



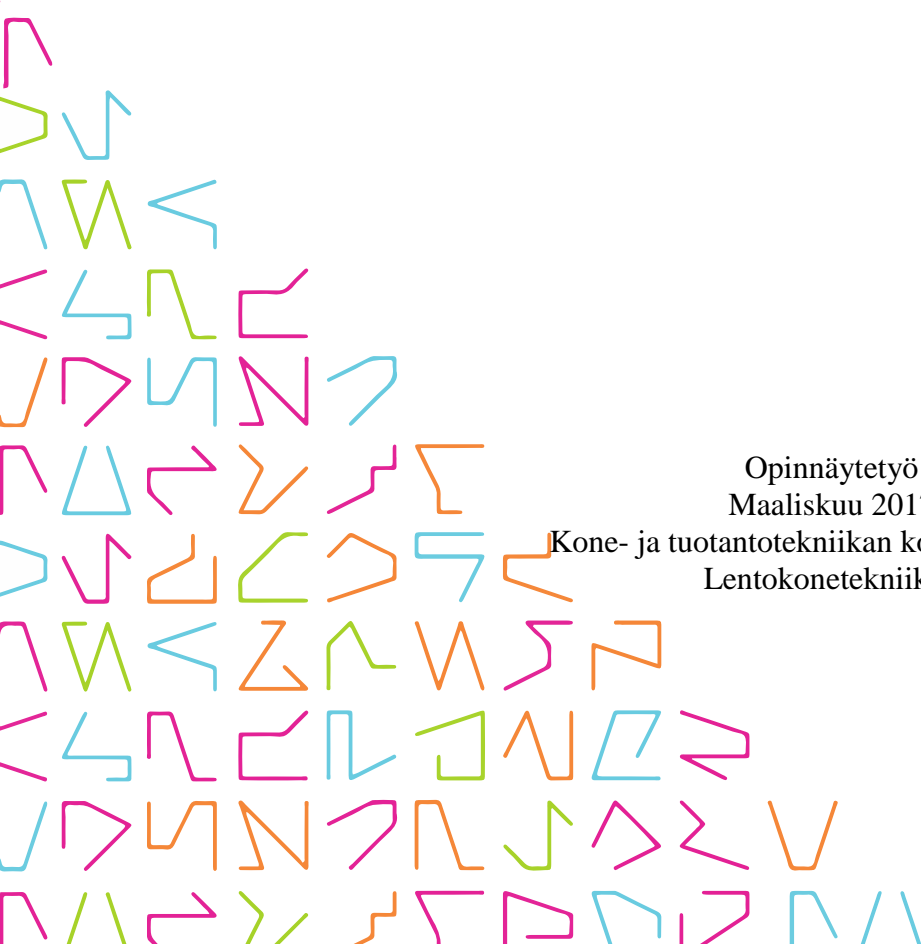
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

CESSNA 150 -LENTOKONEEN MITTARIPANEELIN MODIFIKAATION LOPPUUNSAATTAMINEN

Essi Ihalainen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2017

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lentokonetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Lentokonetekniikka

IHALAINEN, ESSI:

Cessna 150 -lentokoneen mittaripaneelin modifikaation loppuunsaattaminen

Opinnäytetyö 34 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Maaliskuu 2017

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saattaa loppuun Tampereen seudun ammattiopistossa Tredussa meneillään ollut Cessna 150 -lentokoneelle tehtävä ohjaamon mittaripaneelin modifikaatiomuutos. Muutokseen oli päätetty ryhtyä, jotta saadaan ammattikoulun opetuskäyttöön avioniikaltaan nykyaikainen lentokone. Tredun opiskelijat olivat rakentaneet kyseisen koneen avioniikkajärjestelmän kokonaisuudessaan puulevyille koneen ulkopuolelle ja testanneet sen toimivuuden. Lopullisena tavoitteena oli tuottaa Tredulle tämän koneen avioniikasta ohjekirja. Aineistoa oli tarkoitus kerätä aiemmista opinnäytetöistä, laitteiden ohjekirjoista ja projektissa mukana olevien henkilöiden kanssa keskustelemalla.

Työn käytännön tavoitteita jäi toteutumatta tämän raportin palautukseen mennessä. Asennussuunnitelmia on olemassa, mutta niiden toteuttaminen jäi useista syistä myöhemmälle. Tavoitteena ollut avioniikan ohjekirja ei myöskään valmistunut tämän raportin yhteyteen. Raporttiin on liitetty osia tulevasta ohjekirjasta.

Opinnäytetyöprosessin edetessä huomasin aikataulutaneeni työni huonosti. Myös monet itsestä riippumattomat seikat viivästyttivät ja muuttivat aikataulua. Työ itsessään oli alaani hyvin liittyvä ja mielenkiintoinen. Oli myös hyvä päästä hyödyntämään ammattikoulussa hankittuja taitoja käytännössä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Aircraft Engineering

IHALAINEN ESSI:

Completion of the Instrument Panel of a Cessna 150

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 6 pages

March 2017

The purpose of this Bachelor's thesis was to complete a glass cockpit modification for the instrument panel. The airplane in question was a Cessna 150 type plane owned by Tampere Vocational College (TREDU). The decision to modernize this plane was made in order to get a plane with modern avionics as a teaching material.

