



HENKILÖNOSTIMEN PIIRILEVYN KEHITYS JA SUUNNITTELU

Leguan Lifts Oy

Mikko Toivanen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2016
Sähkötekniikka
Älykkäät koneet

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Älykkäät koneet

TOIVANEN, MIKKO:
Henkilönostimen piirilevyn kehitys ja suunnittelu
Leguan Lifts Oy

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Toukokuu 2016

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella uutta Leguan 165 -henkilönostinta varten piirilevy sähköjärjestelmän ohjaukseen. Pelkän piirilevyn lisäksi tuli suunnitella koko nostimen sähköjärjestelmä, sillä aikaisemman Leguan 160 -nostimen sähköjärjestelmä ei sellaisenaan ollut riittävä. Piirilevyn suunnittelussa käytettiin avuksi Eagle-suunnitteluohjelmaa, jolla pystytään tekemään isojakin piirilevyjä.

Merkittävänä osana työtä oli standardien vaatimat turvallisuustasot. Henkilönostimen turvatoiminnoille on määritelty tietyt suoritustasot standardissa SFS EN ISO 280:2015. Turvallisuustasojen määrittelyt olivat standardissa SFS EN ISO 13849-1, joka antoi reunaehdot sille, minkälaisilla järjestelmillä turvallisuustasot voidaan saavuttaa.

Piirilevy saatiin suunniteltua ja teetettyä valmiiksi asti. Pieniä ongelmia valmiissa piirilevyssä vielä oli, mutta ne ehditään korjaamaan lopullisiin tuotantoversioihin. Piirilevyn todellinen luotettavuus tulee esille ajan kanssa, mutta testeissä mitään ongelmia sen suhteen ei tullut esille.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Electrical Engineering
Option of Intelligent Machines

TOIVANEN, MIKKO:

Design and Development of a Printed Circuit Board for an Access Platform
Leguan Lifts Oy

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 11 pages
May 2016

The purpose of this thesis was to design a printed circuit board for controlling the new Leguan 165 access platform. Besides designing the printed circuit board, also the entire electrical system for the access platform had to be redesigned since the electrics on the old Leguan 160 wasn't sufficient. The designing of the printed circuit board was done by using software called Eagle which can be used for designing large circuit boards.

As a big part of this thesis were the performance levels of the safety functions. The performance levels are defined in standard SFS EN ISO 280:2015. The requirements for each performance level are defined in standard SFS EN ISO 13849-1. It also gives guidelines for achieving the performance levels on different category rated control systems.

The designing and manufacture of the printed circuit board was finished. There were small problems in the printed circuit board but these will be fixed for production version. The real reliability will be shown in time but during testing there were no problems with reliability.

Key words: electrical designing, printed circuit board, safety level, access platform

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LEGUAN LIFTS OY YRITYKSENÄ.....	7
3	LEGUAN 165 HENKILÖNOSTIN	9
4	STANDARDIT JA TURVATOIMINNOT.....	10
	4.1 SFS EN ISO 280:2015	10
	4.2 SFS EN ISO 13849-1.....	12
5	PIIRILEVYN SUUNNITTELU	15
	5.1 Lähtökohdat	15
	5.2 Alustava suunnitteluvaihe.....	16
	5.3 Piirilevyn kaavio	17
	5.4 Piirilevyn reititys.....	19
	5.5 Turvallisuustasojen laskenta	20
	5.6 Valmiin piirilevyn tarkastelu ja testaus.....	21
6	POHDINTA.....	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	26
	Liite 1. Leguan 165 sähkökaavio (Leguan Lifts Oy)	26
	Liite 2. Leguan 165 piirilevyn kaavio (Leguan Lifts Oy)	35
	Liite 3. Leguan 165 piirilevyn reititys (Leguan Lifts Oy).....	36

LYHENTEET JA TERMIT

CCF	Yhteisvikaantuminen
DC	Diagnostiikan kattavuus
DC _{avg}	Keskimääräinen diagnostiikan kattavuus
MTTF	Keskimääräinen vikaantumisaika
MTTF _d	Vaarallisen vikaantumisen keskimääräinen vikaantumisaika
PL	Suoritustaso

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella uutta Leguan 165 -henkilönostinta varten piirilevy koneen sähköjärjestelmän ohjaukseen. Piirilevyn tulee pystyä ohjaamaan koko nostimen sähköisiä toimintoja. Pelkän piirilevyn suunnittelun lisäksi myös koko nostimen sähköjärjestelmä tulee suunnitella, sillä täytyy luoda käyttöliittymän rajapinta siitä, miten ohjauspaneelien kytkimien signaaleja käsitellään piirilevyllä.

Henkilönostimien turvallisuusvaatimukset ovat jatkuvasti kasvamaan päin. Standardiin SFS EN ISO 280 on tullut viimeisin päivitys vuonna 2015. Siinä tarkennettiin nimenomaan vaatimuksia turvatoimintojen luokituksiin.

Koska kyseessä on laite, jolla nostetaan ihmisiä ylös, on hyvä, että laitteille on olemassa standardi, joka määrittelee turvatoimintojen vaatimukset selkeästi. Täten varmistutaan, että ihmisillä on turvalliset työskentelyolosuhteet eri tilanteissa henkilönostinta käytettäessä. Turvallisuusvaatimuksien kiristyminen on kuitenkin ajamassa valmistajia suuremmissa määrin ohjelmoitavien logiikoiden suuntaan. Niillä on mahdollista tehdä turva-anturien tarkastelua paljon laajemmin kuin erillisillä piirilevyillä.

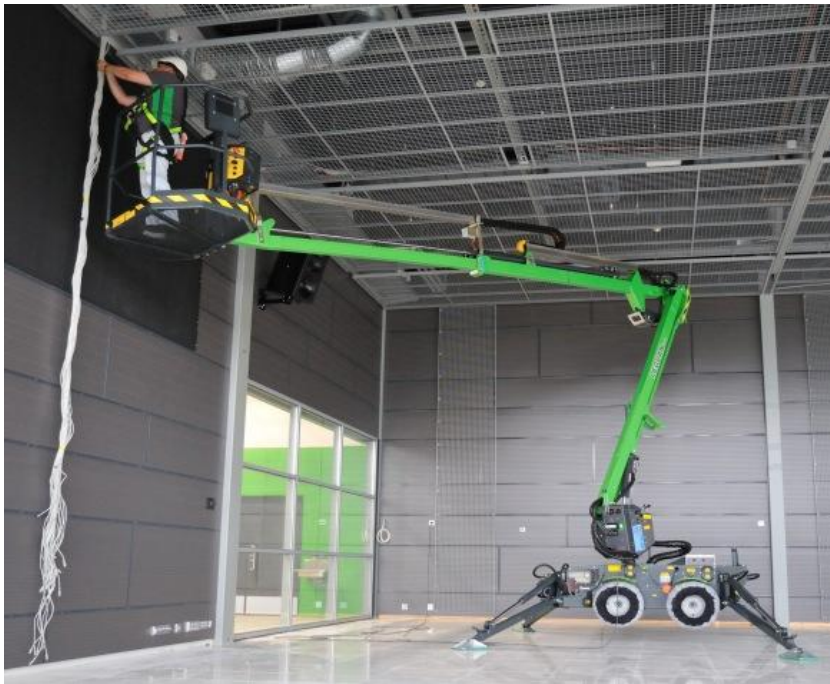
Opinnäytetyössä käydään läpi kyseiseen henkilönostimeen liittyvät turvallisuusvaatimukset sekä kategorioidaan tavat, joilla nämä turvallisuustasot voidaan saavuttaa. Työn edetessä kehitetään piirilevy, joka yhdessä turva-anturien kanssa pystyy täyttämään henkilönostimelle asetetut turvallisuusvaatimukset.

2 LEGUAN LIFTS OY YRITYKSENÄ

Leguan Lifts Oy on vuonna 1990 perustettu itsekulkevia henkilönostimia valmistava yritys. Leguan Lifts on osa Avant Group konsernia, johon kuuluvat myös Avant Tecno Oy ja sen myyntiyritykset Saksassa, Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa. Leguan -henkilönostimet valmistetaan Ylöjärvellä samoissa tiloissa Avant -pienkuormaajien kanssa.

Leguan Lifts Oy toimittaa henkilönostimia ympäri maailman. Vuoden 2014-2015 tilikaudella Leguan Lifts Oy:n liikevaihto oli noin 3,4 miljoonaa euroa, joka oli laskenut edellisvuoteen nähden 4,6 prosenttia. Liikevoittoa kertyi 12,9 prosenttia, joka oli 1,5 prosenttiyksikköä enemmän kuin edellisvuotena. (Taloussanomat, 2016)

Leguan Lifts Oy valmistaa kolmea eri henkilönostin mallia, jotka on luokiteltu nostokorkeuden mukaan. Kuvassa 1 on nostokorkeudeltaan pienin henkilönostin, Leguan 125. Leguan -henkilönostimia käyttävät muun muassa sähköasentajat, maalarit ja urakoitsijat. Työkohteet voivat olla sekä sisällä että ulkona, jolloin käyttöympäristö voi olla erittäin vaativa. Nostimet on suunniteltu toimimaan sekä Suomen pakkasissa, että Australian kuumuudessa. Jatkuvalle tuotekehitykselle pyritään varmistamaan nykyisen asiakaskunnan tyytyväisyys sekä valtaamaan uusia markkinoita myynnin edistämiseksi.



KUVA 1. Leguan 125 henkilönostin (Kuva: Leguan Lifts Oy)

Leguan -henkilönostimet ovat saatavilla pyörä- ja tela-alustaisena. Kuvassa 2 on Leguan 160 henkilönostin, joka on varustettu tela-alustalla. Työkohteet voivat olla erittäin vaativassakin maastossa, jolloin vaaditaan hyviä maasto-ominaisuuksia. Henkilönostimen toiminnan on oltava luotettavaa, sillä vikatilanteissa nostin voidaan joutua korjaamaan paikan päällä, mikäli nostimen siirtäminen ei onnistu vian takia.



KUVA 2. Leguan 160 henkilönostin (Kuva: Leguan Lifts Oy)

3 LEGUAN 165 HENKILÖNOSTIN

Leguan 165 -henkilönostin pohjautuu suurelta osin Leguan 160 -henkilönostimeen. Mekaniikka-, hydraulikka- ja sähkösuunnittelussa on käytetty hyväksi aikaisemmasta mallista hyväksi havaittuja ominaisuuksia. Suunnittelun lähtökohtana on ollut päivittää nostinta ominaisuuksiltaan ja valmistukseltaan tämän hetkisten vaatimusten mukaiseksi.

Henkilönostimen suorituskyky on myös parantunut. Nostimen nostokorkeutta on lisätty puolella metrillä tuoden sen noin 16,5 metriin. Nostimen sivu-ulottuma on noin 7,8 m, joten se on kasvanut noin metrin vanhaan malliin verrattuna. Lisäksi suurinta sallittua korikuormaa kasvatettu 30 kg:lla arvoon 230 kg.

Hydraulijärjestelmässä suurimmat muutokset koskevat ajovoimansiirtoa. Ajomootorit ovat vaihdettu geroottorimootoreista mäntämootoreiksi ja saman puolen ajomootoreiden kytkentä on muutettu sarjakytkenästä rinnankytkentään. Tällä on saatu lisää voimaa siirtoajoon, mutta samalla nopeus on hidastunut. Tätä varten kehitetty mahdollisuus tarkkailla hydraulijärjestelmän painetta ja ohjata sähköisesti tarpeen mukaan ajomootorien kytkentätapaa, jolloin siirtonopeus voidaan tuplata, kun järjestelmän tarvitsema paine on pieni.

