccurate for verifying single I/O ports and the electrical switches weren't tested at all.

This thesis shows a guide for designing and building a prototype of an electrical instrument. The device done in this thesis can be used as a quality tester of instruments made for electrical grid protection.

LYHENTEET

I/O	Syöte tai tuloste portti
SSR	Puolijohderele
SCR	Silikoniohjattu suuntaaja
RS232	Sarjaliikenteen standardi
DPDT	Kaksinapainen ja kaksiterminaalinen rele
SPDT	Yksinäpainen ja kaksiterminaalinen rele
MOSFET	Eristehilatransistori
LED	Valodiiodi

SISÄLLYS

1	TYÖN TAUSTA JA APS JÄRJESTELMÄ.....	8
1.1	Työn tausta.....	8
1.2	Arc-Pro Solutions APS-järjestelmä.....	9
2	TOTEUTUSPERIAATE JA TYÖKALUJEN VALINTA.....	10
2.1	Työn perusta.....	10
2.2	Työn eteneminen.....	11
2.3	Piirilevyn suunnittelu KiCad Ohjelmistolla.....	12
2.4	KytKentäkaavion piirto KiCad.in Eschema ohjelmalla.....	12
2.5	Komponenttien jalanjalkien valinta KiCad CvPcb ohjelmalla.....	13
2.6	Piirilevyn suunnittelu Kicad Pcbnew ohjelmalla.....	13
2.7	Atmel Studio ja CodeVisionAVR kehitysympäristöt.....	14
2.8	Suunnitteluun vaikuttaneet erityispiirteet.....	14
2.9	KytKentäkaavio.....	14
2.9.1	Virta- ja jännite testaukset.....	15
2.10	Valolähtöjen ja -tulojen testaus.....	15
2.10.1	Piirilevylle tulleet oheislaitteet.....	16
2.11	Kommunikaatio.....	17
2.12	Piirilevyn suunnittelu.....	17
2.13	Logiikan suunnittelu.....	18
2.14	Virta- ja jännitemittauksen komponentit.....	18
2.15	Valotestauksien komponentit.....	18
2.16	Mikro-ohjaimen komponentit.....	19
2.17	RS232:n komponentit.....	19
2.18	Tehonsyötön komponentit.....	20
3	LAITTEEN TOTEUTUS.....	20
3.1	Piirilevyn jyrä.....	20
3.2	Piirilevyn kokoaminen.....	20
3.3	Kaapelien teko.....	21
3.4	Kotelointi.....	21
3.5	KytKeminen verkkoon.....	22
4	OHJELMOINNIN TOTEUTUS.....	23

4.1	Logiikan toiminta.....	23
4.2	Mikro-ohjaimen I/O:n alustus.....	23
4.3	Koodaus.....	23
4.4	Lähtöjen testaus.....	23
4.5	Tulojen testaus.....	24
4.6	Manuaaliohjaus.....	24
5	TESTAUS JA TULOSTEN ANALYSOINTI.....	24
5.1	Testaustapahtuma.....	24
5.2	Testilaitteen valotulojen ja -lähtöjen testaus.....	25
5.3	Testilaitteen virta- ja jännitetestaus.....	27
6	YHTEENVETO JA JATKOKEHITYS.....	29
6.1	Yhteenveto.....	29
6.2	Testilaitteen kehittäminen.....	29
6.3	Ohjelmiston kehitys.....	31

LIITTEET

Liite 1: Vuokaavio

Liite 2: Kytentäkaavio

Liite 3: Piirilevyn piirustus

Liite 4 Päivitetty piirilevy piirustus

1 TYÖN TAUSTA JA APS JÄRJESTELMÄ

1.1 Työn tausta

Sähkönjakeluverkoissa ilmenee useita erilaisia vikatilanteita, joita ei voida kustannustehokkaasti estää nykyisissä järjestelmissä. Sähköverkoissa ilmeneviä merkittäviä vikatilanteita ovat esimerkiksi: valokaaret, yli- ja alijännitteet sekä -virrat. Vikatilanteet johtuvat luonnollisista ilmiöistä tai ovat ihmisen aiheuttamia. Luonnollisia sähköverkkoon kohdistuvia vikailmiöitä ovat usein salamaniskut sähköverkkoon tai sen lähetyville. Ihmisen aiheuttamat vikailmiöt johtuvat usein laitteiden, kuten suurien sähkökoneiden kytkemisistä verkkoon. Valokaari-ilmiö tapahtuu, kun ihminen, eläin tai muu johtava osa tulee liian lähelle johdinta. Edellä mainitut ilmiöt voivat aiheuttaa laiterikkoja ja hengenvaaran ihmisille sekä eläimille, joten vikatilanteet tulisi todentaa ja tehdä vaarattomiksi mahdollisimman nopeasti.

Sähköverkossa tapahtuvien luonnollisten ja inhimillisten vikatilanteiden aiheuttamien vahinkojen minimoimiseksi on kehitetty laitteita, jotka tunnistavat mahdolliset vikatilanteet ja antavat näistä ilmoituksen käyttäjälle, sekä ennalta määrätyissä tilanteissa katkaisevat automaattisesti sähkön syötön halutussa kohteessa.

Arc Pro APS järjestelmän lisäksi vastaavia merkittävien tuottajien järjestelmiä ovat: ABB REF620, Mitsubishi Electric MELPRO D ja S sarjan tuotteet, Schneider Electric VAMP 221 ja 321 järjestelmät, sekä Siemensin SIPROTEC 7 sarja. Edellämainituissa järjestelmissä yhteisiä ominaisuuksia on vaiheiden virtojen ja jännitteiden mittaukset, sekä lähtöjen ohjaus mittausten perusteella. Virran ja jännitteen mittausten arvot tuodaan laitteille muuntajien kautta. Valokaarisuojaus on muissa järjestelmissä paitsi Mitsubishin MELPRO:ssa. Valokaarisuojaus tapahtuu järjestelmissä valosensoreilla, jotka havaitsevat valokaaren tuottaman valon.

1.2 Arc-Pro Solutions APS-järjestelmä

APS-järjestelmä on suunniteltu vastaamaan viimeisimpien valokaarisuojastandardien vaatimuksia. Järjestelmään kuuluu neljä erilaista yksikköä, joita ovat keskusyksikkö ja kolme satelliittiyksikköä. Valokaarisuojaus kokonaisuus koostuu yhdestä tai useammasta satelliitista, joita voi olla ohjaamassa keskusyksikkö.

Järjestelmän laitteet mittaavat erotusmuuntajien kautta verkon vaiheiden virtoja ja jännitteitä sekä optisten kuitujen avulla halutusta kohteesta valon määrää. Laitteiden mittausten raja-arvoja ja vikaulostulojen kytkinasetuksia voidaan muuttaa PC-ohjelman avulla. Järjestelmän yksiköiden toimintalogiikka voidaan ohjelmoida asiakkaan toivomusten mukaiseksi.

APS-järjestelmä on suunniteltu korvaamaan tai tukemaan vanhoja sähköverkon suojausjärjestelmiä. Muihin markkinoilla oleviin sähköverkon suojaus- ja monitorointijärjestelmiin verrattuna Arc Pro APS järjestelmän kommunikaation toteutus, valokaarien tunnistus, virran mittaus ja vasteajat toimivat APS järjestelmän eduksi. APS järjestelmän kommunikointi ja valokaaren valon siirto sensorille tapahtuu valokaapeleilla, jotka ovat immuuneja vikatilanteissa tapahtuvalle elektromagneettiselle säteilylle.

Valokaaren valon tunnistus tapahtuu valoresistoreilla, jotka muuttavat resistanssiaan valaistusvoimakkuuden mukaan, jolloin on mahdollista määrittää arvo, joka vastaa valokaarta. Siten on mahdollista vähentää väärin hälytysten määrää. APS järjestelmän virran ja jännitteen mittaukset on toteutettu siten, että mittaustarkkuus riippuu laitteen A/D muuntimen ja laitteen komponenttien tarkkuudesta, jolloin 10 bittisellä A/D muuntimella 200V:n ja 25A:n arvoilla päästään, huomioimatta komponenttien aiheuttamaa epätarkkuutta, jopa 200mV:n ja 20mA:n tarkkuuksiin. Edellä mainittujen muiden laitevalmistajien järjestelmien vasteajat ovat jopa 4,5 kertaiset APS järjestelmään verrattuna.