The students of TREDU had previously built and tested the functionality of the full avionics system on a board outside of the plane. Background material for this thesis was collected from previous theses, equipment manuals and conversations from the people involved in this project.

By the time this report was due to be returned the installations were not complete. However, the plans how and where the instruments should be installed exist. During this thesis process it became clear that the schedule was problematic and prevented reaching the goals set here fully. Also some involuntary things affected and changed scheduling. The subject of the thesis itself was interesting and related very well to the author's field of study.

Key words: Cessna 150, glass cockpit, modification

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TAMPEREEN SEUDUN AMMATTIOPISTO TREDU	7
3	LASIOHJAAMO.....	9
3.1	Höyrymittareista lasiohjaamoon	9
3.2	Koneeseen asennettavat uudet laitteet	11
4	LAITTEISTON ASENTAMINEN	16
4.1	Yleisesti huomioon otettavaa avioniikkalaitteiden asennuksessa.....	16
4.2	Asennuksen suunnittelussa esiin tulleita asioita	17
5	UUSIEN LAITTEIDEN ERITYISET ASENNUSVAATIMUKSET	19
6	POHDINTA.....	26
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET	29
	Liite 1. Koneen sähköjärjestelmästä tehdyt sähkökuvat.....	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön taustalla on projekti Tampereen seudun ammattiopiston Tredun Cessna 150-koneyksilön avioniikan modernisoimiseksi ja perinteisen mittariston päivittämiseksi nykyaikaiseksi lasiohjaamoksi. Projekti on ollut käynnissä jo pitkään, ja monien tekijöiden ja työvaiheiden jälkeen olisi aika koota projektin aikana kertynyt tieto samaan paikkaan. Opinnäytetyöpaikka löytyi keskusteltuani entisten Tredun opettajieni kanssa.

Tarkoitus on saattaa mittaristopaneelin modifikaatio loppuun ja saada avioniikaltaan toimiva lentokone. Opinnäytetyön aihe rajautui selkeästi Cessnan vielä tekemättä olevien osien mukaan. Näistä osa-alueista tehtiin heti opinnäytetyöprosessin alussa listaus, jonka pohjalta oli selkeää lähteä toteuttamaan käytännön työtä.

Opinnäytetyösuunnitelmaan kirjattiin seuraavat tarkemmat tavoitteet:

- Suunta-, asentokulma- ja kallistusakseleiden servojen asennustelineet ja servojen asennus.
- GPS:n, radiopuhelimen, navigointiradion, merkkimajakoiden ja liukupolun antennien asennussuunnittelu.
- Magneetikompassin asennus.
- Elektronisen suojakatkaisinyksikön ja moottorinvalvontayksikön asennussuunnittelu ja asennus.
- Asento-suuntatietoyksikön asennussuunnittelu ja asennus.
- Pitot-staattisen järjestelmän ja varamittarien asennus.
- Moottoriantureiden asennus.
- Johdotuksen asennussuunnittelu ja asennus koneeseen.
- Sähköinen konfigurointi ja autopilotin servojen mekaaniset säädöt.
- Koneen avioniikkadokumentaation laatiminen omaksi ohjekirjaksi, joka voi olla sähköinen. Ohjekirjan täytyy sisältää konfigurointi ja testausohjeistus sekä laitesijoittelukuvat.
- Erillisiä ohjeita harjoitteista opiskelijoille Garmin 3GX touch – järjestelmälle.

Tredun opiskelijat ovat tehneet jo tämän modifikaation parissa omia opinnäytetöitään, ja niiden tuotoksena Tredun hallilta löytyi valmiiksi levyille rakennettuna tähän koneeseen tarkoitettu avioniikkajärjestelmä. Järjestelmä oli opinnäytetyötä aloitettaessa toisiotutkavastaja lukuun ottamatta täysin toimiva.

2 TAMPEREEN SEUDUN AMMATTIOPISTO TREDU

Tampereen seudun ammattiopisto Tredu on vuonna 2013 perustettu koulutusyhtymä. Tälöin yhdistyivät Tampereen ammattiopisto ja Pirkanmaan koulutus konserni. Tredulla on toimintaa 20 toimipisteessä Tampereen lisäksi kahdeksalla paikkakunnalla ympäri Pirkanmaan. Tredu tarjoaa koulutusta nuorille, aikuisille, oppisopimuksella sekä työ- ja yrittäjäelämälle Pirkanmaan lisäksi myös muualla Suomessa. (Tredu.)