Sähköjärjestelmä on suunniteltu kokonaan uusiksi. Mukana on jonkin verran vanhasta mallista tuttuja ratkaisuja, kuten osa ohjauspaneelin käyttökytkimistä. Leguan 160 -malliin verrattuna kuitenkin isoin muutos on sähkökotelon sisällä. Aikaisemmin sähköjärjestelmän releet, diodit sekä muu ohjauselektronikka oli tehty erillisjohdotuksella kiskoon asennettavilla komponenteilla. Leguan 165 -nostimessa kaikki ohjauselektronikka on sijoitettu piirilevylle.

4 STANDARDIT JA TURVATOIMINNOT

4.1 SFS EN ISO 280:2015

Euroopassa valmistettavien henkilönostimien tekniset turvallisuusvaatimukset määritellään SFS EN ISO 280 -standardissa, joka on päivitetty viimeksi vuonna 2015. Standardi määrittelee henkilönostimissa vaadittavat turvatoiminnot sekä niiden suoritustasot PL-luokituksella. Yhdysvalloissa, Kanadassa ja Australiassa on lisäksi omat standardinsa henkilönostimille, mutta niidenkin turvatoimintojen vaatimukset ovat lähentymässä EN ISO 280 -standardia.

Leguan 165 -henkilönostinta koskevat turvatoiminnot ovat esiteltyinä taulukossa 1. Taulukkoon on otettu mukaan vain ne turvatoiminnot, joiden toteuttamiseen on käytetty sähköistä ohjausta. Esimerkiksi työkorin tasausjärjestelmä on toteutettu Leguan 165 -nostimessa kokonaan hydrauliiikan avulla, jolloin kyseinen turvatoiminto ei tarvitse sähköjärjestelmältä mitään ohjausta.

TAULUKKO 1. Turvatoiminnot ja niiden suoritustasot (SFS EN ISO 280:2015, 63)

Turvatoiminto	Suoritustaso (PL)
Hätäpysäytys	d
Korikuorman valvonta	d
Tukijalkavalvonta	c
Kuljetusasennon valvonta	d
Siirtoajon esto	d
Korikuorman valvonnan ja korin hätäseispainikkeen ohitus	d
Tukijalkavalvonnan ohitus	c

Sähköisesti ohjattuja turvatoimintoja on vain suoritustasoilla c ja d. Hätäpysäytys tarkoittaa hätäseispiiriä, jolla suoritetaan koneen välitön pysäyttäminen hätäseispainiketta käyttämällä (SFS EN ISO 280:2015, 54). Korikuorman valvonta on turvatoiminto, jolla estetään nostimen puomien liikkeitä, mikäli korissa on liian paljon kuormaa (SFS EN ISO 280:2015, 42). Tällä tavoin estetään koneen mahdollinen kaatuminen ylikuormitus-tilanteissa.

Tukijalkavalvonnalla suoritetaan tarkistus, että kaikki tukijalat ovat maassa, mikäli puomin liikkeitä yritetään tehdä. Jos tukijalat eivät ole asetettuna maahan, puomin liik-

keitä ei saa olla mahdollista tehdä. Turvatoiminnolla estetään nostimen joutuminen epästabiiliin tilaan, jossa se voisi kaatua. (SFS EN ISO 280:2015, 40)

Kuljetusasennon valvonnassa suoritetaan tarkistus, että tukijalkoja ei ole mahdollista liikuttaa, mikäli puomisto ei ole kuljetustuella (SFS EN ISO 280:2015, 40). Siirtoajon esto on vastaava turvatoiminto, mutta sillä estetään siirtoajon käyttö silloin, kun puomisto on pois kuljetustuella (SFS EN ISO 280:2015, 36). Kyseisillä turvatoiminnoilla on myös tarkoitus estää nostimen joutumista epästabiiliin tilaan, joka voisi aiheuttaa käyttäjälle vaaran.

Korikuorman valvonnan ja korin hätäseispainikkeen ohitus on kahden erillisen turvatoiminnon ohitustoiminto. Yleisesti turvatoimintoja ei saa ohittaa useampaa kerrallaan, mutta kyseisten turvatoimintojen kohdalla on tehty poikkeus. Tämä johtuu siitä, että on tarkoitus mahdollistaa tajuntansa menettäneen käyttäjän pelastaminen työkorista. Kuvitteellinen tilanne, jossa näin voisi käydä, olisi esimerkiksi puun oksien sahaaminen. Käyttäjän päälle putoaisi painava oksa, jonka seurauksena käyttäjä menettäisi tajuntansa, painaisi hätäseispainikkeen pohjaan kaatuessaan ja oksa aiheuttaisi ylikuorman työkoriin. Tällöin ohitustoiminnolla voidaan tuoda työkorissa oleva käyttäjä alas saamaan mahdollisesti tarvittavaa ensiapua. (SFS EN ISO 280:2015, 55)

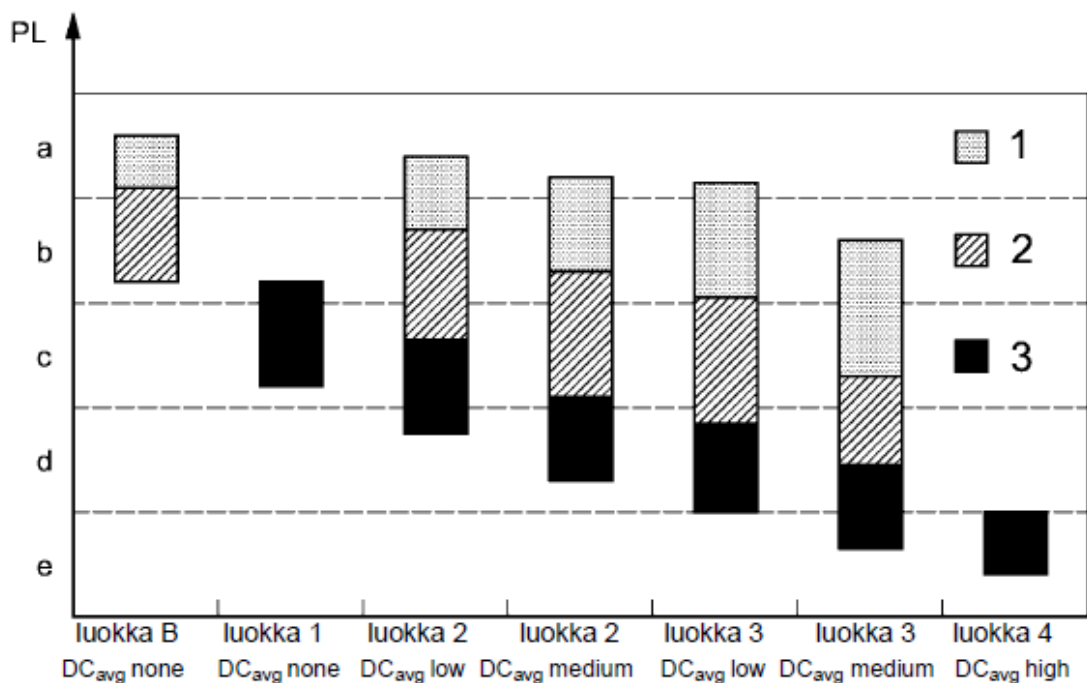
Tukijalkavalvonnan ohitus on toiminto, jolla mahdollistetaan puomin liikkeiden tekeminen, vaikka tukijalat eivät olisi maassa. Ominaisuus on kehitetty sen takia, että nostimen työkorin hydraulinen vakaajajärjestelmä voi vuotaa pitkäaikaisessa säilytyksessä sen verran, että työkori kallistuu ja osuu maahan. Tällä mahdollistetaan työkorin suorittaminen, mikäli nostimen ympärillä ei ole tarpeeksi tilaa tukijalkojen asettamiseksi maahan eikä nostinta voida siirtää johtuen työkorin osumisesta maahan. Koska tukijalkavalvonnan ohitus mahdollistaa kaikkien puomien liikkeiden käyttämisen, on lisäturvallisuutta tehty sillä, että käyttäjää varoitetaan äänimerkillä, mikäli jokin puomi nousee pois kuljetustuella. Lisäksi moottori sammutetaan aikaviiveellä, mikäli käyttäjä ei palaa kuljetustuella kuullessaan äänimerkin. Tällöin estetään mahdolliset väärinkäytöt turvatoiminnon ohittamiskytkimellä.

Turvatoimintojen vaatimat suoritustasot ovat ensimmäinen huomioitava asia suunnittelun lähtökohtana. Tämän lisäksi tulee tietää, minkälaisella järjestelmällä kyseiseen suo-

ritustason luokitukseen voidaan päästä. Erilaiset järjestelmät ovat jaettu luokkiin standardissa SFS EN ISO 13849-1.

4.2 SFS EN ISO 13849-1

Turvatoimintojen suoritustasojen suunnitteluperusteet käydään läpi SFS EN ISO 13849-1 -standardissa. Siinä annetaan perusteet, miten eri suoritustasot voidaan saavuttaa. Ohjausjärjestelmät ovat lajiteltu luokkiin sen mukaan, minkälainen rakenne järjestelmällä on. Kuvassa 3 on esitetty, minkä luokan ohjausjärjestelmillä on mahdollista saavuttaa mikäkin turvallisuustaso.



KUVA 3. Suoritustasot ja järjestelmien luokitukset (Kuva: SFS EN ISO 13849-1, 52)

Olellaisena osana kuvassa 3 on keskimääräinen diagnostiikan kattavuus eli DC_{avg} -arvo. Tällä tarkoitetaan todennäköisyyttä, jolla komponentin vaarallinen vikaantuminen paljastuu turvatoiminnossa. Tämä voidaan määrittää paljastuneiden vaarallisten vikaantumisten vikaantumistaajuuden ja kaikkien vaarallisten vikaantumisten vikaantumistaajuuden suhteena. Diagnostiikan kattavuus on jaettu suuruudeltaan neljään eri alueeseen, jotka ovat nolla (alle 60 %), matala (60-90 %), keskimääräinen (90-99 %) ja korkea (99 % tai korkeampi). (SFS EN 13849-1, 128)

Lisäksi kuvassa 3 suoritustason ja luokan suhteeseen vaikuttaa vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika eli $MTTF_d$. Tämä on jaettu kolmeen alueeseen (matala, keskimääräinen ja korkea). Kuvassa palkkien värjätyt alueet kuvastavat vaarallista keskimääräistä vikaantumisaikaa siten, että numerolla 1 tarkoitetaan matalaa $MTTF_d$ -arvoa (3-10 vuotta), numerolla 2 keskimääräistä $MTTF_d$ -arvoa (10-30 vuotta) ja numerolla 3 korkeaa $MTTF_d$ -arvoa (30-100 vuotta). (SFS EN 13849-1, 46, 52)