Kuva 1.1 APS103LCS satelliitti

2 TOTEUTUSPERIAATE JA TYÖKALUJEN VALINTA

2.1 Työn perusta

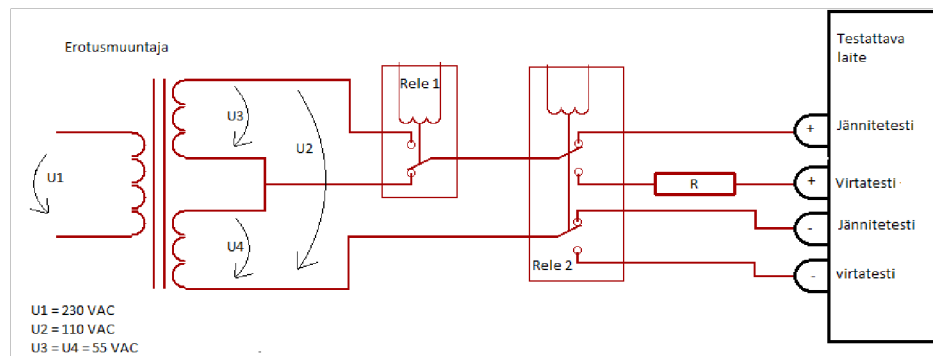
Työssä oli tavoitteena suunnitella ja toteuttaa Arc Pro solutionsin valmistamalle APS103LCS valokaari-, ylijännite- ja ylivirtasuojalle (kuva1.1) toiminnallisuuden testauslaite. Testauslaitteessa tuli olla ominaisuuksina valo-, virta- ja jännitetulojen toiminnallisuuden testaus sekä valo- ja relelähtöjen toiminnallisuuden todentaminen. Testilaitteeseen tehtiin myös ominaisuus, joka laskee vasteajan ohjelmakierroksina vikatilanteen ilmenemisestä sen ilmoittamiseen.

2.2 Työn eteneminen

Työ aloitettiin tekemällä suunnitelma virta- ja jännitesuureiden mittaukseen tarvittavista kytkennöistä, jotka esiteltiin työn tilaajalle. Aluksi suunniteltujen kytkentöjen toiminnallisuus testattiin Satakunnan ammattikorkeakoulun sähkölaboratoriossa.

Ensimmäisellä testikerralla laitteessa todettiin virran mittauksessa ohjelmallinen vika, jossa suojalaite kytki vian päälle heti jännitteelle asetetun arvon mennessä yli 10 voltin. Vika korjattiin suojalaitteen valmistajan toimesta.

Kytkentöjen testauksessa todettiin, että alkuperäinen suunnitelma käyttää säätövastuksia jännitteen ja virran muuttamiseen, oli epäkäytännöllinen tarvittavien säätövastusten suuren koon ja painon vuoksi. Säätövastukset vaihdettiin suunnitelmassa releisiin. Releillä voitiin ohittaa vastuksia, jolloin virran ja jännitteen arvot muuttuvat hallitusti. Vaiheiden erotusmuuntajiksi valituissa toroidimuuntajissa on toisiokäämi keskeltä avoimena. Siten suunnitelma muuttui muotoon, jossa releellä vaihdetaan muuntajan toisiokäämitystä kuvan 2.1 mukaisesti

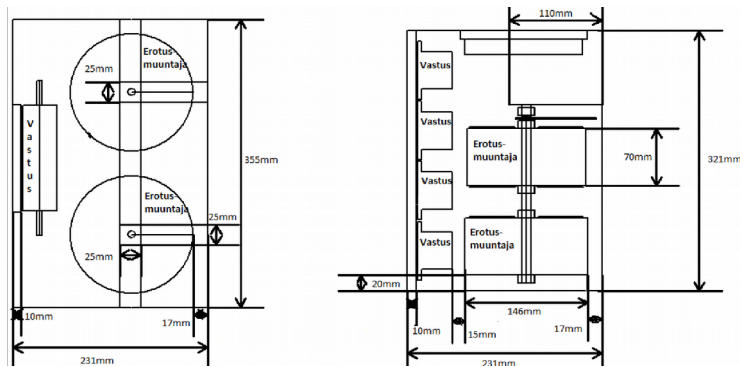


Kuva2.1

Muuntajan toision säätäminen teki jännitepuolen vastukset tarpeettomiksi, jolloin saatiin vähennettyä laitteeseen tulevia komponentteja. Kun virta- ja jännitetestausten kytkennät oli päätetty, aloitettiin mikro-ohjaimella ohjatun testauksen suunnittelu.

Aluksi piirrettiin KiCad echema ohjelmalla laitteen elektronisille komponenteille kytkentäkaavio. Kytkentäkaavion piirtämisen jälkeen valittiin komponenteille jalanjäljet

Kicad ohjelmiston CvPcb ohjelmalla, josta löytyy useiden tavallisesti käytettyjen piirilevykomponenttien jalanjäljet. Sitten varmistettiin komponenttien löytyminen valituille jalanjäljille. Osalle komponenteista ei CvPcb ohjelmasta löytynyt jalanjälkiä. Komponenteille, joille jalanjälkiä ei löytynyt CvPcb ohjelmasta tehtiin jalanjäljet KiCad:in module-editorilla. Mitat komponenttien jalanjälkien piirtämiseen saatiin komponenttien datalehdistä. Komponentit valittiin maailmanlaajuisen teknologiatuotteiden jakelijan fi.farnell.com internet-sivustolta. Komponenttien valinnan jälkeen suunniteltiin piirilevy komponenteille KiCad Pcbnew ohjelmalla. Piirilevyn suunnittelun, rakentamisen, sekä testauksen jälkeen suunniteltiin kuvan 2.2 mukainen koteloointi laitteistolle.



Kuva2.2 Suunnitelma komponenttien sijoittelusta

2.3 Piirilevyn suunnittelu KiCad Ohjelmistolla

KiCad on avoimen lähdekoodin omaava elektroniikan suunnittelu ohjelmisto. KiCad mahdollistaa piirilevyn suunnittelun kolmen erillisen, mutta toisiinsa kytköksissä olevan ohjelman avulla.

2.4 Kytkentäkaavion piirto KiCad.in Eschema ohjelmalla.

Eschema ohjelmalla laitteen kytkentäkaavio voidaan piirtää ohjelman komponenttikirjastojen valmiiden symbolien ja kytkentöjen piirtotyökalujen avulla. Eschema ohjelman komponenttikirjastoista löytyy suurin osa yleisten elektroniikan komponenttien symboleita. Symbolikirjastossa on esitetty komponentin pinnit, joiden

kautta komponentti on yhteydessä muuhun piirilevyyn. Pinnien välille voidaan piirtää johdin kuvaamaan haluttua kytkentää.

KytKentäkaavion piirron jälkeen Eschema ohjelmassa luodaan netlist tiedosto, johon ohjelma tallentaa kaikki komponentit ja niiden väliset kytkennät, kuten kaaviossa on kuvattu.

2.5 Komponenttien jalanjälkien valinta KiCad CvPcb ohjelmalla

CvPcb ohjelma kirjoittaa Eschema-ohjelman luoman netlist-tiedoston komponentit listaksi. CvPcb ohjelmalla valitaan ohjelman kirjastoista komponenteille jalanjäljet. KiCad ohjelmiston jalanjälkikirjastoista löytyy elektroniikassa yleisimmin käytettyjen komponenttien jalanjäljet. Jos haluttua komponenttia ei löytynyt kirjastoista, se piirrettiin KiCad.in module-editorilla halutun komponentin datalehdessä löytyvien mittojen mukaisesti.

2.6 Piirilevyn suunnittelu Kicad Pcbnew ohjelmalla

Piirilevyn suunnittelussa käytetty Pcbnew ohjelma asettaa CvPcb ohjelmassa valittujen komponenttien jalanjäljet piirustusalueelle. Samalla ohjelma lukee Eschema ohjelmassa tehdyn kytKentäkaavion kytkennät. Suunniteltujen kytkentöjen välille ohjelma piirtää viivan, joka poistuu kun johdin on piirretty komponenttien välille. Lopuksi piirrettiin piirilevyn rajat, jotka määrittävät piirilevyn ulkomitat. Piirilevyn suunnittelun jälkeen Pcbnew ohjelmassa luodaan gerber tiedostot piirilevyn valmistusta varten.

2.7 Atmel Studio ja CodeVisionAVR kehitysympäristöt

CodeVisionAVR ohjelma on markkinoiden ainoa integroitu kehitysympäristö, joka sisältää automaattisen ohjelma generaattorin CodeWizardAVR:n XMEGA mikro-ohjaimille. Atmel Studio on integroitu kehitysalusta Atmel mikro-ohjainten sovelluksille.