Tredussa opiskelee kaiken kaikkiaan noin 18 000 opiskelijaa, joista ammatillisessa peruskoulutuksessa on noin 8100 henkilöä. Henkilöstöä on 1000 henkilöä. Erilaisia perustutkintoja Tredu tarjoaa 34, ammattitutkintoja 30 ja erikoisammattitutkintoja 14. (Tredu; Tredun yleisesite.)

Tredun Cessna F105H

Cessnan tie ilmailun historiassa alkoi kesäkuussa 1911 kun kansasilainen maanviljelijä Clyde Cessna rakensi ensimmäisen lentokoneensa puusta ja kankaasta. Vuonna 1924 Cessna sai kumppaneikseen Lloyd C. Stearmanin ja Walter H. Beechin, ja he perustivat Travel Air Manufacturing -yhtiön. Tammikuussa 1927 Cessna kuitenkin lähti yhtiöstä perustaakseen oman yrityksen, Cessna Aircraft Companyn. Hänen ensimmäinen yksitasokoneensa Phantom lensi ensilentonsa 13. elokuuta 1927. Tämän jälkeen yhtiö onkin luonut useita menestyksekkäitä neli- ja kuusipaikkaisia lentokonemalleja. (Cessna History.)

Wall Streetin romahdus syksyllä 1929 romahdutti Cessnan ja muiden lentokonevalmistajien myynnin. Konkurssin uhatessa hinnanalennuksista huolimatta, yhtiön hallitus päätti syrjäyttää Cessnan ja sulkea tehtaan 1931. Tammikuussa 1934 Cessnan sukulaispojat Dwane ja Dwight Wallace elvyttivät hylätyn yhtiön. Cessna Aircraft Company sai uuden elämän ja tie maailmanlaajuiseen menestykseen oli auki. (Cessna History.)

Cessna esitteli 150-mallin lokakuussa 1958. Siinä on kaksi vierekkäistä paikkaa ja se on kokonaan metallista rakennettu yksitasoinen ylätasolentokone. Alkuun mallia tarjottiin kolmessa eri versiossa. Riisutuoin malli oli Standard. Trainer-malli oli varustettu muun muassa kaksilla ohjaimilla, ulkoilmalämpömittarilla ja kaarto- ja kallistusmittarilla. Commuter-malli sisälsi kaiken edellä mainitun lisäksi alipainejärjestelmä sekä lentoasento- ja

suuntamittari. (150/152 Model History 2006, 2.) Vuonna 1968 valmistettu Tredun Cessna on 150-mallia. Tarkempi malli on F150H, jossa F-kirjain viittaa lisenssivalmistukseen Ranskassa ja H-kirjain valmistusvuoteen (150/152 Model History 2006, 4). 150-mallin valmistus lopetettiin vuonna 1977. Seuravana vuonna alkoivat seuraajamallin Cessna 152 toimitukset. (150/152 Model History 2006, 7.)