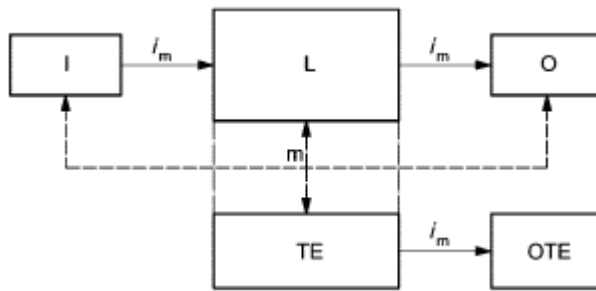
Luokkien 2, 3 ja 4 mukaisesti toteutetuissa ohjausjärjestelmissä tulee myös ottaa huomioon komponenttien yhteisvikaantuminen eli CCF (SFS EN 13849-1, 74). Tällaiseksi kutsutaan järjestelmään aiheutuvia kahta tai useampaa vikaa, joilla on yhteinen syy (SFS EN 13849-1, 92). Yhteisvikaantumista arvioidaan antamalla ohjausjärjestelmän toiminnan toteutuksesta pisteitä sen mukaan, mikäli se täyttää standardissa määritellyt toimenpiteitä. Näitä ovat esimerkiksi signaalireittien fyysinen erottaminen (15 pistettä) ja hyvin koeteltujen komponenttien käyttö (5 pistettä). Yhteisvikaantumisen pisteytysprosessin suurimmat mahdolliset pisteet ovat 100 pistettä. Jotta yhteisvikaantuminen katsotaan vältetyksi, tulee toimenpiteillä saavuttaa vähintään 65 pistettä. (SFS EN 13849-1, 132)

Leguan 165 -nostimelle määritellyt turvatoiminnot olivat vain PL_c ja PL_d -suoritustasoilla. PL_c -suoritustasolle voidaan päästä jo luokan 1 rakenteella, mutta silloin komponenteilta vaaditaan korkeaa $MTTF_d$ -arvoa. Luokan 1 rakenne (kuva 4) on yksikanavainen ohjausjärjestelmä, joka koostuu sisääntulosta (I), logiikasta (L) ja ulostulosta (O). (SFS EN 13849-1, 78)



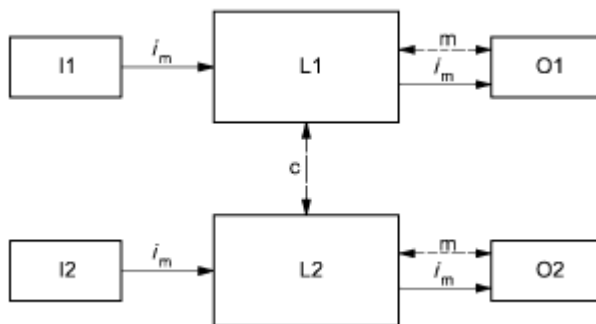
KUVA 4. Luokan 1 mukainen rakenne (Kuva: SFS EN ISO 13849-1, 80)

Luokan 2 rakenteella voidaan korkeintaan saavuttaa PL_d -suoritustaso, mutta tällöin jälleen vaaditaan korkeaa $MTTF_d$ -arvoa käytetyiltä komponenteilta. Luokan 2 rakenne on esitetty kuvassa 5. Kyseessä on yksikanavainen ohjausjärjestelmä, jonka toimintaa testataan testikanavalla. (SFS EN 13849-1, 80)



KUVA 5. Luokan 2 mukainen rakenne (Kuva: SFS EN ISO 13849-1, 82)

Luokan 3 rakenteella on jo helpompi saavuttaa PL_d -suoritustaso, sillä tällöin ei vaadita korkeinta $MTTF_d$ -arvoa käytetyiltä komponenteilta. Toisaalta, korkealla $MTTF_d$ -arvolla voidaan päästä aina PL_e -suoritustasolle asti. Luokan 3 rakenne on esitetty kuvassa 6. Kyseessä on kaksikanavainen ohjausjärjestelmä, jonka molempien kanavien tulee toimia oikein turvatoiminnon vaatimalla tavalla, jotta nostimen liikkeitä sallitaan. (SFS EN 13849-1, 82)



KUVA 6. Luokan 3 mukainen rakenne (Kuva: SFS EN ISO 13849-1, 84)

5 PIIRILEVYN SUUNNITTELU

5.1 Lähtökohdat

Aikaisemmassa Leguan 160 -henkilönostimessa ei ole ollenkaan piirilevyä. Kyseisessä nostimessa sähköisen ohjausjärjestelmän keskukset on toteutettu kiskoasennettavilla riviliittimillä sekä releillä. Tästä johtuen keskusten valmisteluun kuuluva aika on erittäin pitkä verrattuna Leguan 125 -henkilönostimeen, jossa on piirilevyt ohjauskeskuksissa. Tämän perusteella Leguan 165 -nostimeen haluttiin myös suunnitella piirilevy toteuttamaan koneen sähköistä ohjausta.

Leguan 125 ja 160 -nostimissa on ohjauskeskukset koneen rungossa sekä työkorissa. Koska uudessa Leguan 165 -nostimessa työkorin rakenne tulee muuttumaan huomattavasti, rajoittuu myös tila, jota voidaan hyödyntää komponenttien sijoittelussa. Tästä johtuen nostimen sähköiset toiminnot päätettiin sijoittaa yhdelle piirilevyille, joka sijaitisi koneen rungon tasolla. Tämä johtaa tilanteeseen, jossa työkorin käyttökytkimien ja piirilevyn välillä tulee kulkea enemmän signaalitietoja kuin aikaisemmin, sillä eri kytkimien asentoja ei voida vertailla suoraan työkorissa, vaan se tehdään vasta piirilevyllä. Toisaalta tämä mahdollistaa myös signaalitietojen helpomman vertailun, kun kaikki ohjaustoiminnot tapahtuvat samalla piirilevyllä. Samalla nostimen johtosarjojen asentaminen yksinkertaistuu, sillä kaikki kaapelit viedään yhteen yhteiseen koteloon. Kääntöpuolena piirilevyn koko kasvaa isoksi johtuen isosta määrästä komponentteja, mitä piirilevyille pitää saada sijoitettua.

Koneeseen on saatavilla useita lisävarusteita, jotka tulee myös huomioida nostimen sähköjärjestelmän suunnittelussa. Isoimmat huomioon otettavat lisävarusteet ovat alaohjaus, kauko-ohjaus, sähkömoottori ja ajonopeuden tuplaus. Lisäksi koneessa on joitakin pienempiä lisävarusteita, kuten työvaloja ja huomiovilkkuja. Kaikki nostimen eri konfiguraatiot lisävarusteista johtuen oli kuitenkin huomioitava suunnittelussa.

5.2 Alustava suunnitteluvaihe

Piirilevyn suunnittelu lähti liikkeelle tekemällä alustavat hahmotelmat koko nostimen sähköistä. Heti alusta lähtien piti pystyä hahmottamaan eri ohjauskytkimien liittyminen piirilevylle. Liitteessä 1 on esitelty Leguan 165 -nostimen sähkökaavio. Liitteen ensimmäiset kolme sivua ovat osa jo alussa muodostettua kokonaisuutta, jonka ympärille piirilevy tulisi rakentumaan.

Kun ohjausjärjestelmän kokonaiskuva oli valmiina, täytyi ohjauspaneelien käyttöliittymä suunnitella seuraavaksi. Nostimessa on aina ensisijaisena käyttöpaikkana työkori, josta voidaan käyttää kaikkia nostimen toimintoja. Lisäksi nostimeen on saatavilla lisävarusteena alaohjaus, jolla mahdollistetaan puomin liikkeiden käyttäminen koneen rungon tasolta. Aikaisemmassa mallissa ei ollut mahdollista käyttää dieselmoottorin hehkuä eikä valita käytettävää moottoria alaohjauspaneelilta. Nämä olivat ominaisuuksia, jotka haluttiin lisätä alaohjaukseen.

Uutena ominaisuutena nostimeen haluttiin tuoda kauko-ohjaus. Tämä tarkoitti, että moottorin käynnistys, moottorin käynnissä pito, ajonopeuden valinta ja käytettävän moottorin valinta oli mahdollista tulla kolmesta eri paikasta, jolloin nämä toiminnot piti pystyä toteuttamaan riippumatta toisten ohjauspaikkojen valintakytkimien asennoista. Pelkän alaohjauksen ja yläohjauksen välillä tämä saatiin toteutettua ohjaamalla käynnistyskytkimen syöttöjännite pelkästään sille kytkimelle, jonka ohjauspaikka oli valittuna. Kauko-ohjaukselle vastaava toiminto tehtiin ohjaamalla kauko-ohjaimen vastaanottimen käynnistyssignaali jo ennen kuin ohjauspaikan valintakytkimelle syötettiin sähköä. Eli ohjauspaikan valintakytkimen syöttö katkaistiin kokonaan, mikäli kauko-ohjaus valittiin aktiiviseksi ohjauspaikaksi.

Nämä olivat isoimmat ratkaisut, mitä tuli ottaa huomioon ennen kuin varsinainen piirilevyn suunnittelu pääsi vielä edes alkamaan. Seuraavaksi oli vuorossa liittimien pinnien varaukset tietyille toiminnoille. Tämä sujui jo melko nopeasti, sillä alustavat ohjauskoteloiden suunnitelmat olivat jo selvillä.

5.3 Piirilevyn kaavio

Ensimmäisenä suunnitteluvaiheena oli tehdä komponenttivalintoja, jotta suunnitteluohjelma Eagleen sai tehtyä tarvittavat symbolit. Näiden osalta olin yhteydessä komponenttitoimittajiin, joilta sain tietoa osien saatavuudesta ja hinnoista. Joitakin komponentteja haluttiin myös käyttää Leguan 125 -nostimen piirilevyn pohjalta hyvien kokemusten vuoksi. Näitä olivat esimerkiksi Omronin turvareleet, jotka helpottavat turvatoiminnon suoritustason luokitusta ja hyväksyntäprosessin eteenpäin viemistä.

Suuressa osassa ohjausjärjestelmän toimintoja tulisi mukana olemaan myös mikroreleitä. Niillä valitaan esimerkiksi käytettävä moottori ja ohjataan tarvittavia solenoidiventtiilejä päälle. Mikroreleeksi valikoitui myös sama komponentti kuin aikaisemmassa piirilevyssä, sillä sen toiminta on ollut erittäin luotettavaa. Piirilevylle tuleva liitin ei kuitenkaan voinut olla täysin sama, sillä aikaisempi piirilevy oli Würth Elektronikin suunnittelema ja valmistama, joten kyseisessä relekannassa oli käytetty heidän omaa puristusliitosteknologiaa (Würth Elektronik, 2016).

Piirilevyn kaavion piirtäminen alkoi sijoittamalla tarvittavat liittimet siihen. Liittimet olivat ensimmäinen vaihe, koska ilman niitä ei ole signaaleja, joita pitäisi käsitellä kaaviossa. Piirilevyn kaavio on esitelty liitteessä 2.