CodeVisionAVR kehitysympäristöllä luotiin automaattisesti mikro-ohjaimen porttien asetukset ja viittaukset. Atmel Studio kehitysympäristöä käytettiin testisekvenssin koodaamiseen ja laitteen ohjelmointiin. CodeVisionAVR ja Atmel Studio kehitysympäristöjen koodauskielinä ovat C ja C++.

2.8 Suunnitteluun vaikuttaneet erityispiirteet

Testilaitteen suunnittelussa otettiin huomioon, että suojalaitteen jännite- ja virtamittauksien vaiheet tulee olla erotusmuuntajien kautta kytkettyinä. Suojalaite mittaa myös nollajohtimen virtaa ja jännitettä. Laitteeseen piti suunnitella jokaiselle mitattavalle vaiheelle sekä nollajohtimelle erotusmuuntajat. Nollajohtimen mittaukselle tuodaan jännite verkon vaihejohtimelta. Suojalaitteen valotuloja ja -lähtöjä testaaville komponenteille suunniteltiin erillinen piirilevy koteloinnin suunnittelun helpottamiseksi.

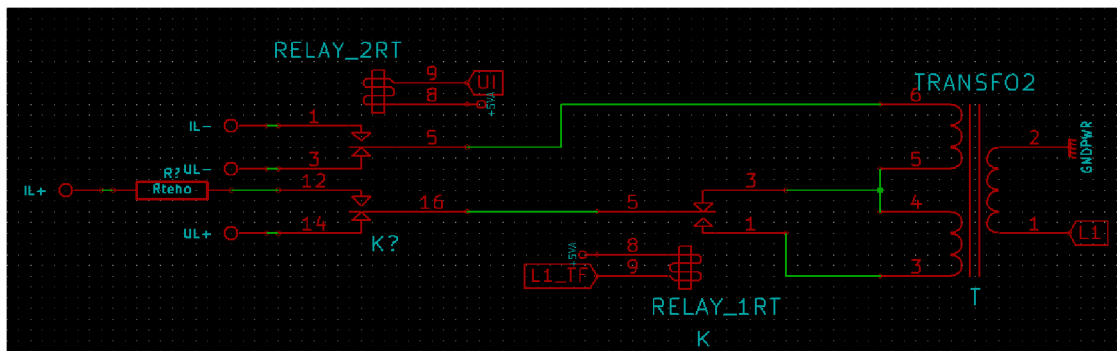
2.9 Kytkenäkaavio

Kytkenäkaavio liite 2 suunniteltiin KiCad Eschema ohjelmalla. Kytkenäkavioon piirrettiin suunnitellut kytkennät komponenttien väleille. Kytkenäkaavion suunnittelussa käytettiin komponenttien datalehdistä löytyviä esimerkkikytkentöjä.

2.9.1 Virta- ja jännite testaukset.

Testilaitetta aloitettiin suunnittelemaan tekemällä virran ja jännitteen mittauksille kytkennät, joilla pystyttäisiin simuloimaan vikatilannetta.

Relekytkentä (kuva 3.1) suunniteltiin siten, että jokaiselle vaiheelle olisi kaksi relettä. Ensimmäinen rele ohjaa jännitteen suuruutta muuttamalla erotusmuuntajan toision kytkentää. Toinen rele muuttaa mitattavaa suuretta.



Kuva 3.1

Releitä ohjaamaan lisättiin MOSFET transistorit, joilla kytketään releiden ohjauskelojen miinusnapa maahan. Näin vältetään mikro-ohjaimelle tulevalta kelojen tuottamalta häiriösäteilyltä. [1](Silvonen, K., Tiilikainen, M. & Helenius, K. 2004, 275).

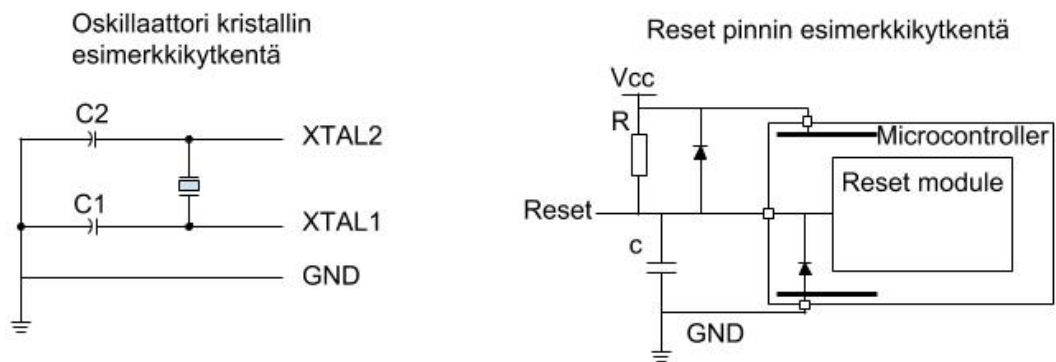
2.10 Valolähtöjen ja -tulojen testaus

Valovastaanottimet ja LED valot suunniteltiin erilliselle piirilevyille, jotta painava ja suurikokoinen testauslaite voitaisiin sijoittaa erilleen testialustasta.

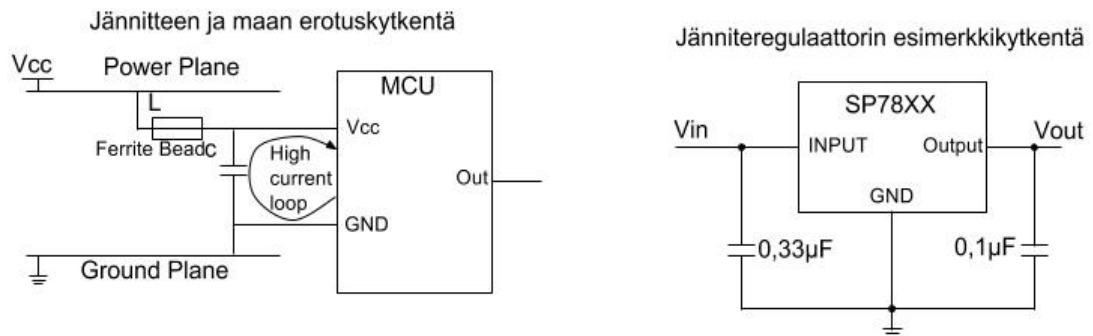
Valovastaanottimien testaaminen suunniteltiin toteutettavan LED-valoilla, joita ohjataan mikro-ohjaimella. Suojalaitteen valolähtöjen toimivuuden testaamiseen valittiin valotransistorit, jotka havaitsevat valoon perustuvat vianilmoitus signaalit. Mikro-ohjaimen ja valotestausten piirilevyjen välille suunniteltiin 33 johtiminen kaapeli.

2.10.1 Piirilevyille tulleet oheislaitteet

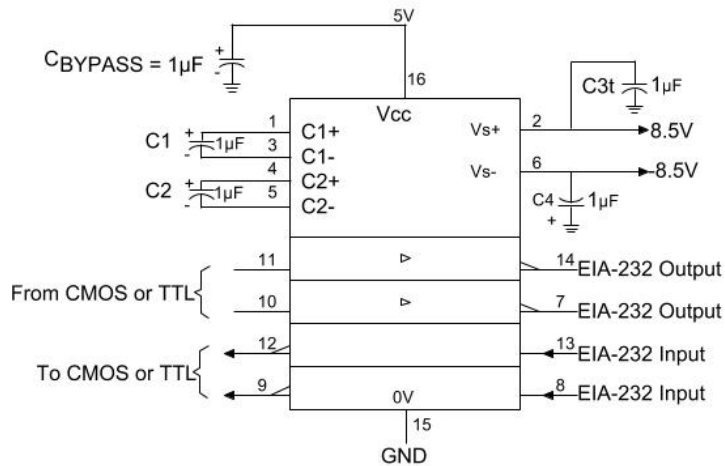
Toimiakseen oikein laitteen jänniteregulaattorit, mikro-ohjain ja RS232 väylän mikropiiri tarvitsevat ulkoisia komponentteja. Tarvittavat komponenttiarvot ja kytkennät jänniteregulaattorien ja RS232 mikropiirin osalta suunniteltiin datalehdistä löytyvien ohjeiden mukaan. Mikro-ohjaimen edellyttämät komponentit ja esimerkkikytkennät löytyivät Atmel mikro-ohjaimen valmistajan erillisistä ohjeista ja datalehdestä kuva 2.9.1.[2](Spiex Corporation 2006). Viitattu 7.1.2015. [3](Atmel Corporation 2014). Viitattu 7.1.2015.[4](Atmel Corporation 2011). Viitattu 7.1.2015. (Texas Instruments Incorporated 2014). Viitattu 7.1.2015.[5]



Kuva 2.9.1 Atmega-128 mikro-ohjaimen esimerkkikytkennät.