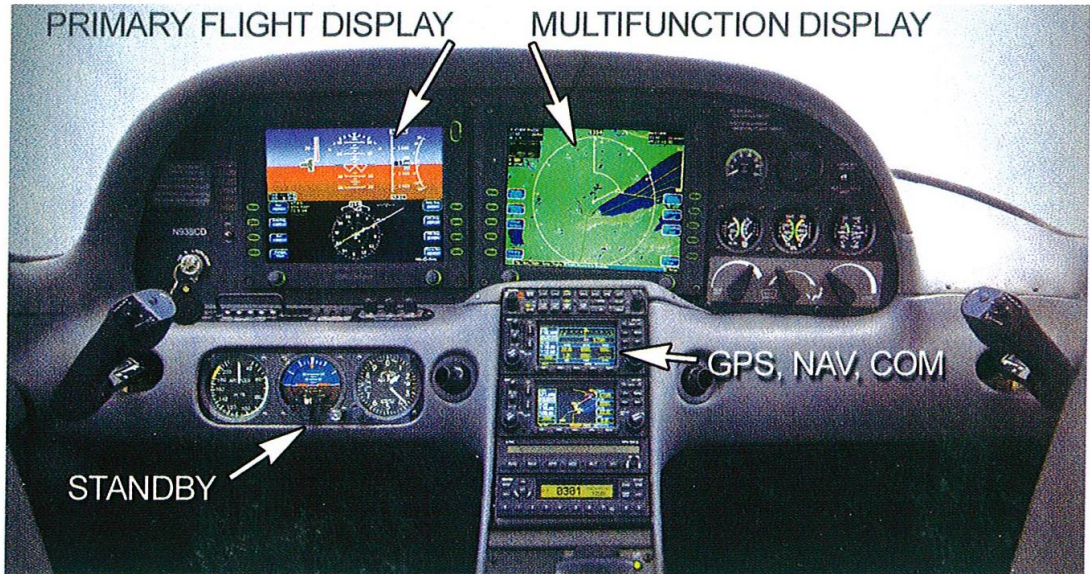
3 LASIOHJAAMO

3.1 Höyrymittareista lasiohjaamoon

Encyclopedia Britannica määrittelee avioniikan seuraavasti: Avioniikka (avionics, johdettu ilmauksesta aviation electronics) tähtää ilmailussa ja avaruusilmailussa käytettävien elektronisten laitteiden kehitykseen ja tuottamiseen. Termillä viitataan myös ilma-aluksissa käytettyihin elektroniikkalaitteisiin ja mittareihin. Sana avionics (suomeksi avioniikka) on esiintynyt ensimmäisen kerran 1940-luvulla toisen maailmansodan aikana. Avioniikka säilyi armeijan piirissä seuraavat 30 vuotta, sillä siviili-ilmailulle avioniikkaan liittyvä uusi laitteisto oli vielä liian kallista. Laitteet oli rakennettu vastaamaan armeijan tarpeisiin, lisäksi jokainen hävittäjä- ja pommikonetyyppi oli varustettu tyyppi-kohtaisella avioniikalla, joka ei soveltunut mihinkään muuhun tyyppiin. (Buckwalter 2005, 1.)

Elektroniikan kehityksen saralla oli kuitenkin tapahtumassa merkittäviä harppauksia: uusia komponentteja kehitettiin sekä näyttö- ja muistitekniikoissa otettiin kehitysaskeleita. Uusien tekniikoiden tuomia etuja vanhaan nähden ovat muun muassa pieni koko, keveys, pieni virrankulutus, liikkuvien osien väheneminen ja pitkäikäisyys. Mikroprosessorit käynnistivät 1900-luvun suurimman vallankumouksen elektroniikan saralla, syntyi digitaalitekniikka. Aiempien yksinkertaisten toimintojen lisäksi ilmailuradiot pystyivät nyt esimerkiksi suorittamaan logiikkatoimintoja, säilömään ja lähettämään suuria määriä tietoa, varoittamaan ongelmista ja korjaamaan omia virheitään. (Buckwalter 2005, 1.)

Uusia avioniikkaan perustuvia laitteita otettiin käyttöön paitsi armeijassa, myös telekommunikaatioyhtiöissä ja kulutuselektroniikkateollisuudessa. Puolijohteet mahdollistivat satoja uusia laitteita tietokoneista matkapuhelimiin ja korkearesoluutioisiin televisioihin. Myös aina vain pienempiä, kevyempiä ja vähemmän virtaa kuluttavia laitteita etsivä siviili-ilmailuteollisuus hyötyi uusista innovaatioista. Vanhoja letkuja ja putkia saatiin korvattua kevyemmällä johdotuksella ja pienikokoisilla mikropiireillä, jotka koostaan ja keveydestään huolimatta kykenivät monipuolisempiin toimintoihin kuin edeltäjänsä. 1980-lukuun mennessä termi avioniikka oli vakiinnuttanut asemansa siviili-ilmailussa ja samoihin aikoihin termi esiintyi ensimmäisen kerran Yhdysvaltojen valvovan ilmailuviranomaisen julkaisemissa dokumenteissa. (Buckwalter 2005, 3.)

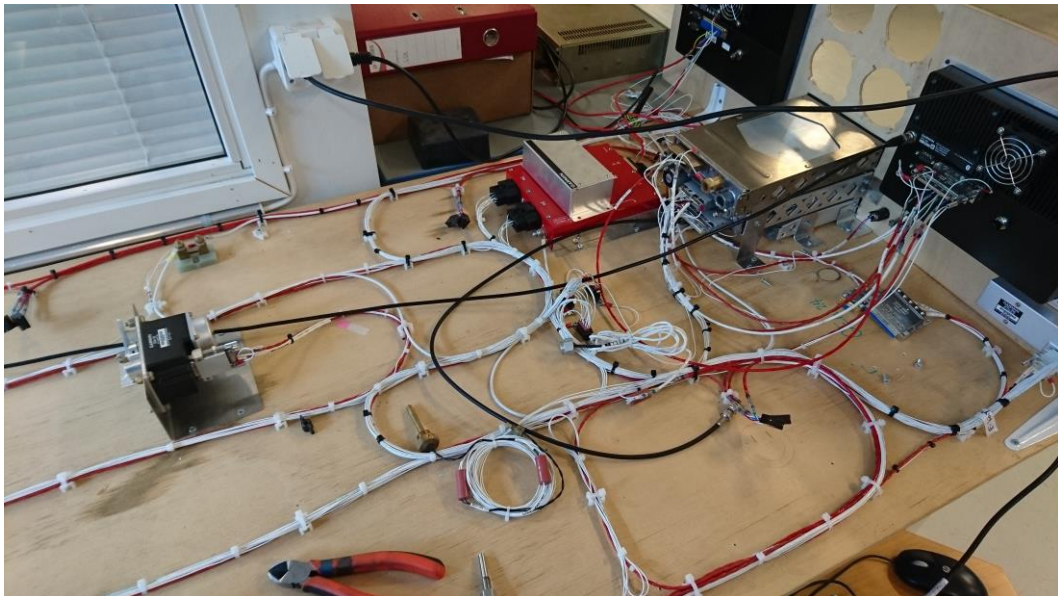


KUVA 2: Esimerkki varhaisesta lasiohjaamosta (Buckwalter 2005, 4)