Ensimmäinen suunniteltava toiminto oli tukijalkavalvonta, jota varten jokaisen tukijalan päädyssä on induktiivinen anturi. Kun tukijalka oli maassa, tuli induktiivisen anturin toisesta kanavasta signaali, joka ilmoitti tämän ja samaan aikaan kyseisen induktiivisen anturin toisen kanavan signaali katkesi. Näitä tietoja yhdistelemällä ohjataan tukijalkavalvontaan liittyvät releet päälle. Kaikkien jalkojen maassa olemisen tunnistamiseen hyödynnetään neljän sisääntulon JA-porttia. Tämä on toteutettu Texas Instrumentsin CD4082BM-piirillä, jossa on kaksi neljän sisääntulon JA-porttia (Texas Instruments, 2016). Toista näistä hyödynnetään tukijalkavalvonnassa koneen vaakasuoruuden tarkastamiseen, mikä on vaatimuksena Yhdysvalloissa ja Australiassa myytävissä henkilönostimissa. Mikäli kyseiseen toimintoon käytettävää kallistusanturia ei ole asennettu koneeseen, voidaan se ohittaa hyppylangalla.

Seuraavaksi yksi tärkeistä turvatoimintojen suunnittelusta oli kuljetusasennon valvonta, jota hyödynnetään hyvin pitkälle myös siirtoajon estossa. Puomistossa on kolme induk-

tiivista anturia, joilla tunnistetaan, että ala-, ylä-, teleskooppi- ja jib-puomi ovat kaikki kuljetusasennossa. Antureilta tulevalla signaalilla ohjataan releitä, joilla tarkastellaan, että kaikkien antureiden tiedot tulevat oikein. Sen jälkeen tämä tieto viedään kahdelle turvareleelle, joilla mahdollistetaan tarvittavien toimintojen käyttäminen, esimerkiksi moottorin käynnissä pito sekä tukijalkojen valintaventtiilin ohjaus.

Korikuorman valvonnassa hyödynnetään samanlaista turvareleiden kytkentää kuin kuljetusasennon valvonnassa. Turvareleet tarkistavat kytkeytyessään, että molemmat releet ovat aluksi lepotilassa ja sen jälkeen molempien on vaihdettava samanaikaisesti tilaa, jotta ne myös pysyvät aktivoituneena. Apuna tässä on käytetty kondensaattoria, jotta releiden työjärjet ehtivät vaihtamaan tilaansa. Turvareleille tuleva signaali on jo kyseisen korikuorman mittausanturin valmistajan puolesta turvaluokiteltu, joten se edesauttaa toiminnon turvaluokituksen laskennassa.

Hätäseispiirissä on myös käytetty samankaltaista kahden turvareleen tarkistustapaa kuin kuljetusasennon valvonnassa. Näille releille tuleva signaali on reititetty hätäseispainikkeilta, joissa on kahdet kontaktit. Turvatoiminto käynnistyy, kun kumpi tahansa hätäseispainikkeen kontakteista aktivoituu.

Näiden turvatoimintojen lisäksi myös korikuorman valvonnan ja korin hätäseispainikkeen ohitus sekä tukijalkavalvonnan ohitus ovat toteutettu pakko-ohjattavalla kytkimellä. Työkorissa on painike tukijalkavalvonnan ohitukseen ja alaohjauspaneelissa on keskiasentoon palautuva kiertokytkin, jolla voidaan ohittaa jompikumpi turvatoiminto kerrallansa. Molemmat ohituskytkimet on lukittu mekaanisesti, niin että niiden käyttämiseen vaaditaan työkaluja, sillä tämä on yksi standardin vaatimuksista ohituskytkimien käytössä (SFS EN ISO 280:2015, 55).

Tuplapumpun ja ajovoimansiirron kytkennän muuttamista varten piirilevyllä on mikro-releitä, joilla ensin valitaan toiminto päälle ja sen jälkeen ohjataan painekytkimellä seuraavia linjassa olevia releitä. Näillä aktivoidaan solenoidiventtiilejä, jotka ohjaavat hydrauliöljyn kulkemaan haluttua reittiä. Mikäli nostimessa ei olisi ajovoimansiirron kytkennän muuttavaa lisävarustetta, niin piirilevyltä voidaan poistaa siihen liittyvät releet.

5.4 Piirilevyn reititys

Piirilevyn reititys oli seuraava vaihe, kun piirilevyn kaavio oli tehty valmiiksi. Reititys on esitelty liitteessä 3. Reititettäviä signaaleja oli yli tuhat kappaletta (kuva 7), joten tämä oli yksi työn pisimpiä vaiheita. Alla oleva kuva on otettu Eagle-ohjelmasta sen jälkeen, kun valmiin piirilevyn kaikki reititykset poistettiin.

The screenshot shows the Eagle PCB software interface with the 'BOARD' tab selected. The interface is divided into several sections:

- Summary:**
 - max. Board length (Layer 20): X = 360.00, Y = 220.00
 - Outline contour = 1095.89
 - used layers 4: 1 Top, 2 Route2, 3 Route3, 16 Bottom
 - 0 Wire(s) incl. Arc(s)
 - 121 Polygon(s)
 - 426 SMD(s) top
 - 0 SMD(s) bottom
 - 426 SMD(s) total
 - 509 PAD(s)
 - 479 Via
 - 48 Hole
 - 1036 Drills total
 - 426 tCream
 - 0 bCream
 - Routing Info: 207 Signal(s), 935 PAD/SMD total, 840 PAD/SMD on Signal
 - Packages used area: ~ 43459.26 mm² (4.346 dm²)
 - 1090 unroutet (airwire)
- Minor values:**
 - not used - Text width: 0.6000 - SMD X, 1.0000 - SMD Y, 1.0160 - Pad drill, 0.3000 - Pad Restricting Inner.
 - not used - Wire width: 0.6000 - Via drill
 - 0.4064 - Polygon wire width: 0.2032 - Via Restricting Inner.
 - not used - Arc width: 2.0000 - Hole drill
 - not used - Circle width: not used - Rectangle X, not used - Rectangle Y
 - 0.3000 - Pad Restricting
 - 0.2032 - Via Restricting ⚠ < 0.3000
 - 0.4064 - Clearance
 - 0.0000 - Isolate Polygon ⚠ < 0.3000

An 'Edit' button is located at the bottom of the Minor values section.

KUVA 7. Statistiikka piirilevystä Eagle-ohjelmassa

Aluksi kaikki piirilevyn komponentit piti sijoitella halutulle alueelle. Komponentit sijoitettiin mahdollisimman tiiviisti huomioiden kuitenkin releiden lämpenemisen sekä komponenttien irrottamisen mahdollisuuden. Rikkinäinen rele tai sulake tuli pystyä vaihtamaan uuteen irrottamatta koko piirilevyä koneesta. Komponenttien sijoittelun perusteella saatiin selville piirilevyn tarvitsema alue. Sen perusteella mekaniikkasuunnittelija pääsi tekemään kotelon sekä kiinnityslevyn piirilevylle.

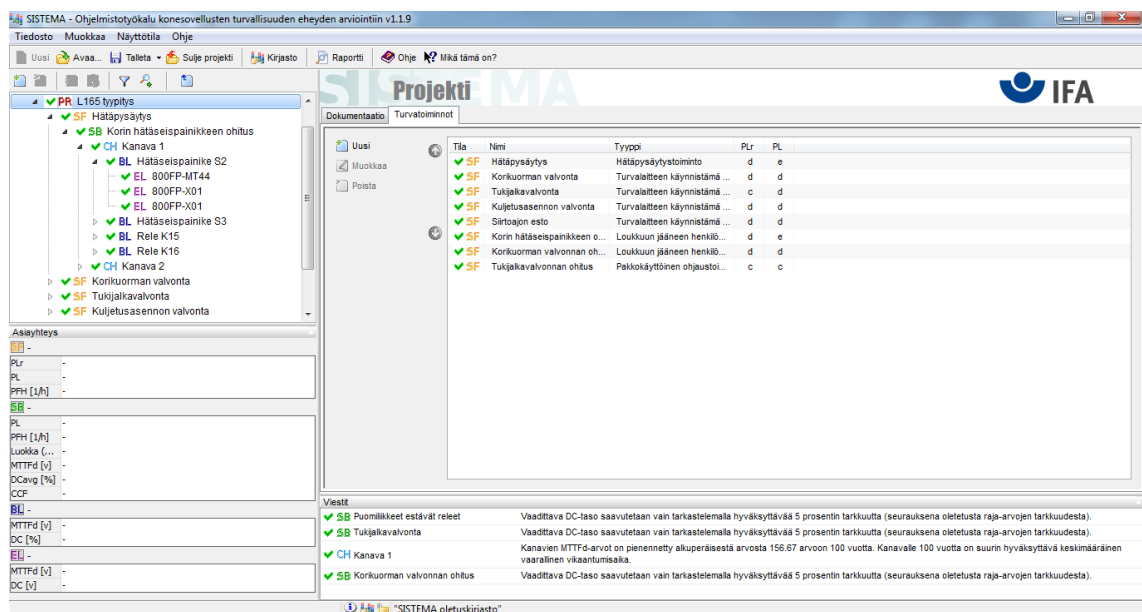
Releiden ja liittimien sijoittelussa tuli huomioida, että varsinkin isojen virtojen signaali-reitit olisivat mahdollisimmat lyhyitä. Näitä olivat pääasiassa korin käännön karamootorin ohjaus ja venttiilien ohjaukset. Piirilevyn liittimet ovat sijoiteltuna kuitenkin levyn reunoiille, sillä silloin johdotukset eivät tule muiden komponenttien tielle. Kaikkien releiden kelojen rinnalla oli led-valo ilmaisemassa, mikäli kyseinen rele on aktivoitune-

na. Tämä valo piti pystyä näkemään ilman suurempaa vaivaa, joten kaapeloinnin piti väistämään piirilevyä siltä osin.

Piirilevyn reititys tehtiin aluksi vain kahdessa kerroksessa, mutta työn edetessä alkoi tulla aina yhä hankalammaksi saada signaaleja reititettyä. Tämän takia piirilevyyn otettiin mukaan kaksi välikerrosta, jolloin piirilevyyn saatiin neljä eri kerrosta. Välikerroksista piirilevy ei pääse kuitenkaan jäähtymään yhtä hyvin kuin pinnalta, joten suurimmat virrat viemään pintakerroksissa.

5.5 Turvallisuustasojen laskenta

Piirilevyn suunnittelun ohella oli jatkuvasti tarkkailtava, että turvatoimintojen vaatimat turvallisuustasot tulisivat täytettyä. Tässä käytin apuna Sistema-ohjelmaa (kuva 8), jolla pystytään laskemaan turvatoiminnon saavuttama turvallisuustaso syöttämällä ohjelmaan kaikkien kyseiseen turvatoimintoon liittyvien komponenttien tiedot.