Kuva 2.9.2 Jänniteregulaattorin esimerkkikytkennät.



Kuva2.9.3 RS 232 Ohjaimen esimerkkikytkentä

2.11 Kommunikaatio

Testilaitteeseen valittiin yleisesti käytetty kommunikaatioväylä tietokoneen ja laitteen väliseen tiedonsiirtoon. Tiedonsiirto toimii RS232-väylällä, joka on helppokäyttöinen ja jolle on saatavilla yksinkertaisia tietoliikenneohjelmia. Testilaitteen tapauksessa käytettiin PuTTY-ohjelmaa, joka on SSH-yhteysohjelma ja terminaaliemulaattori. PuTTY on vapaan lähdekoodin omaava ilmaisohjelma, joka on riittävä testilaitteen datasiirron seuraamiseksi.

2.12 Piirilevyn suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin sijoittamalla mikrokontrolleri piirilevylle. Mikrokontrollerin ympärille sijoitettiin sen tarvitsemat apukomponentit ja liittimet siten, että komponentti on lähellä kyseselle komponentille tarkoitettua mikrokontrollerin I/O -pinniä, jotta johtimet olisivat mahdollisimman lyhyet[3]. [3]AVR042_AVR_Hardware_Design_Considerations

Yhteen kokonaisuuteen kuuluvat komponentit pyrittiin sijoittamaan samalle alueelle piirilevyä, jotta nämäkin pituudet pysyisivät pieninä. Liittimet sijoitettiin samalle reunalle piirilevyä koteloinnin helpottamiseksi.

Pienjännitettä ohjaavat komponentit sijoitettiin mahdollisimman kauas korkeampien jännitteiden komponenteista mahdollisten häiriöiden ja väärin kytkeytymisten estämiseksi.

2.13 Logiikan suunnittelu

Logiikan suunnittelussa käytettiin apuna liitteen 1 vuokaaviota. Vuokaavion avulla saatiin luotua visuaalinen esitys halutusta logiikan toimintatavasta. Kaikkien laitteen komponenttien valita kriteereinä olivat hinta, sopivuus suunnitelmaan, jännite-, virta- ja tehokestot sekä saatavuus.

2.14 Virta- ja jännitemittauksen komponentit

Suojalaitteen suunnitelleen yrityksen mukaan, virta- ja jännitemittausten signaalit on tuotava erotusmuuntajien kautta. Laitteen erotusmuuntajiksi valitut toroidimuuntajat ovat teholtaan 625VA, ja jännitearvot ovat $230/(2*55V)$ [6]. Muuntajien teho oli merkitsevin tekijä niiden valinnassa. Mittauksen ja jännitteen ohjauksiin käytettävät releiden virta ja jännitekestot merkitsivät komponenttivalinnassa.

[6](Premier Farnell plc 2012) Viitattu 7.1.2015.

2.15 Valotestauksien komponentit

Suojalaitteen valovastaaottimien testaamisen ledit valittiin valkoisen valonsa, kokonsa ja muotonsa perusteella. Testilaitteen valovastaaottimet ovat valotransistoreita. Valintakriteereinä valotransistoreille oli transistorin laaja spektri, halkaisija ja muoto[7]. LED valojen ja valotransistorien ulkomuoto oli merkityksellinen, koska sopivan muotoiset komponentit mahtuvat suojalaitteen valotulojen ja -lähtöjen sisälle, jolloin voidaan vähentää virheitä testauksessa.

Laitteeseen lisätylle LED valojen tehon ohjaukseen valittiin PNP transistori, jotta olemassa ollutta kytkentää ei tarvinnut muuttaa. Yleisesti käytetty NPN transistori olisi vaatinut kyseisen muutoksen. (Premier Farnell plc 2012) Viitattu 7.1.2015.[7]

2.16 Mikro-ohjaimen komponentit

Testilaitte toteutettiin ATmega-128 mikro-ohjaimen ympärille. Mikro-ohjaimen valintaan vaikutti tulo- ja lähtökanavien lukumäärä, sekä yhteensopivuus LDmicro-ohjelmiston kanssa[8].

Mikro-ohjaimen ohjelmointia varten tehtiin Atmel mikropiirivalmistajan ohjeiden mukainen 3x2 liitin ohjelmointilaitetta sekä 1x2 liitin ohjelmointijumpperia varten[9]. Mikro-ohjaimen oskillaattori kiteeksi valittiin 16 MHz oskillaattori, jonka avulla mikro-ohjain saadaan toimimaan halutulla nopeudella. Komponentit oskillaattoriin valittiin datalehden ohjeiden (taulukko 4.1) mukaisesti [8](Atmel Corporation 2011). Viitattu 7.1.2015.(AtmelCorporation 2014). Viitattu 7.1.2015.[9]

Taulukko 4.1 Oskillaattorin kondensaattorien valintataulukko

CKOPT	CKSEL3..1	Frequency Range (MHz)	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 for Use with Crystals
1	101 ⁽¹⁾	0.4 - 0.9	–
1	110	0.9 - 3.0	12 - 22pF
1	111	3.0 - 8.0	12 - 22pF
0	101, 110, 111	1.0 -	12 - 22pF

2.17 RS232:n komponentit

Testilaitteen ja tietokoneen väliseen kommunikointiin valittiin RS232-väylä. Väylän valintaan vaikutti väylän helppokäyttöisyys sekä yhteensopivuus mikro-ohjaimen kanssa. Mikro-ohjaimen ja valotestausten välille tehdylle kaapelille valittiin liittimet ohjausten määrän ja koon perusteella. [10](Texas Instruments Incorporated 2014).

Viitattu 7.1.2015

2.18 Tehonsyötön komponentit

Laitteessa on työn tilaajan pyynnöstä 230VAC/12VDC muuntaja, jonka kautta piirilevyn jänniteregulaattori saa sähkön. Piirilevyn jännitteensyöttö reguloidaan, koska jänniteregulaattori tuottaa tasaista jännitettä kuormituksesta riippumatta. Mikroprosessorien jännitteen syöttö on lähes aina reguloitava[11]. [11](Spiex Corporation 2006). Viitatu 7.1.2015

Testilaitteen piirilevylle tehtiin mahdollisuus tuoda jännite erillisen muuntajan kautta. Erillinen muuntaja antaa mahdollisuuden suorittaa laitteella pelkän suojalaitteen valopuolen testauksen sekä käyttää laitetta ilman kolmivaihesähköä.

3 LAITTEEN TOTEUTUS

3.1 Piirilevyn jrsintä

Piirilevyn piirustuksen valmistumisen jälkeen KiCad ohjelmalla luotiin piirustuksesta tiedostot piirilevysorvin ohjelmistolle. KiCadin luomat jrsimen ohjaustiedostot todennettiin internetin <http://www.gerber-viewer.com/default.aspx> sivustolla, jossa sivustolle syötetyt tiedostot esittää kuvana piirilevyjrsimen tekemät liikkeet. Kuvasta voidaan nähdä mahdolliset piirilevyn suunnittelussa tapahtuneet virheet. Piirilevyt testilaitteelle jrsittiin Satakunnan ammattikorkeakoulun piirilevyjrsimellä.

3.2 Piirilevyn kokoaminen

Laitteen kokoaminen alitettiin vaikeimmin juotettavista komponenteista kuten mikro-ohjaimesta ja muista pintaliitoskomponenteista. Tällöin mahdollisen virheen tai komponentin hajoamisen seurauksena voi kyseisen komponentin vaihtaa helposti. Lisäksi juotettaessa pienen ja tarkasti sijoiteltavan komponentin sijoittelu on helpompaa.