Nykyään lentokoneista on vaikea löytää osa-alueita, jotka ei vähääkään liittyisi avioniikkaan. Monia hydraulisia ja mekaanisia järjestelmiä on korvattu sähköisellä järjestelmällä, jossa käyttölaitteelta lähetetään ohjaustieto aiemman hydraulisen tai mekaanisen yhteyden sijasta sähköisesti johdinta pitkin toimilaitteelle. (Buckwalter 2005, 4.) Lentokoneet jaetaan usein kolmeen pääosa-alueeseen: runko, työntövoima ja avioniikka. Monilta osin lentokoneiden osat, esimerkiksi runko ja moottorit, on jo vuosikymmenten saatossa kehitetty mahdollisimman toimiviksi kokonaisuuksiksi ja ilman uusia innovaatioita niiden kehitys on hidasta. Toisaalta taas avioniikassa tehdään uusia innovaatioita noin kymmenen vuoden välein ja ilmailun mittapuulla nuorena osa-alueena avioniikalla on vielä mahdollisuuksia kehittyä. (Buckwalter 2005, 5.)

3.2 Koneeseen asennettavat uudet laitteet

Uuden avioniikkajärjestelmän toiminnan varmistamiseksi järjestelmä oli ensin rakennettu levyille (kuva 3), jossa sitä oli helppo testata. Johdotuksesta löytyikin virheitä opinnäytetyöprosessin aikana. Kuvassa 4 on esitetty uuden mittaripaneelin ulkoasu.



KUVA 3: Järjestelmä pöydällä. Kuvan ulkopuolelle on jäänyt kaksi autopilotin servoa, magneetikompassi ja asento-suuntatietoyksikkö



KUVA 4: Uuden mittaripaneelin suunniteltu asettelu

Garmin 460 touch (näyttöyksikkö)

Järjestelmä sisältää 1-3 näyttöyksikköä, joilla voidaan suorittaa seuraavia suunnistustoimintoja:

- sijainnin ja maanopeuden näyttäminen
- tallennettujen suunnistus- ja kartta-arkistojen näyttäminen
- aluesuunnistuksen toimintoja käyttäen määriteltyä sijainti- tai nopeutta ja tallennettua suunnistustietoa
- lähestymistiedon toimintojen ja niihin liittyvien tietokantojen näyttäminen

- lentosuunnitelman ja suunnistustiedon näyttäminen ulkoisesta GPS-lähteestä
- suunnistustiedon näyttäminen ulkoisesta navigointiradiosta. (G3X touch Installation Manual 2016, 8-2.)

Garmin GEA 24 (moottorinvalvontayksikkö)

GEA 24 –liitäntäyksikkö kerää tietoja lentokoneen moottorin ja rungon antureilta. Yksikkö on tarkoitettu amatöörirakentajien eksperimental- ja kevyen urheiluluokan lentokoneisiin. (G3X touch Installation Manual 2016, 9-1.)

Garmin GMC 305 (autopilotin käyttöpaneeli)

GMC 305 voidaan asentaa osaksi G3X-järjestelmää, jolloin se tarjoaa käyttöliittymän autopilotin toimintoihin. Yksikkö on mahdollista upottaa mittaripaneeliin. (G3X touch Installation Manual 2016, 11-1.)

Garmin GMU 22 (magneetikompassi)

GMU 22 -yksikkö on ulkoinen yksikkö, joka on yhteydessä ADAHRS-yksikköön tuottaakseen mittareiden tarvitseman suunta- ja asentotiedon. Nämä yksiköt korvaavat perinteisen pyörivään massaan perustuvat yksiköt. ADARHS-yksikkö tuottaa GMU 22 -yksikön tarvitseman käyttöjännitteen. (G3X touch Installation Manual 2016, 13-1.)

Garmin GSA 28 (autopilotin servot)

Nämä servot on tarkoitettu ei-sertifioituille sekä kotitekoisille että kevyen urheiluluokan lentokoneille. Ne on tarkoitettu käytettäväksi osana G3X-järjestelmää. Servot ohjaavat lentokoneen kallistuksen ja pituuskallistuksen suuntaisia ohjaustoimintoja. Servo voidaan myös asentaa ohjaamaan ohjainpintojen pienempiä säätöjä. Garminin servoissa on edistyneellinen harjaton tasavirtamoottori ja kytkentävaihteisto. Servo suorittaa jatkuvaa sisäistä valvontaa ja vianhakua. (G3X touch Installation Manual 2016, 15-1.)