KUVA 8. Kuvakaappaus Sistema-ohjelmasta

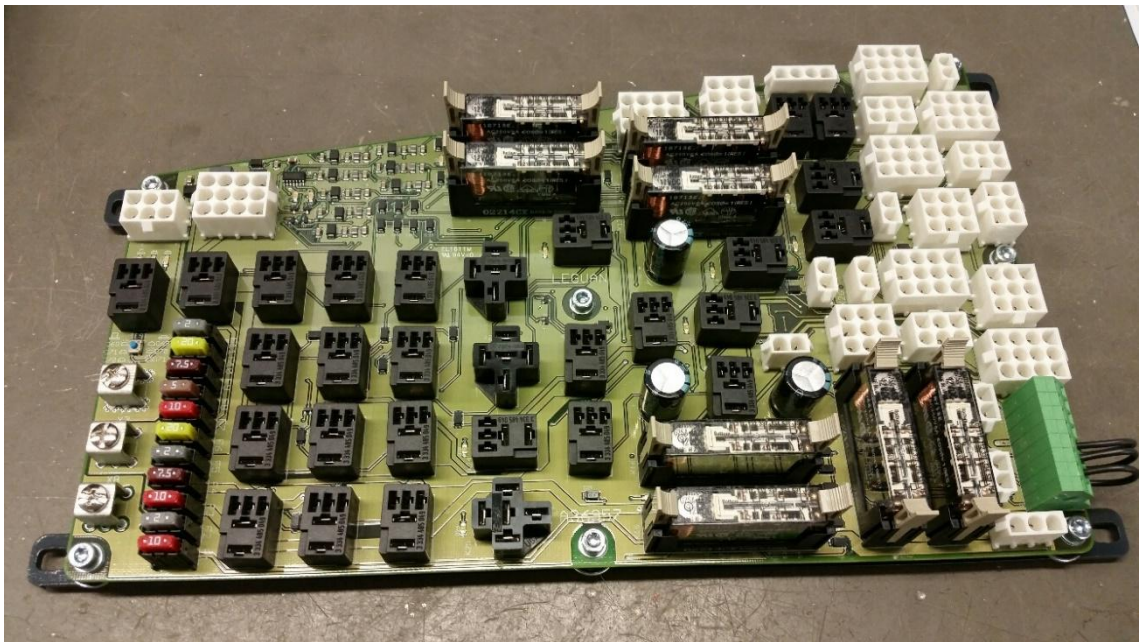
Koska piirilevyn saaminen valmistukseen oli kiireisellä aikataululla, kulki toimintojen turvallisuustasojen laskenta jatkuvasti hieman jäljessä piirilevyn suunnittelussa. Tarkastelin kuitenkin suunnittelun alussa isoimpia linjauksia, kuten tukijalkavalvonnan ja kuljetusasennon valvonnan rakennetta, jotta valikoiduilla ratkaisuilla saadaan täytettyä standardien vaatimukset.

Kuvassa 8 on esitetty turvallisuustasojen lopullinen laskenta. Kaikki turvatoiminnot täyttävät vaaditut suoritustasot, joten hyväksyttäminen vaatii tämän jälkeen pelkän testauksen kaikkien toimintojen osalta.

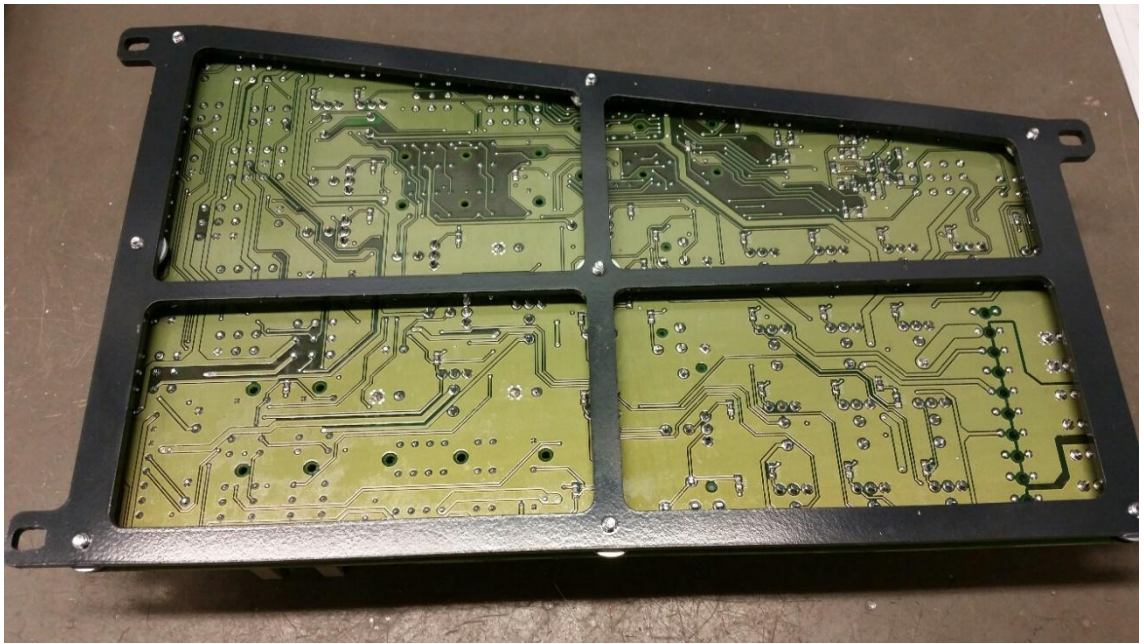
5.6 Valmiin piirilevyn tarkastelu ja testaus

Kun piirilevyn reititys saatiin valmiiksi, lähetettiin tiedostot piirilevyjä valmistavalle yritykselle Jopaco Electronicsille. Heiltä tuli vielä joitakin kommentteja piirilevyn valmistamiseen liittyen. Esimerkiksi maadoitusliittimen ja kondensaattoreiden maajalan ympäristöön oli hyvä laittaa useita läpivientejä, jotta juote nousee paremmin koko piirilevyn lävitse. Kun nämä muutokset oli tehty piirilevyyn, menivät ne valmistukseen ja valmiit piirilevyt saimme noin viikon toimitusajalla.

Kun piirilevyt saapuivat, tarkastelin piirilevyn silmämääräisesti pintapuolelta (kuva 9) ja pohjapuolelta (kuva 10). Mikroreleiden kannoissa oli huomattavissa, että niiden reiät olivat hieman väljät, sillä relekannat olivat päässeet liikkumaan juotosprosessin aikana jonkin verran. Maadoitusliittimen otin vielä myös tarkempaan tarkasteluun.

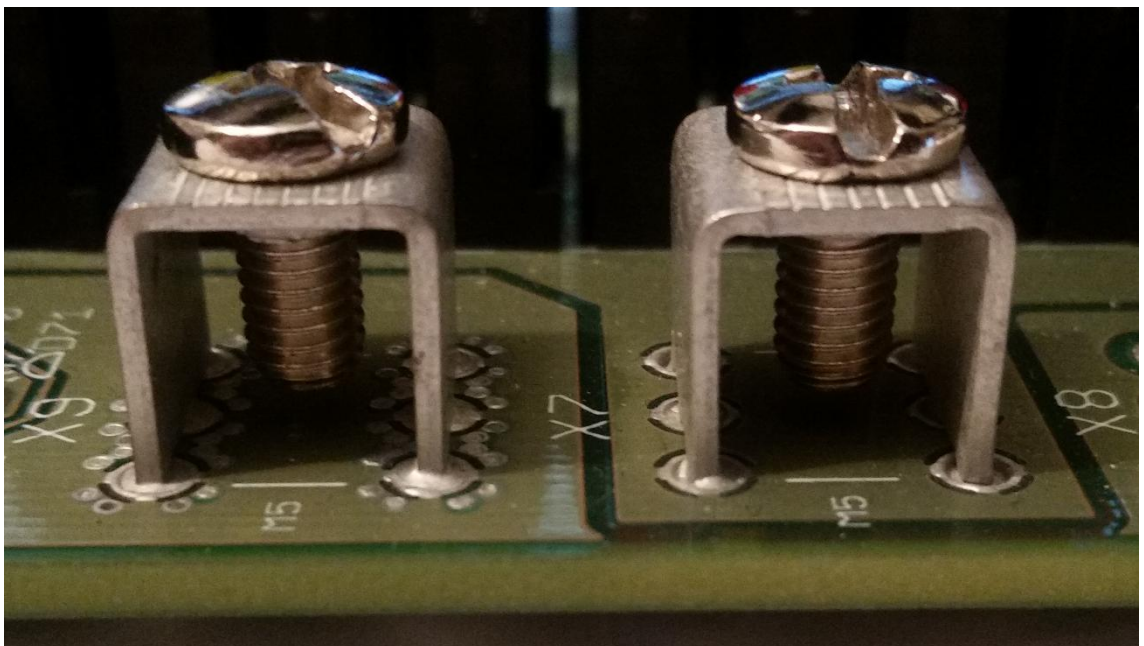


KUVA 9. Piirilevyn pintapuoli



KUVA 10. Piirilevyn pohjapuoli

Kun tarkastellaan kuvaa 11, nähdään, että juote on noussut hyvin vasemmanpuoleisessa liittimessä koko piirilevyn lävitse. Oikean puoleisesta liittimestä läpiviennit puuttuvat ja varsinkin liittimen oikean puoleisesta jalasta huomaa, kuinka juote ei ole noussut piirilevyn pinnalle asti. Liittimissä on kuitenkin erona se, että vasemmanpuoleinen liitin on yhteydessä kaikkiin piirilevyn kerroksiin ja oikeanpuoleinen liitin vain pintakerrokseen.



KUVA 11. Piirilevyn maadoitus- ja syöttöliitin

Lopulta piirilevy asennettiin Leguan 165 -nostimeen ja sen toimivuutta päästiin testaamaan. Piirilevy toimi pääasiassa hyvin. Pieniä muutoksia siihen kuitenkin on tarvetta tehdä. Muun muassa koneen tuntimittari aktivoitui heti, kun käynnistyskytkimestä asetti virrat päälle. Tämä johtui siitä, että polttomoottorin käyntitiedon signaali oli viety diodin läpi, joka oli samalla riittävä kytkemään tuntimittaria ohjaavan transistorin johtavaan tilaan. Kyseiseen kytkentään on kuitenkin mahdollista tehdä diodin tilalle transistoriohjaus, jolloin tämä ongelma ratkeaa.

Toinen esille tullut ongelma liittyi virransäästöpiiriin. Venttiilien ohjaukset kulkevat virransäästöreleiden kautta, niin että kyseiset releet aktivoituvat vasta, kun moottori käynnistetään. Kun ohjauspaikkaa vaihdettiin yläohjaukselta alaohjaukselle, saattoivat virransäästöreleet tippua pois päältä. Tämä ongelma pystytään ratkaisemaan käyttämällä releiden rinnalla kondensaattoria, jolloin ohjauspaikan vaihtamisesta johtuva lyhyt signaalin katkeaminen ei aiheuta releiden tippumista pois päältä.

Tärkeimpänä testauksessa olivat turvatoiminnot. Niitä käytiin läpi yksi turvatoiminto kerrallaan niin, että turvatoimintoon liittyviin antureihin aiheutettiin vikoja, esimerkiksi anturin kaapeli otettiin kokonaan irti. Tällöin turvatoiminnon tuli aktivoitua ja estää kyseissä tilanteessa vaaralliset liikkeet. Turvatoiminnot toimivat niin kuin ne oli suunniteltu eikä niistä löytynyt tarvetta muutoksille.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella uuteen Leguan 165 -henkilönostimeen piirilevy. Työhön liittyi myös huomattava osa muuta suunnittelua kuin pelkkä piirilevy. Nostimen sähköt piti kokonaisuudessaan suunnitella myös uusiksi, sillä vanhoja ratkaisuja ei suurelta osin pystytty käyttämään.

Suurimpana haasteena oli aikataulu, sillä piirilevy oli saatava valmiiksi ajoissa ennen kuin henkilönostin esiteltäisiin ensimmäistä kertaa Bauma-messuilla. Aikataulussa kuitenkin pysyttiin, mutta samalla suunnittelussa tuli pieniä virheitä. Nämä virheet kuitenkin ehditään korjaamaan tuotantoa varten, sillä isoja ongelmia ei tullut vastaan.