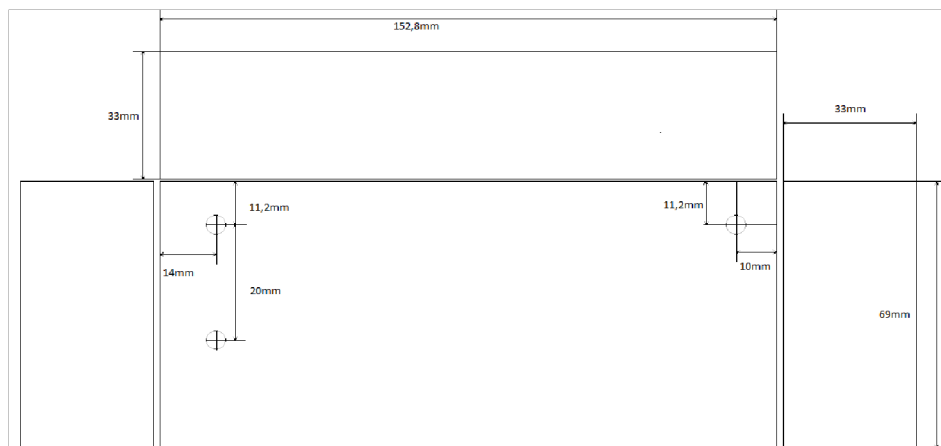
Kokoamista jatkettiin pienoisjännitteen läpivientikomponenteilla. Lopuksi piirilevylle juotettiin kookkaat releet ja piirilevylle juotettavat johtimet.

3.3 Kaapelien teko

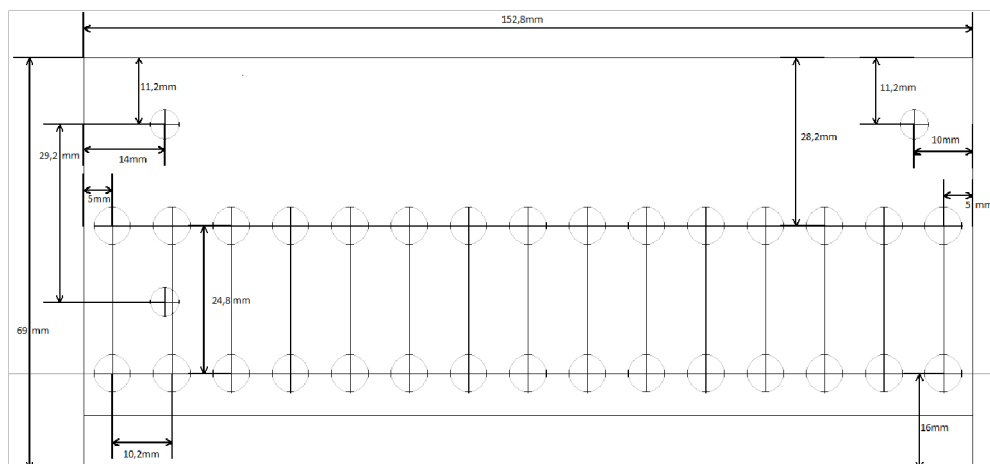
Laitteeseen tehtiin kaksi kaapelia: valopuolen ja mikro-ohjaimen välinen kaapeli, sekä RS232-kommunikaatiokaapeli. Kaapelit ovat tyypiltään suoraankytkettyjä, jolloin johtimet menevät molemmissa päissä toisiaan vastaaviin liittimen nastoihin.

3.4 Kotelointi

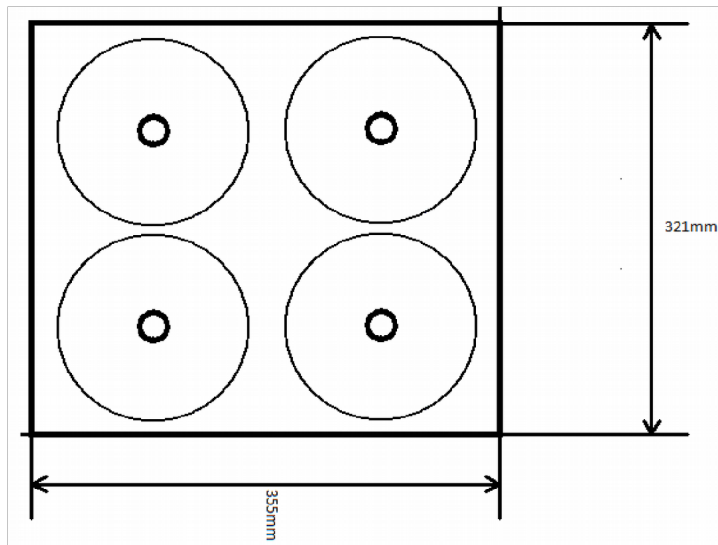
Laitteen kotelo tehtiin SAMK:n konepajalla kuvien 2.2, 3.1, 3.2 mukaisesti.



Kuva 3.1 Valo komponenttien kotelon pohja



Kuva 3.2 Valo komponenttien kotelon kansi



Kuva3.3 Erotusmuuntajien uusi sijoittelu

Laitteen komponenttien sijoittelua jouduttiin muuttamaan toiminnallisuustestien jälkeen. Erotusmuuntajien ollessa sijoitettuna kuvan 2.2 mukaisesti, kotelointi muuntajien kohdalla sekä muuntajien kiinnitykset kuumentivat. Kotelon ja kiinnitysten kuumentamisen estämiseksi muutettiin muuntajien sijoittelua kuvan 3.3 mukaisesti, jossa muuntajilla on erilliset kiinnitykset. Silloin muuntajat eivät luo johtavaa kytkentää kahden tai useamman muuntajan keskiön ympäri. Uuden suunnitelman mukaisessa kokoonpanossa kotelointi ja muuntajien kiinnitykset eivät enää kuumenneet odottamattomasti.

3.5 Kytkeminen verkkoon

Laite kytketään sähköverkkoon kolmivaihepistorasian kautta. Sähkö tuodaan kytkimen kautta laitteelle. Kyseistä kytkintä käytetään laitteen päävirtakatkaisijana.

4 OHJELMOINNIN TOTEUTUS

4.1 Logiikan toiminta

Laitteen logiikka tehtiin liitteen 1 vuokaavion pohjalta.

4.2 Mikro-ohjaimen I/O:n alustus

Mikro-ohjaimen I/O pitää alustaa tietyllä tapaa[12]. Apuna mikro-ohjaimen alustuksessa käytettiin CodeVision ohjelmointiympäristön CodeWizardAVR ohjelmaa. CodeWizardAVR ohjelmalla voidaan luoda automaattisesti konfiguraatio mikro-ohjaimen ohjauksille. Ohjelmalla tuotettiin mikro-ohjaimen kommunikaatio- ja dataporttien tarvitsemat alustukset. Näin saatu ohjelmakoodi kopioitiin Atmel Studio ohjelmointiympäristöön, jossa mikro-ohjaimen ohjelmisto kehitettiin. [12](Atmel Corporation 2011). Viitattu 7.1.2015.

4.3 Koodaus

Ohjelman implementointi tehtiin Amel Studio ohjelmointiympäristössä. Laitteen ohjelmoinnissa käytettiin C-kieltä, koska sovelluksessa käytetty ATmega-128 mikro-ohjain tukee sitä hardware-tasolla

4.4 Lähtöjen testaus

Testilaitte sytyttää kaikki valotestauksen LED-valot, jolloin suojalaitte oikein toimiessaan pyrkii sytyttämään kaikki vianilmoituslähtöjen hälytysvalot. Testilaitte rekisteröi suojalaitteen vianilmoituslähtöjen toiminnallisuuden, ja lähettää tulokset tietokoneelle. Jos yksikään suojalaitteen vianilmoitus lähtö ei toimi, testilaitte keskeyttää operaation ja ilmoittaa laitteen viallisuudesta.

4.5 Tulosten testaus

Satelliitin lähtöjen testauksen jälkeen tutkitaan valotulosten toiminta. Tämä tapahtuu seuraavasti: testilaite sytyttää LED-valon testisekvenssissä valotulolle, jolloin suojalaite sytyttää vian ilmoituslähdet. Testilaite lukee vian ilmoituslähdet ja lähettää tuloksen tietokoneelle. Testi toistetaan jokaiselle satelliitin valotulolle listan 5.1 mukaisessa järjestyksessä.

Tämän jälkeen tutkitaan virta- ja jännitepuoli. Testilaite ohjaa vaiheen jännitteen muuttamisreleelle päälle. Suojalaitteen huomattessa jännitteen kasvaneen yli liipaisurajan se kytkee vianilmoitus lähdet päälle, jolloin testilaite rekisteröi vian ja ilmoittaa siitä käyttäjälle. Testi toistetaan erikseen jokaiselle suojalaitteen jännitetulolle. Jännitteen jälkeen tutkitaan suojalaitteen virranmittaustulot, jolloin testilaite kytkee virtareleelle päälle. Tämä ohjaa erotusmuuntajien antaman jännitteen suojalaitteen virtamittauksille, ja toistaa jännite testauksen tekemän sekvenssin.

4.6 Manuaaliohjaus

Testilaitteen ohjelmistoon toteutettiin lisäohjaus laitteen virta- ja jänniteohjausreleille, jotta suojalaitteen toimintaa voidaan tutkia manuaalisesti. Testilaitteen saa manuaaliohjaustilaan laitteen ollessa yhteydessä tietokoneeseen.