Garmin GSU 25 (asento-suuntatietoyksikkö)

Yksikkö on tarkoitettu amatöörirakentajien eksperimental- ja kevyen urheiluluokan lentokoneisiin. Yksikkö on suunniteltu käytettäväksi osana G3X-järjestelmää, eikä se sovellu asennettavaksi tyyppihyväksytyyn lentokoneeseen. Yksikkö yhdistää asento- ja painetiedot yhteen fyysiseen yksikköön. Yksikkö on yhteydessä magneetikompassiin suuntatiedon tuottamiseksi, ja se myös laskee ulkolämpötilan ja todellisen lämpötilan arvoja GTP 59-lämpötila-anturin antaman tiedon perusteella. Järjestelmään voidaan asentaa jopa

3 GSU 25-yksikköä turvallisuuden parantamiseksi. (G3X touch Installation Manual 2016, 16-1.)

Garmin GTP 59 (lämpötila-anturi)

GTP 59 on ulkoinen lämpötila-anturi, joka tuottaa raakadataa ulkoilman lämpötilasta. Lämpötilan syöttölaite on kolmejohtiminen lämpötila-anturi. (G3X touch Installation Manual 2016, 18-1.)

GPS-antenni

Jos järjestelmään asennetaan useita näyttöyksiköitä, jokainen niistä voidaan määrittää käyttämään omaa sisäistä GPS-vastaanotintaan tai ne voidaan määrittää käyttämään vain yhden näyttöyksikön tarjoamaa GPS-signaalia. Järjestelmä tarvitsee vähintään yhden GPS-antennin, vaikka näyttöyksiköitä olisikin useampi. Useampia GPS-antenneja voidaan asentaa, jos se katsotaan tarpeelliseksi. (G3X touch Installation Manual 2016, 20-1.)

Garmin GMA 340 (audiopaneeli)

Yksikkö tarjoaa luotettavan ja monipuolisen käyttöliittymän tärkeimmille audio toiminnoille. Intuitiivisen käyttöliittymän kautta voidaan käyttää sekä navigointi- että COM-radioiden audiota. Himmennin säätää automaattisesti paneelin taustavaloa sopimaan ympäristön valoisuuteen. (GMA 340 Installation Manual 2003, 1-1.)

Garmin GTX 330 (toisiotutkavastaaja)

Garminin GTX 33X -sarjan toisiotutkavastaajat lähetinvastaanottimia, jotka vastaanottavat maa-aseman tai törmäyksenestojärjestelmän lähettämät kyselypulssit ja lähettävät määrätynlaisen vastauspulssin niihin takaisin. Kaikissa malleissa on IDENT-toiminto ja moodit A, C ja S. (AMFS Garmin GTX 33X and 3X5 Transponders 2016, 4.)

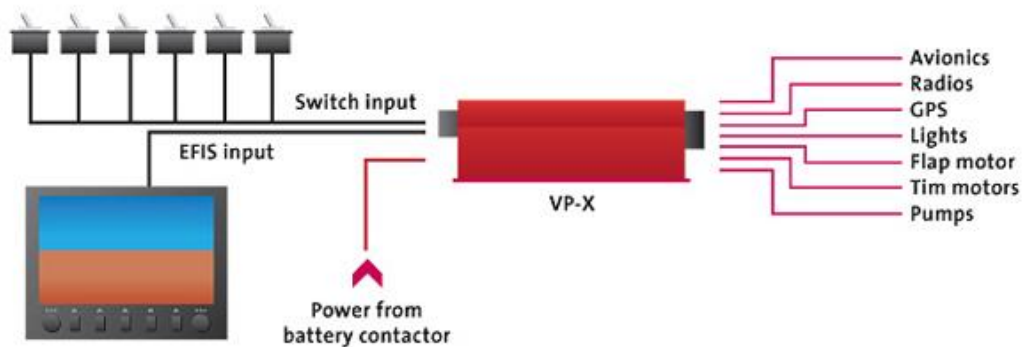
Garmin GNC 255 (navigointiradio)

Tämä laite tarjoaa täydellisen pienikokoisen navigointi- ja kommunikointiratkaisun kustannustehokkaaseen hintaan. Laitteessa on perinteisten navigointiin ja kommunikointiin tarvittavien ominaisuuksien lisäksi lukuisia lentäjien työtaakkaa helpottavia ominaisuuksia, kuten useimmin käytettyjen kanavien tallennus ja sisäänrakennettu kurssilta poikkeamisen osoitin. Laitteen puheradio toimii ilmailussa käytetyllä taajuusalueella 118 –

136.975 megahertsiä. Taajuutta voidaan säätää 25 kilohertsin välein. Laitteen navigointiradion suuntasäteen vastaanotin toimii taajuusalueella 108 – 117.95 megahertsiä. Sisäänrakennettu liukupolun vastaanotin säätyy automaattisesti vastaamaan valitun suuntasäteen kanssa paritettua liukupolun taajuutta. Liukupolun vastaanotin toimii taajuusalueella 328 – 335 megahertsiä. (GNC 255A/255B Pilot's Guide 2012-2015, 1-1.)