Piirilevylle tuli suuri määrä releitä ohjaamaan nostimen eri toimintoja. Joitakin näistä toiminnoista olisi varmasti pystynyt toteuttamaan myös transistoreilla. Mutta aikatauluongelmien vuoksi ei ollut kannattavaa käyttää useita eri komponentteja, sillä pelkkä symbolien tekeminen oli aikaa vievää. Releiden kelojen rinnalla olevien led-valojen virta oli asetettu hieman niiden nimellispisteen alapuolelle. Valo oli kuitenkin käytännössä liian kirkas, sillä piirilevylle printattua releen tunnusta ei pystynyt kunnolla lukemaan kirkkaan valon takia. Tuotantoversiota varten led-valojen etuvastuksia tulisikin kasvattaa, jotta led-valot saadaan kirkkaudeltaan sopivammaksi.

Nykyään suuri osa valmistajista käyttää releohjauksien sijasta ohjelmoitavia logiikoita. Ne mahdollistavat muun muassa modulaarisen rakenteen eri kokoisten nostimien välille. Leguan 165 on nostokorkeudeltaan sen kokoinen henkilönostin, että useat muut valmistajat käyttävät siinä kokoluokassa samoja ohjauslogiikoita kuin isommissa nostimissa. Olisi hyvä tutkia mahdollisuutta kehittää Leguan 135 -nostimesta tuttua ohjauslogiikkaa myös siihen suuntaan, että sitä voitaisiin hyödyntää suorahydrauliohjatuissa koneissa, kuten Leguan 165. Varsinkin turvallisuusvaatimukset ovat jatkuvasti nousussa, jolloin ohjelmalla tehtävä tarkastelu alkaa usein tulla osaksi turvatoimintoja.

LÄHTEET

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2015. SFS EN ISO 280:2015.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2008. SFS EN ISO 13849-1.

Leguan Lifts Oy. Leguan 125. Luettu 18.10.2015.
http://www.leguanlifts.com/index.php?page=leguan-125_fi

Leguan Lifts Oy. Leguan 160. Luettu 18.10.2015.
http://www.leguanlifts.com/index.php?page=leguan-160_fi

Taloussanomat. Leguan Lifts Oy. Luettu 15.3.2016.
<http://yritys.taloussanomat.fi/y/leguan-lifts-oy/ylojarvi/0793358-3/>

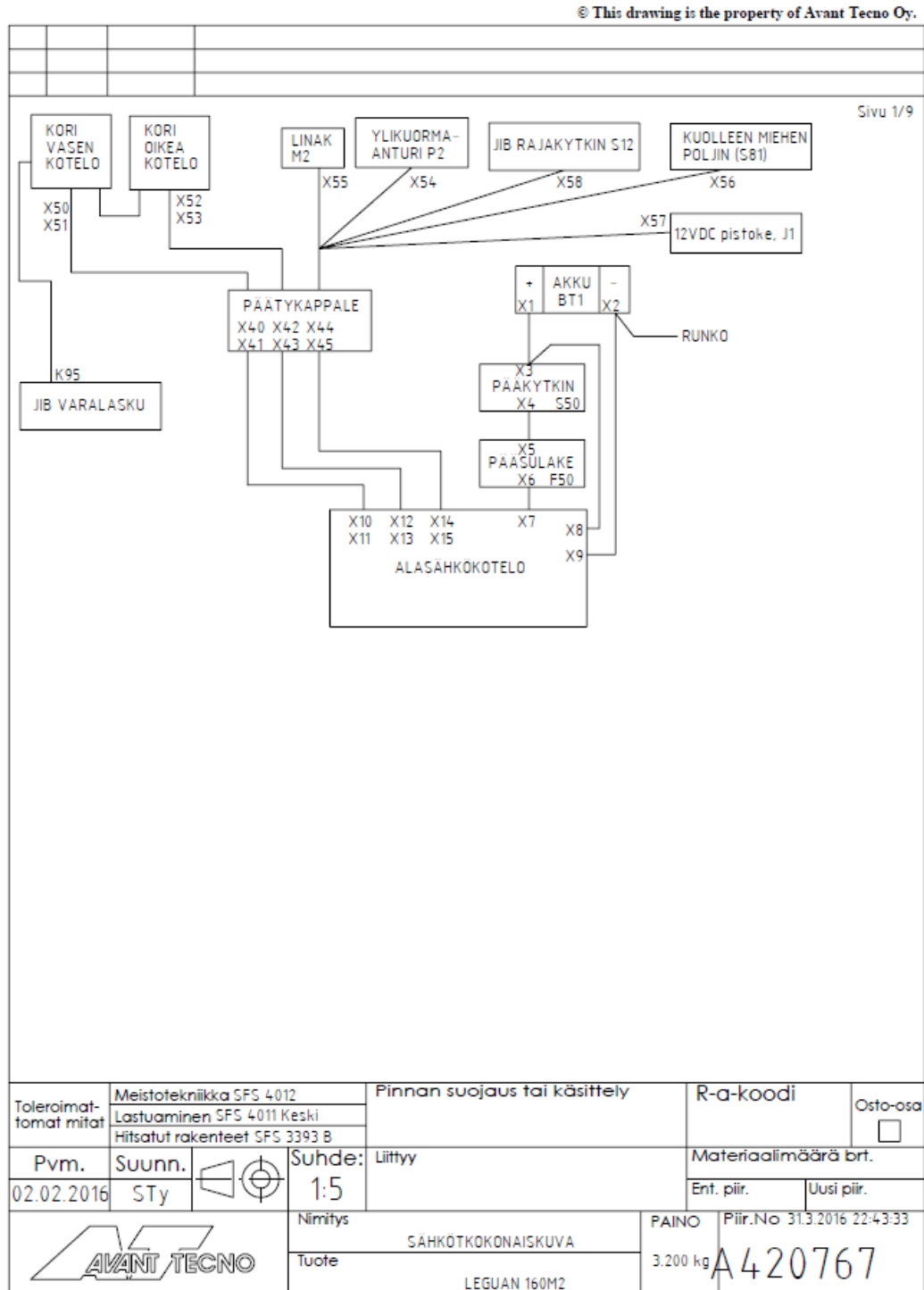
Würth Elektronik. Solid Press-Fit Technology. Luettu 25.5.2016.
https://www.werth.com/web/en/intelligente_systeme/technologien/massive_einpresstechnik/Massive_EPT.php

Texas Instruments. CD4082BM. Luettu 25.5.2016.
<http://www.ti.com/product/CD4082B/description>

LIITTEET

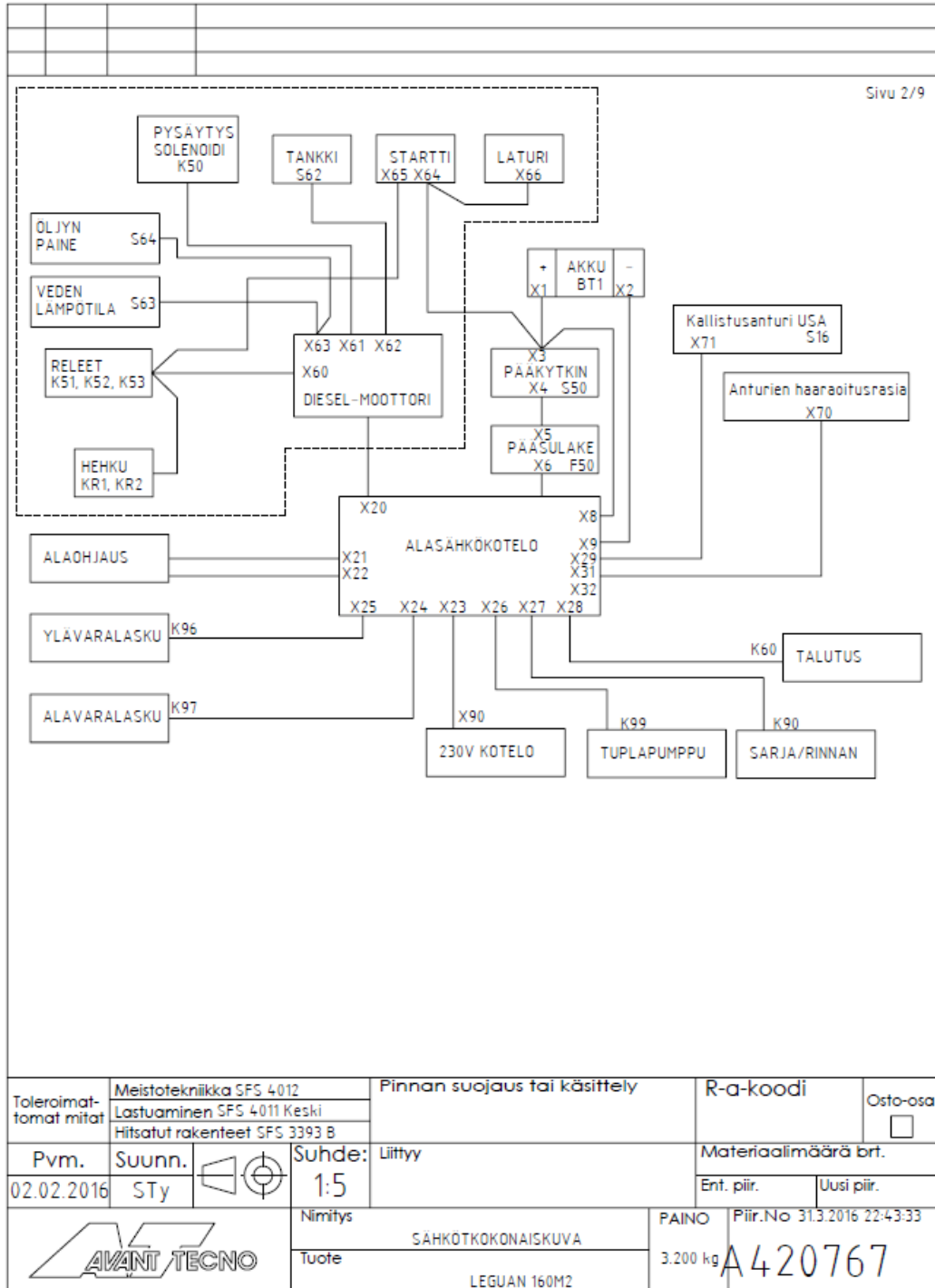
Liite 1. Leguan 165 sähkökaavio (Leguan Lifts Oy)

1 (9)



(jatkuu)