5 TESTAUS JA TULOSTEN ANALYSOINTI

5.1 Testaustapahtuma

Laitteen testauksen tarkoituksena oli todentaa testilaitteen, ja samalla suojalaitteen toiminta. Testilaitteen virta ja jännite arvojen testauksessa käytettiin Fluke 196C Scopemeter Colour oskilloskooppia kuva5.1.

Oskilloskoopin kaksikanavaisuuden takia suoritettiin virran ja jännitteen testaus vaihe kerrallaan. Testilaitte oli yhteydessä PC koneeseen testien aikana, jotta testin tuloksia voitiin tarkkailla reaaliaikaisesti. Testilaitteessa itsessään on vain kaksi LED-valoa, joilla ilmoitetaan havaitusta viasta.

Testaustapahtumaa varten pyydettiin APS103LCS satelliittiyksikön suunnittelemaa yrittystä muuttamaan sen ohjelmointia. Oli tarve saada satelliitti kytkemään kaikki laitteen valolähdöt päälle vikatilanteen ilmetessä, jotta kaikki valolähdöt pystyttäisiin testaamaan.



Kuva 5.1 Fluke 196C

5.2 Testilaitteen valotulojen ja -lähtöjen testaus

Testilaitteen LED:ien toiminta todettiin tarkastamalla syttyvätkö kaikki LED:it testisekvenssin alussa. Valovastaanottimien toiminta todettiin näyttämällä valoa yhdelle valovastaanottimelle kerrallaan listan 5.1 mukaisessa järjestyksessä, ja tarkkailemalla jatkaako testaussekvenssi seuraavaan askeleeseen

Testin numero	Suojalaitteen tulo
1=	D4
2=	C4
3=	D5
4=	C5
5=	D6
6=	C6
7=	D7
8=	C7
9=	D8
10=	A5
11=	A6
12=	A7
13=	A8
14=	B4
15=	B3
16=	B6
17=	D1
18=	D2
19=	C2
20=	C1
21=	B5
22=	D3
23=	C3
24=	C8
25=	B1
26=	B2

Lista 5.1

Testauksissa todettiin suojalaitteen valotulojen vasteajaksi 10-20 ohjelmakierrosta. Sekunteina aikavasteen saa laskettua kaavalla (prosessorikäskyjen määrä/ prosessorin kellotaajuus). Atmel Studio ohjelmalla simuloituna yksi testiohjelman ilmoittama ohjelmakierros tarkoittaa 16 prosessori käskyä, tästä saatiin laskettua, että käytettäessä mikroohjaimen kellotaajuutta 1MHz ohjelma kierroksen kesto on $16\mu\text{s}$. Laskemalla $16\mu\text{s} \cdot 10$ ja $16\mu\text{s} \cdot 20$ saatiin testilaitteen vasteajaksi $160\mu\text{s}$ - $320\mu\text{s}$.

Testilaitteen ohjelmaan lisättiin aikaviiveet operaatioiden väleille, sillä ilman aikaviivettä suojalaitteessa vianilmoituslähdet olivat edelleen päällä, kun uusi testaus alkoi, mistä aiheutui virheellisiä positiivisia tuloksia. Testauksessa todettiin, että testisekvenssin

LED-järjestys näyttää satunnaiselta, joten vikadiagnostiikan helpottamiseksi tehtiin lista 5.1 jossa yhdistetään testin numero suojalaitteen valovastaanottoimeen.

5.3 Testilaitteen virta- ja jännitetestaus

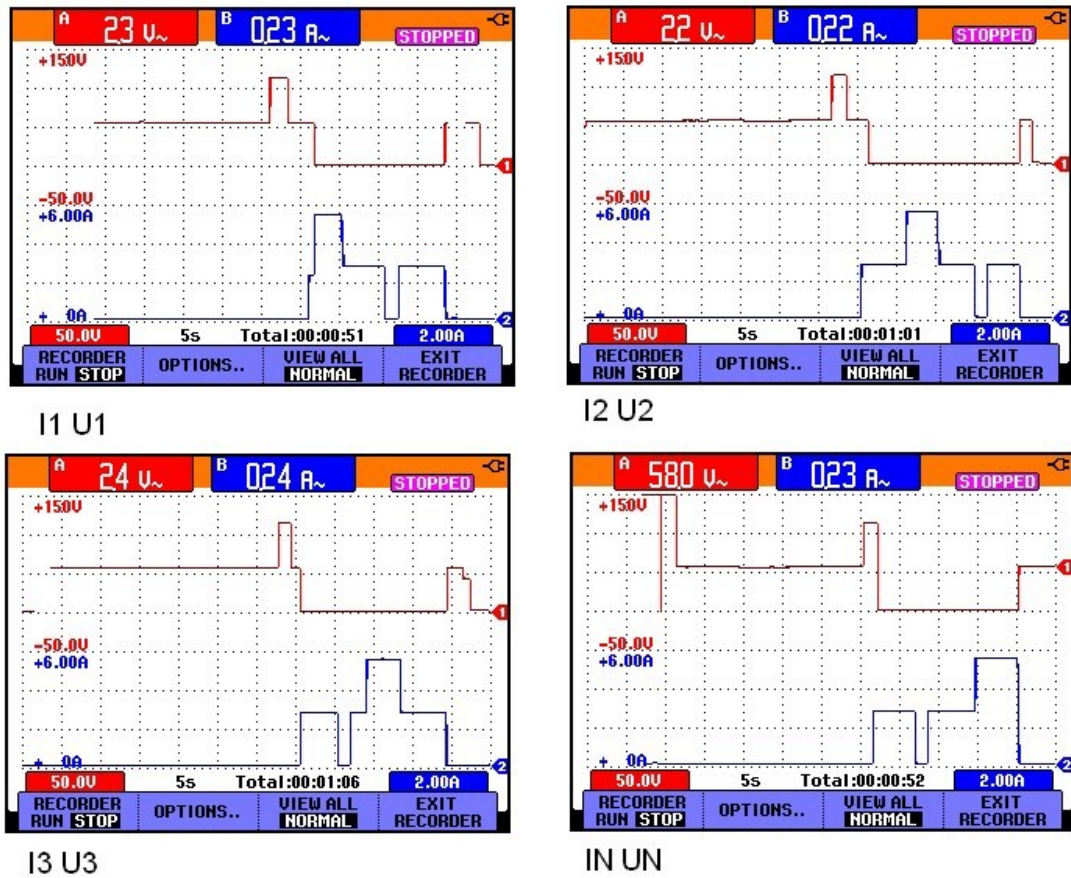
Testilaitte suorittaa ensin valoporttitestauksen, josta se jatkaa todentamaan suojalaitteen jännitteiden ja virran muutoksen huomioimiskykyä. Ensimmäisissä testeissä todettiin, että tapa, jolla jännitteen ja virran vikaa simuloidaan, tekee suojalaitteen jännitteen ja virran vasteaikojen mittauksista hyvin epätarkat. Testilaitte simuloi vikatilannetta muuttamalla muuntajan kytkentää, joten jännitteen kytkeytyessä laskevalla sinikäyrän osalla, voi suojalaitte huomata simuloidun vian, kun jännitteen hetkellisarvo nousee yli liipaisujännitteen.

Virtojen ja jännitteiden testaukset tapahtuvat testilaitteella järjestyksessä: L1, L2, L3, N. Kuvasta 5.2 voidaan nähdä mitattujen vaiheiden virran ja jännitteen suuruudet koko testisekvenssin aikana. Kuvasta 5.2 voidaan myös todeta, että koko testisekvenssiin menee noin yksi minuutti, josta viimeiset noin 30s kuluu virran ja jännitteen tulojen testaukseen.

Virtaa ja jännitettä ohjaavien releiden kestävyys testia jouduttiin lisäämään testisekvenssin ohjelmaan neljän sekunnin aikaviive jokaisen virtatestauksen releen asennon muutoksen jälkeen. Hidastuksien pituus saatiin tarkastamalla releen datalehdessä maksimi operointitaajuus nimellisesti kuormitettuna, joka on 1800[13] toimintoa tunnissa. Laskemalla saatiin releen nimellisellä kuormituksella toimintataajuudeksi 0,5 toimintoa sekunnissa, jolloin releen voi kytkeä päälle ja pois kerran neljässä sekunnissa. Kuvasta 5.2 nähdään kuinka jännitetestauksen releiden hidastukset ovat n. 1,5s.