VP-X (elektroninen suojakatkaisinyksikkö)

Yksikön avulla voidaan valvoa ja ohjata useita lennonvalvontamittariston osia. Se sisältää patentoituja elektronisia suojakatkaisijoita, jotka korvaavat vanhemman tyyppisiä lämpölaukaisijoita sähköpiirien suojaajina. Uudenlaiset suojakatkaisijat ovat monipuolisempia ja ne yksinkertaistavat lentokoneen johdotusta. Ne voivat esimerkiksi havaita palaneen laskeutumisvalon tai poistaa käytöstä käynnistyspiirin moottorin käydessä. Johdotus yksinkertaistuu, kun lentokoneeseen ei tarvitse asentaa lämpölaukaisijoita, virtakiskoja, releitä, sivuvastuksia ja muita monimutkaisia johdotuksia (kuva 5). Lisäksi johdotus kevenee, koska johdotuksessa voidaan käyttää aiempaa ohuempaa johdinta. Yksikkö on mekaanisten lämpölaukaisijoiden puuttuessa myös erittäin kestävä: tyypillisen mekaanisen lämpölaukaisijan keskimääräinen aika laitteen vikaantumiseen (mean time between failure, MTBF) on 17 000 tuntia, kun taas yksittäisen elektronisen MTBF on 1 000 000 tuntia. (VP-X.)



KUVA 5: Elektronisen suojakatkaisinyksikön sijainti avioniikkajärjestelmässä. (VP-X)

4 LAITTEISTON ASENTAMINEN

4.1 Yleisesti huomioon otettavaa avioniikkalaitteiden asennuksessa

Useimmat kulkuneuvot liikkuvat kahdessa ulottuvuudessa: vasemmalle ja oikealle, eteenpäin ja taaksepäin. Lentokoneet puolestaan liikkuvat kuuteen suuntaan: koneen omien suunta-, asentokulma- ja kallistusakseleiden ympäri, lisäksi kone liikkuu eteenpäin, nousee, laskee ja siirtyy sivusuunnassa. Kun nämä liikesuunnat yhdistetään vielä painovoimaan ja kiihtyvyyteen, on helppo ymmärtää, miksi lentokone ei ole lentokelpoinen, jos sen laitteisto ei ole huolella kiinnitetty. (Buckwalter 2005, 178.)

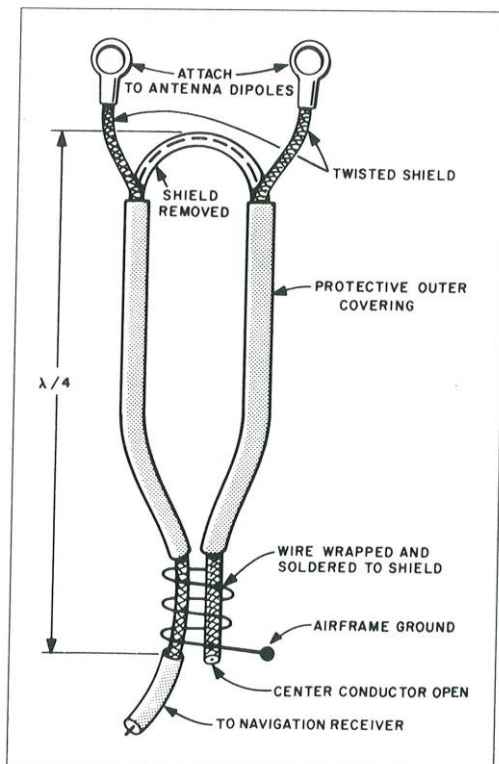
Lentokoneisiin ei suunnitella ylimääräistä tilaa, joten laitteiden asennuksessa on otettava huomioon tilan tuomat rajoitteet. Muutkin lentokoneen osat, kuten ohjausvaijerit, ohjaustangot, ketjut, hammasrattaat, vivut, käyttömoottorit, polkimet ja putket, on otettava huomioon avioniikkalaitteiden sijoittelua ja johdotusta suunniteltaessa. Ilmailuhistoria tuntee useita tapauksia, joissa huolimaton suunnittelu on aiheuttanut vaaratilanteita ja jopa onnettomuuksia lennoilla. (Buckwalter 2005, 178.)

Kaikissa lentokoneasennuksissa on muistettava pitää kokonaisuus painon puolesta mahdollisimman kevyenä, ja huolehtia sähköisestä yhteydestä koneen maadoituspisteeseen (Henderson, 1993, 4). Jälkimmäinen korostuu etenkin paljon komposiitteja sisältävissä lentokoneissa. Avioniikkalaitteet ovat usein herkkiä muun muassa staattiselle sähkölle, magneetikentille, tärinälle, lämpötilalle ja kosteudelle, ja vähintäänkin nämä ympäristötekijät tulisi ottaa huomioon laitteiden sijoittelussa ja niiden käsittelyssä (Henderson, 1993, 4).