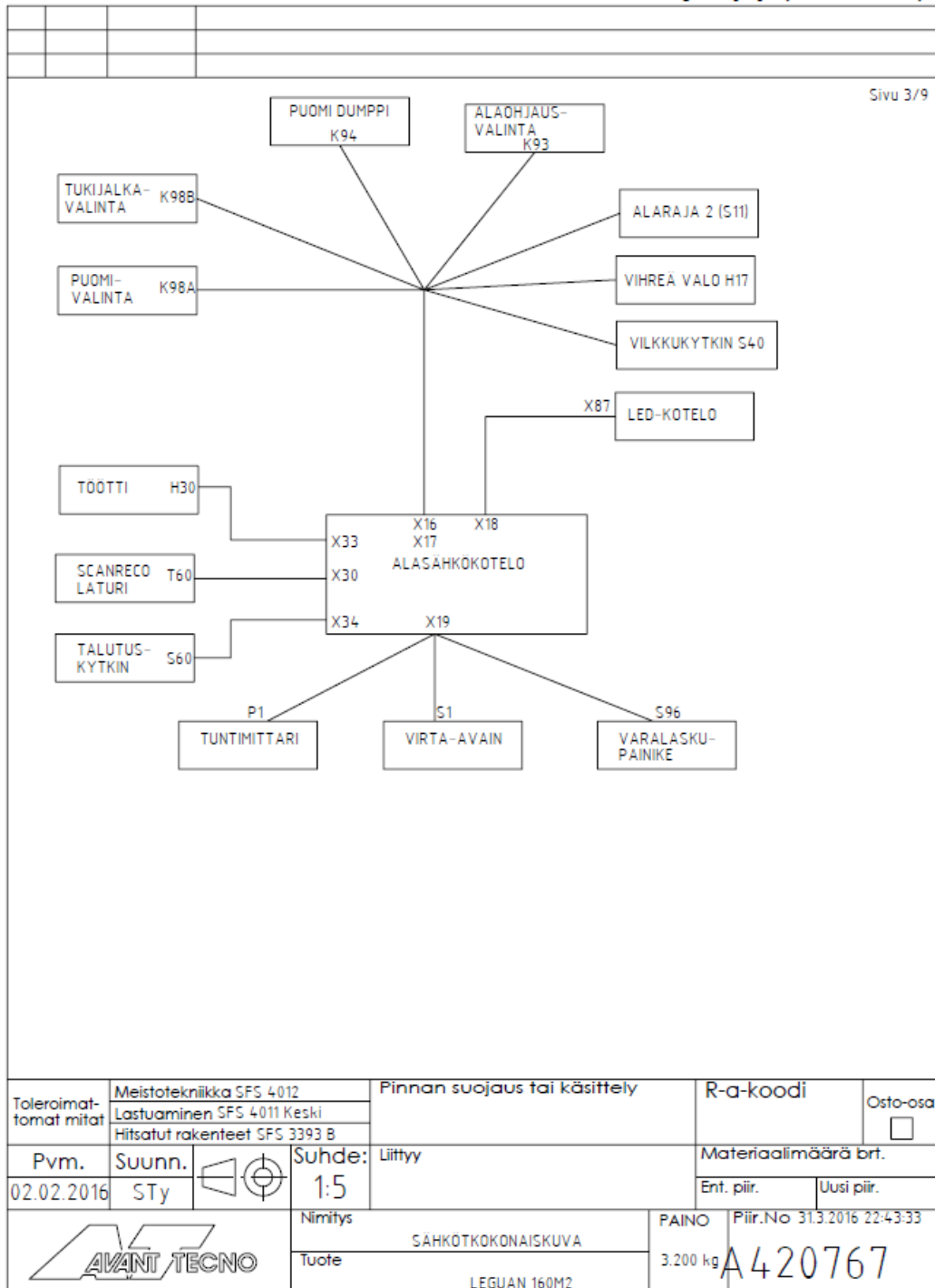
© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.



© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

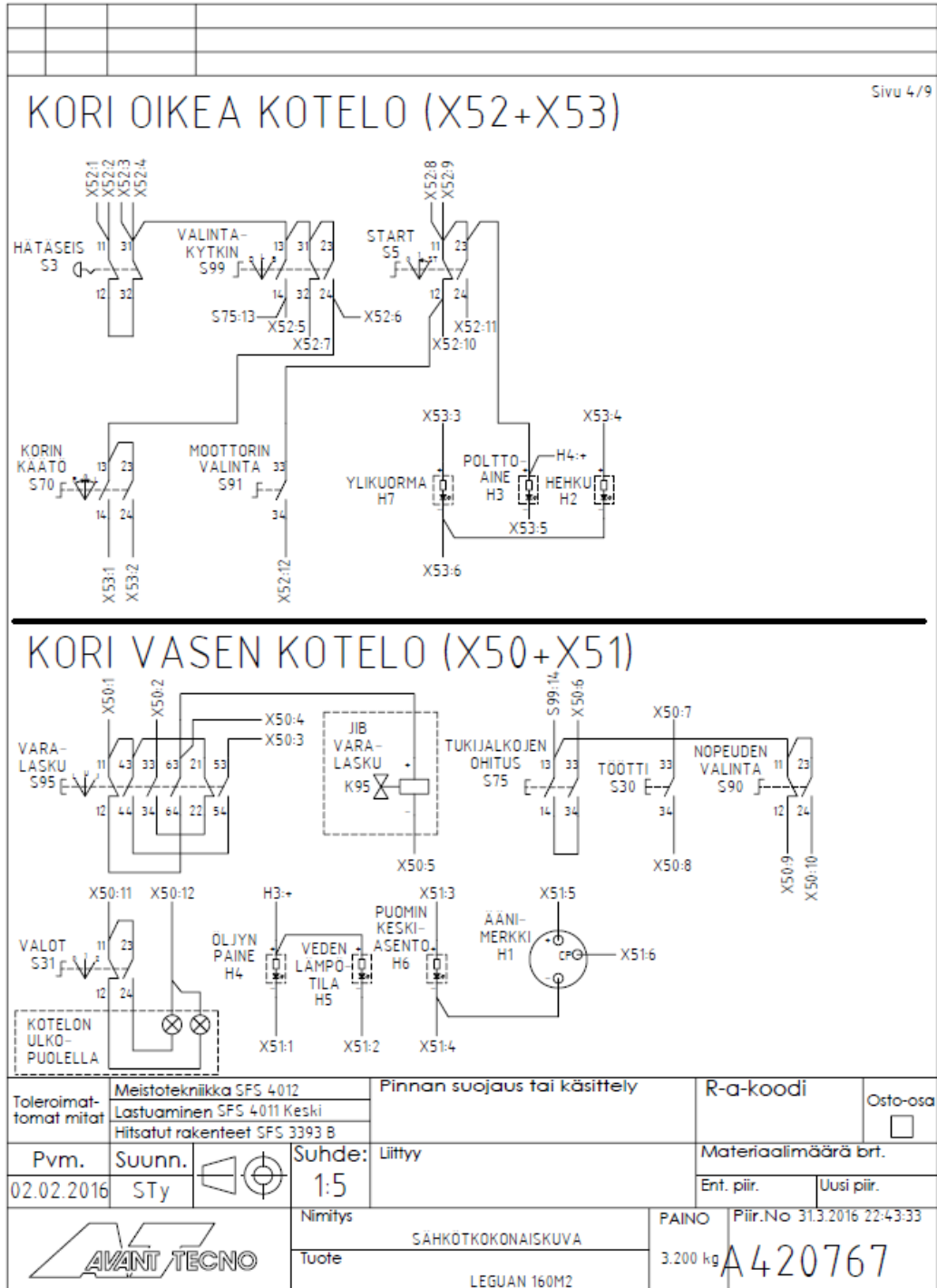
(jatkuu)

© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

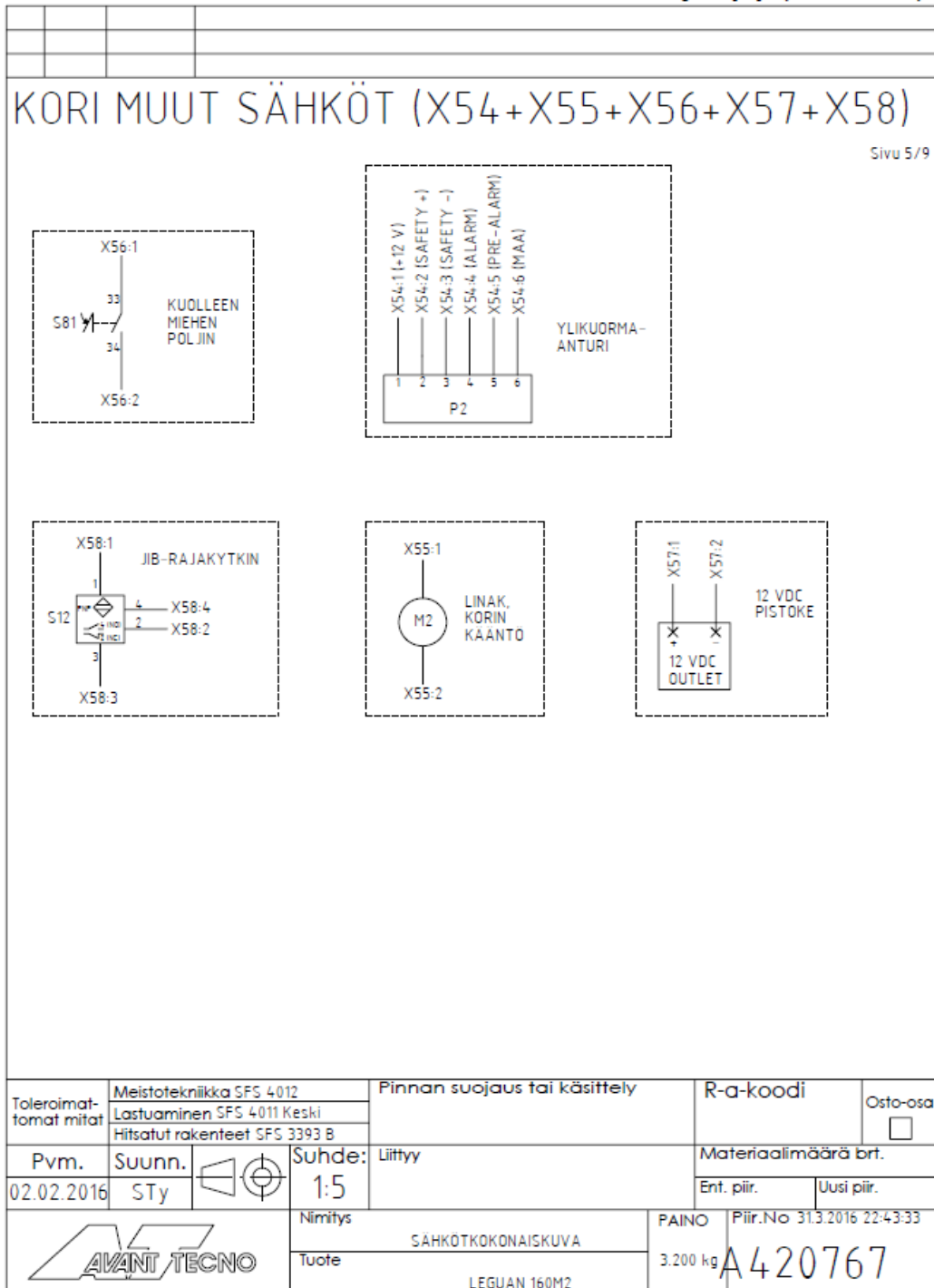


© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

(jatkuu)