Jännitetestauksessa releiden pitää katkaista maksimissaan $I = U_{\max}/R$ suuruinen virta, jossa jännite $U_{\max} = \sqrt{2} * 110V$ ja $R = 243k\Omega$. Näillä arvoilla laskettuna jännitemittauksen virran suuruudeksi tuli 0,64mA. Pienen katkaisuvirran takia hidastus voi olla lyhyempi, koska releen mekaaninen kytkentätiheys on 18000[13] operaatiota

tunnissa, josta laskettuna saadaan releen kuormittamattomaksi toimintatiheydeksi 5 operaatiota sekunnissa. [13](OMRON Corporation 2003) viitattu 9.5.2016



Kuva 5.2

Jännitetestauksen vastusarvot saatiin selvittämällä suojalaitteen suunnitelleelta yritykseltä kyseiset arvot. Virta mittauksien aikana testilaitteen sisältä voitiin aistein havaita valokaarien ilmenemisiä, tästä johtuen on todennäköistä että virtatestauksen releet eivät tule kestäämään pitkiä aikoja.

6 YHTEENVETO JA JATKOKEHITYS

6.1 Yhteenveto

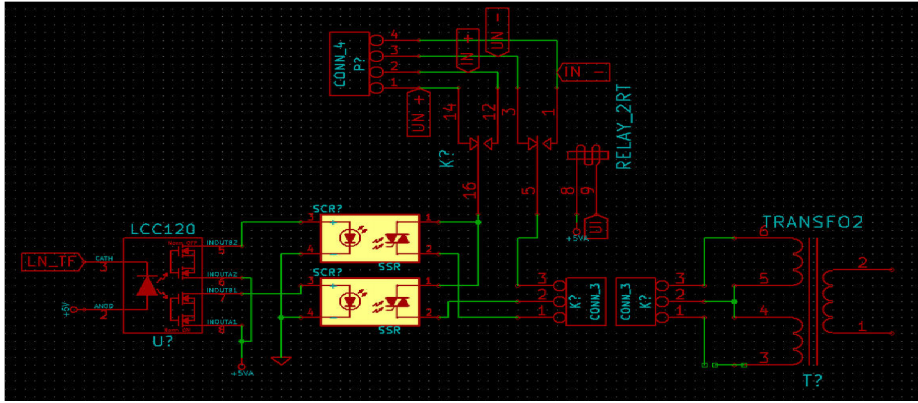
Opinnäytetyössä suunniteltu ja toteutettu Arc Pro APS103LCS satelliittiyksikön testauslaite tekee valoportti-, virta- ja jännitetestaukset. Testauslaite suorittaa testisekvenssin, jossa laite tutkii APS103LCS satelliittiyksikön kaikkien tulo- ja lähtöporttien toiminnan.

Testilaite tekee satelliitin toiminnan todentamisen helpoksi ja tarkaksi, sekä ilmoittaa tulokset käyttäjälle. Vian ilmennyttyä testilaitteen hälytys-LED syttyy, joka ilmoittaa vian ilmenemisestä. Paikantaakseen vian käyttäjä joutuu tekemään testin uudestaan, jos testilaite ei ollut yhteydessä tietokoneeseen.

Kuvasta 5.3 voidaan nähdä että valopuolen testaus vie noin 30 sekuntia, mikä on suojalaitteen ja testilaitteen nopeuteen nähden hidas. Valotestauksen testisekvenssi pidettiin tarkoituksellisesti hitaana, jotta sen toimintaa voidaan tarkastella testin aikana.

6.2 Testilaitteen kehittäminen

Jännite- ja virtatestauksien releitä kytkettäessä syntyy releen kärkien välille valokaari, joka kuluttaa niitä. Valokaarien esiintymistä pystyttäisiin vähentämään, jos jännitteenohjausreleet vaihdettaisiin puolijohdereleisiin. Uudistetussa suunnitelmassa jännitteiden ohjaus muutettiin kuvan 6.1 mukaiseksi.



Kuva 6.1

Uudessa jännitteen ohjauksessa kytketään puolijohde DPDT-releellä kahta erillistä SPST SCR puolijohderelettä. Kytkennässä SCR releiden etuna on ominaisuus, jossa tilaa vaihdetaan vain vaihtojännitteen nollakohdassa[14]. Tämä vähentää mahdollisia virta- ja jännitepiikkejä laitteistossa. SCR releen ominaisuuden takia joudutaan muuttamaan testilaitteen ohjelmointia lisäämällä ohjelmaan aikaviiveitä. [14]SolidStateOptronics2015) Viitattu 7.1.2015

Laitteen piirilevyjen kuparointi on pinnoittamatonta, mikä saattaa alistaa piirilevyn johtimet hapettumiselle. Tämä saattaa johtaa laitteen toimimattomuuteen. Kestävin piirilevyn parannusratkaisu olisi teettää piirilevyt piirilevyvalmistajalla, joka pinnoittaa piirilevyt.

Jännite- ja virtamittausten, sekä satelliitin analogiatulojen testauksien johdotukset, ovat juotettuna suoraan piirilevyille. Kehityssuunnitelmassa on lisätty piirilevyille juotetuille johtimille erilliset liittimet, jotta piirilevyn sijoittelu ja käsittely helpottuisi. Liite 4.

Testilaitteen prototyypissä on kaksi virtatestauksen kymmenen ohmin vastusta sarjassa. Virtatestauksen vastukset tulisi korvata kahdenkymmenen ohmin vastuksella. Testilaitteen liikuteltavuutta voisi parantaa huomattavasti erottamalla muuntajat omaan koteloon, koska pelkät muuntajat painavat yhteensä 22,4kg.

6.3 Ohjelmiston kehitys

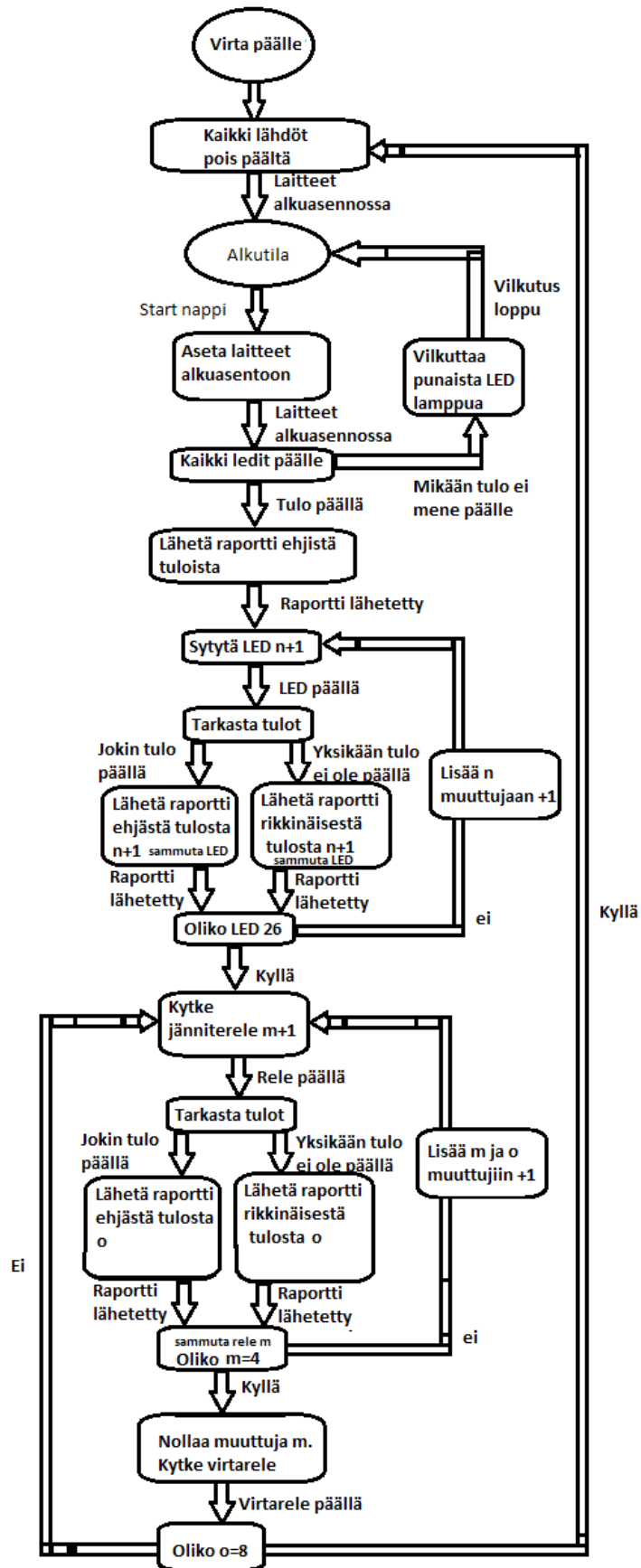
Laite testaa kaikki suojalaitteen lähdöt ja tulot yhdessä sekvenssissä, mutta mahdollisuus valita testattavat tulo- tai lähtö kokonaisuudet parantaisivat käytettävyyttä.