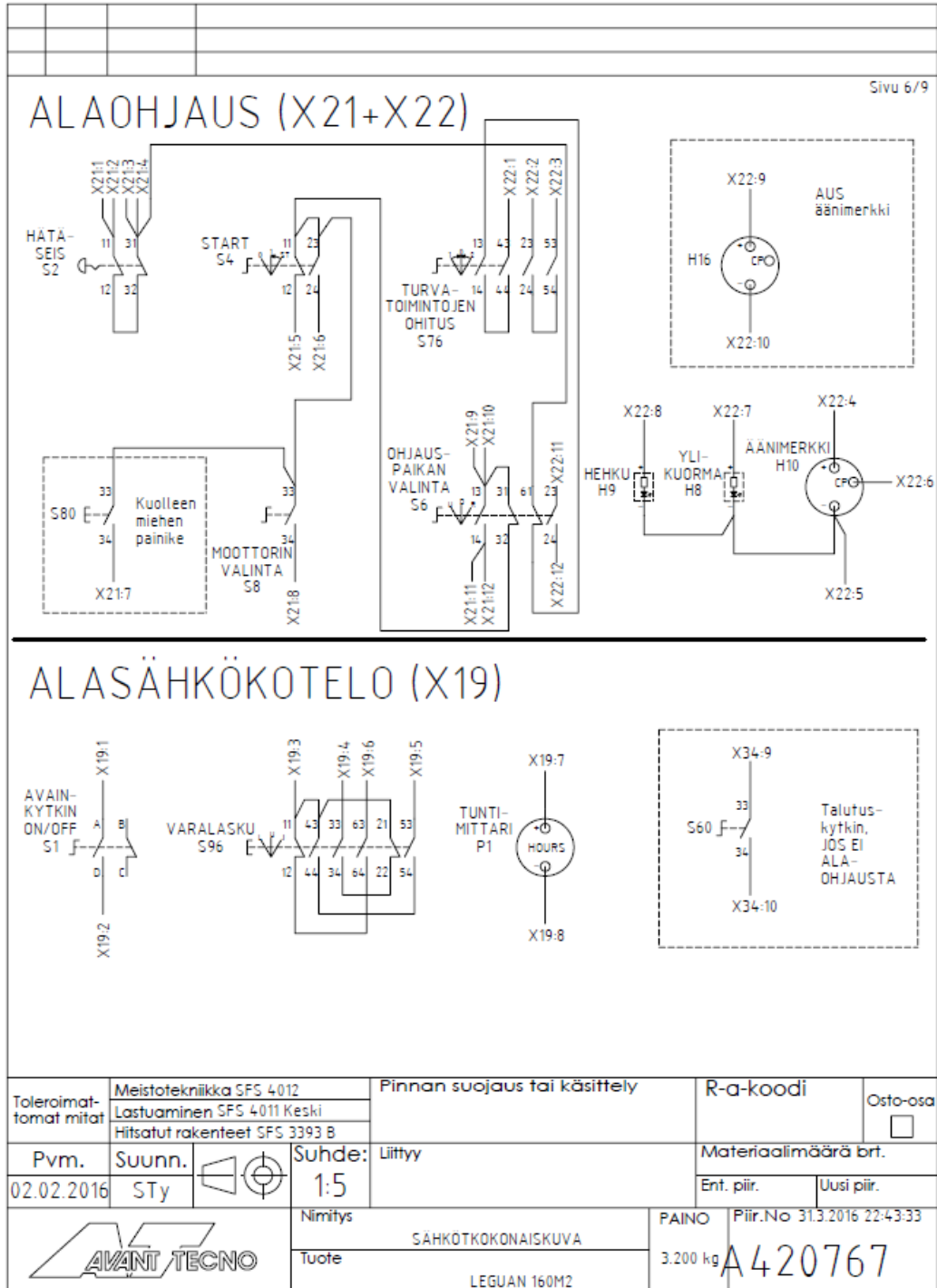
© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.



© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

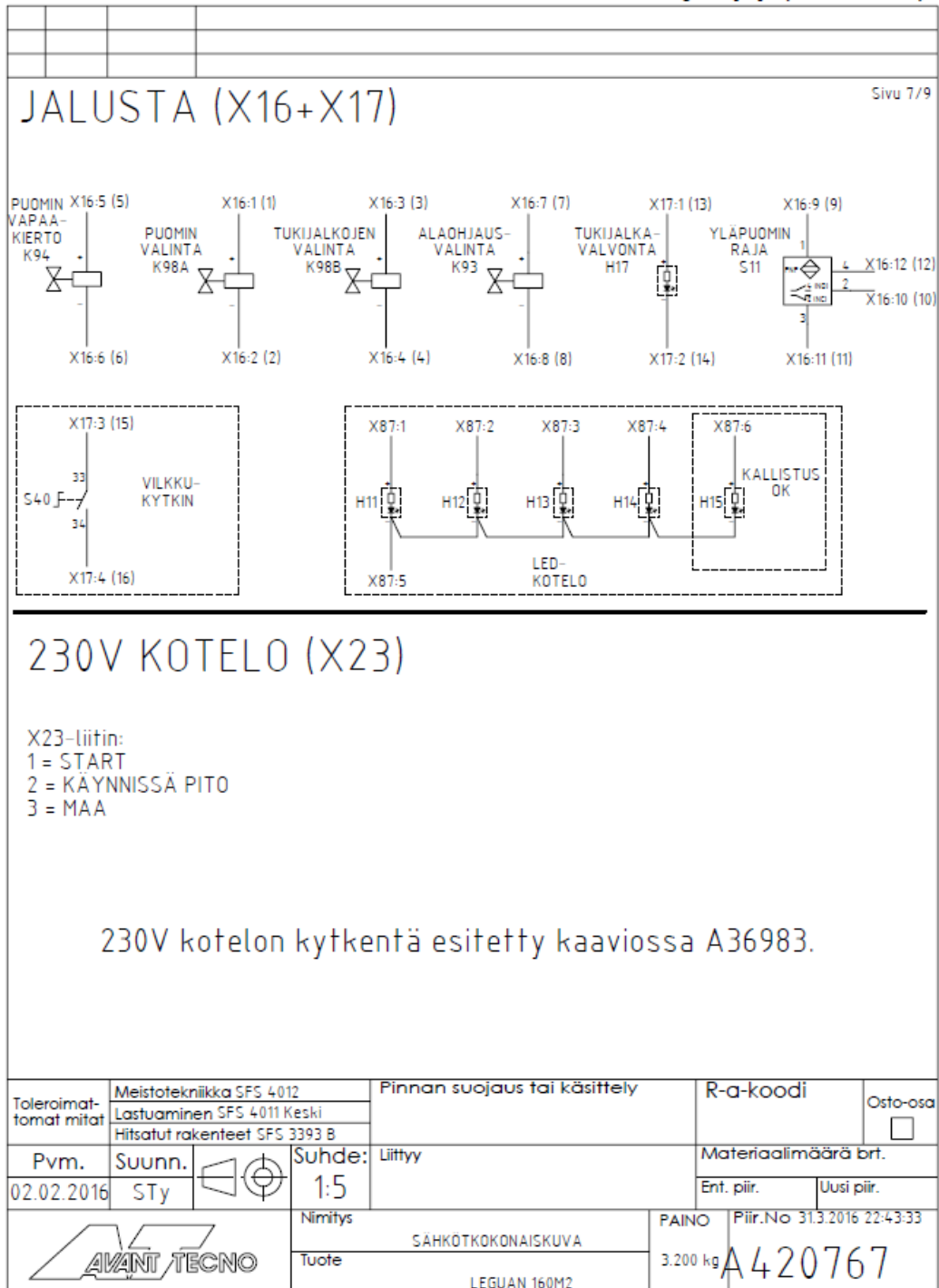
(jatkuu)

© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.



(jatkuu)

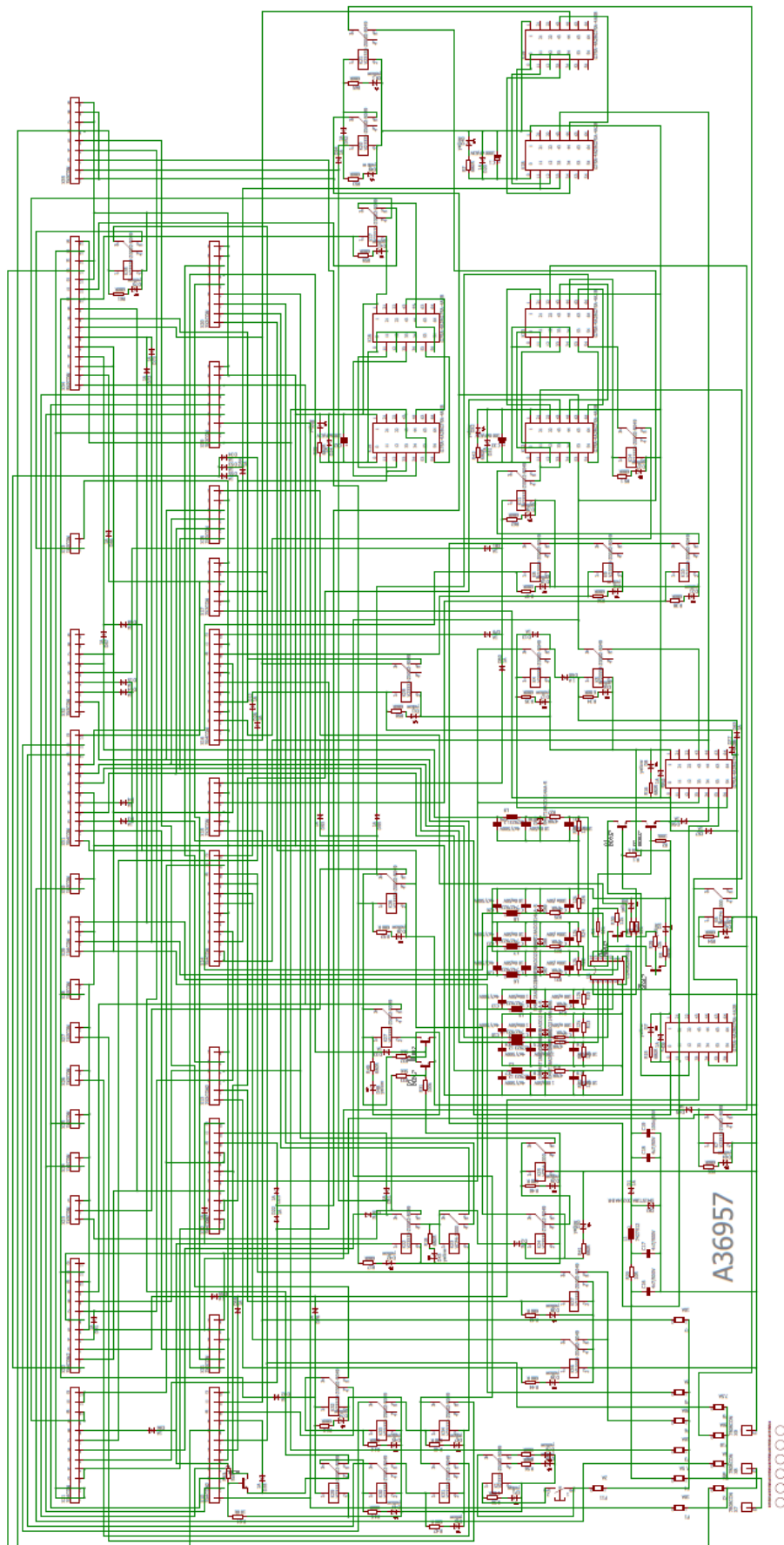
© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.



© This drawing is the property of Avant Tecno Oy.

(jatkuu)

Liite 2. Leguan 165 piirilevyn kaavio (Leguan Lifts Oy)



Liite 3. Leguan 165 piirilevyn reititys (Leguan Lifts Oy)