Aikavasteet, jotka laite ilmoittaa käyttäjälle, tulostetaan mikro-ohjaimen kellojaksoina. Raportointi tulisi muuttaa sekunneiksi tai millisekunneiksi. Uuden suunnitelman mukaisen levyn jännitteen suuruutta ohjaavaan koodiin tulee lisätä kymmenen millisekunnin pituinen viive, jotta kytkennässä ei voi tapahtua oikosulkuja.

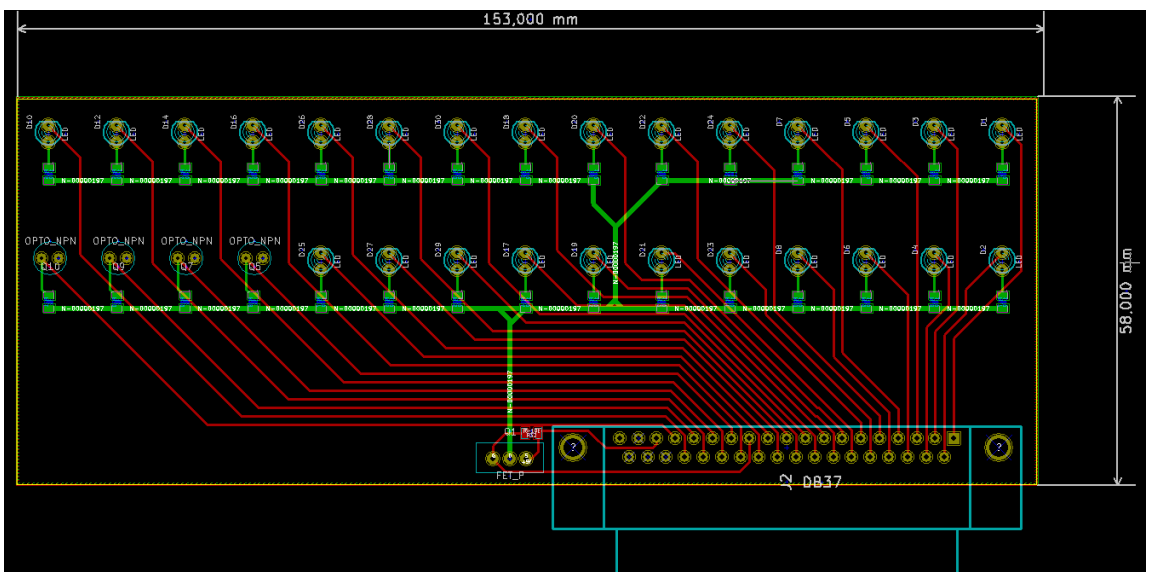
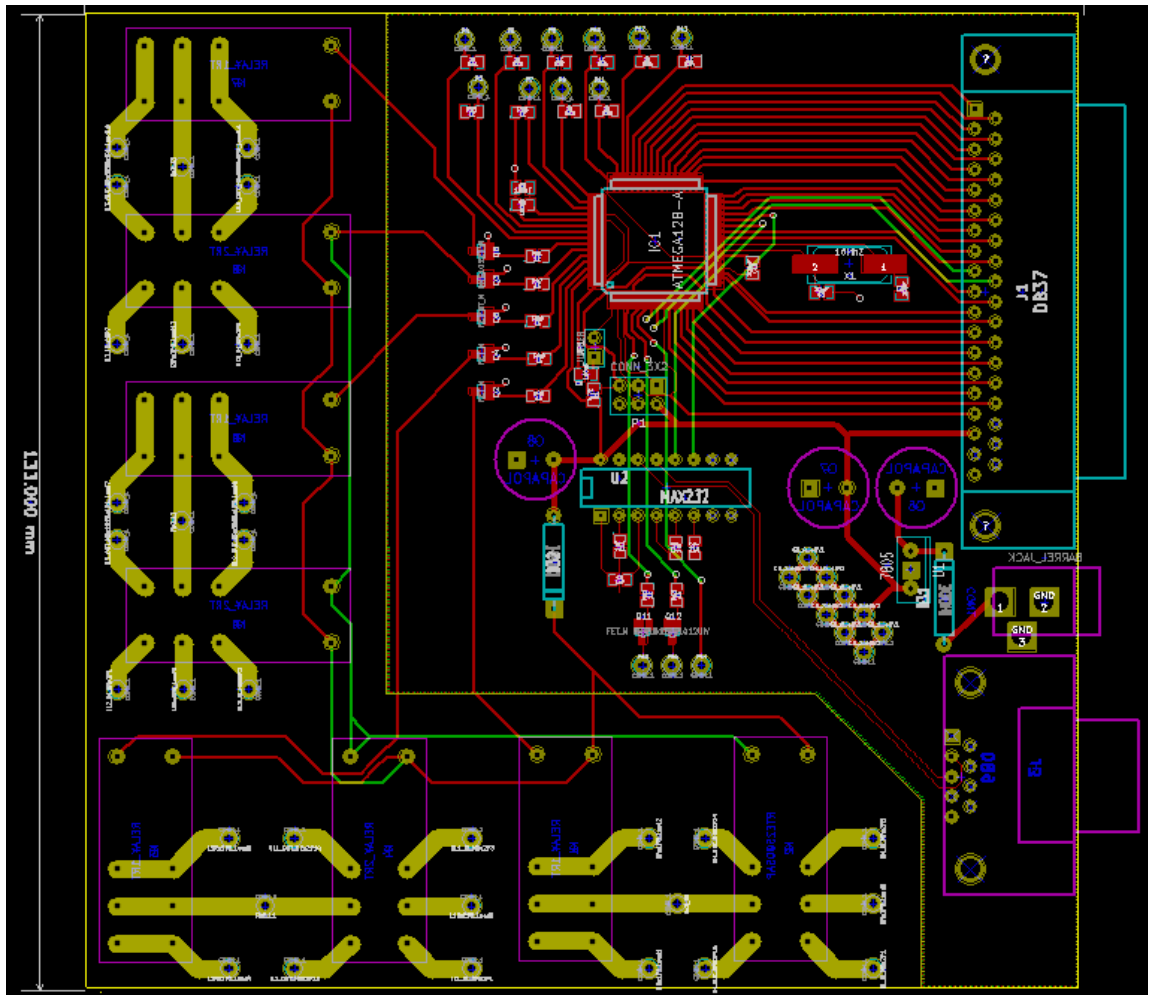
LÄHTEET

- [1] Silvonen, K., Tiilikainen, M. & Helenius, K. 2004. Analogiaelektroniikka. 2. p., tark. p. Helsinki: EditaPrima.
- [2] Spiex Corporation 2006. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.exar.com/common/content/document.ashx?id=1032>
- [3] Atmel Corporation. 2014 Viitattu 7.1.2015. Saatavissa http://www.atmel.com/images/atmel-2521-avr-hardware-designconsiderations_applicationnote_avr042.pdf s.5
- [4] Atmel Corporation 2011. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf> s.38
- [5] Texas Instruments Incorporated 2014. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf> s.10 [6] Premier Farnell plc 2012 Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.farnell.com/datasheets/1661839.pdf> [7] Premier Farnell plc 2012 Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.farnell.com/datasheets/1661953.pdf>
- [8] Atmel Corporation 2011. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf> s.38
- [9] Atmel Corporation. 2014 Viitattu 7.1.2015. Saatavissa http://www.atmel.com/images/atmel-2521-avr-hardware-designconsiderations_applicationnote_avr042.pdf s.6
- [10] Texas Instruments Incorporated 2014. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf> s.3
- [11] Spiex Corporation 2006. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.exar.com/common/content/document.ashx?id=1032> s.1
- [12] Atmel Corporation 2011. Viitattu 7.1.2015. Saatavissa <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf> s.8
- [13] (OMRON Corporation 2003) viitattu 9.5.2016 Saatavissa <http://industrial.omron.com.br/uploads/arquivos/G2RL.pdf>
- [14] Solid State Optronics 2015 viitattu 7.1.2015 Saatavissa <http://www.ssousa.com/appnote040.asp>

Liite 1



Liite 3



Liite 4