Eräitä avioniikan herkimmin vaurioituvista osista ovat liittimet ja johdotus. Ilmailuteollisuuden parissa suuntaus on sekä liittimien että johtojen määrän vähentämiseen. Tällä tavoitellaan paitsi tilan- ja painonsäästöä myös mahdollisuutta vähentää vikaantumismahdollisuuksia. (Buckwalter 2005, 199.) Johdotuksen asennusta suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota muun muassa seuraaviin seikkoihin: johtoja taivuteta liian teräviin kulmiin, johtoniput tuetaan huolellisesti ja käytetty johdon tyyppi on kuhunkin käyttötarkoitukseen sopivaa. (Buckwalter 2005, 210.)

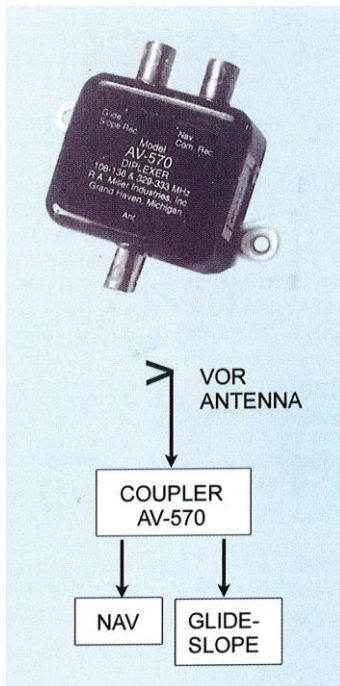
4.2 Asennuksen suunnittelussa esiin tulleita asioita

Antennien asennusta pohtiessa törmäsin minulle uudenlaiseen antenniratkaisuun Cessnan sivuvakaajassa. Oletin vakaajan yläreunassa olevan antenniviiksien itsessään olevan navigointiradion antenni, mutta korkeusvakaajan etureunan sisälle oli rakennettu kiinteästi kuvan 6 mukainen balun-tyyppinen antenni. Tässä antennityypissä vakaajasta ulostulevat antenniviikset on yhdistetty koaksiaalikaapelin maadoitusverkkoon.



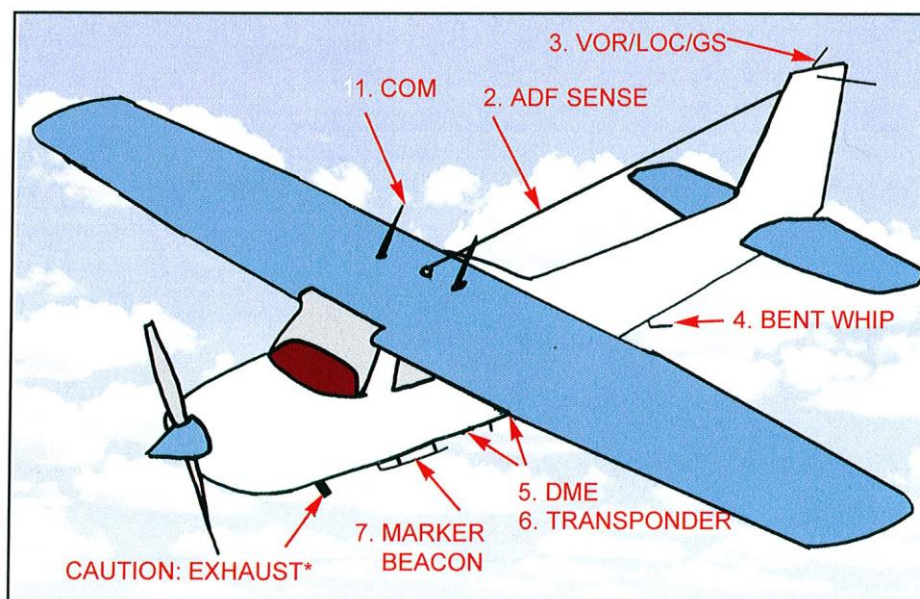
KUVA 6: Balun-antennin rakenne. (Buckwalter 2005, 171)

Tiedonhaun jälkeen totesin, että kyseistä antennia voitaisiin hyödyntää sekä suuntasäteen että liukupolкусäteen vastaanottamiseen kuva 7 mukaisella järjestelyllä. Antennikytkimellä voidaan jakaa antennille tuleva signaali yhteen suunnistusvastaanottimeen ja yhteen liukupolкус vastaanottimeen. Vaikka tämän tyyppinen antenni on suunniteltu taajuusalueelle 108 – 118 megahertsiä, kytkin hakee liukupolun signaalin taajuusalueelta 329 – 333 megahertsiä. (Buckwalter 2005, 251.) Ohjaavan opettajan päätöksellä liukupolun antennia ei toteuteta kytkimen avulla, vaan koneeseen asennetaan erillinen antenni tätä varten.



KUVA 7: Suunta- ja liukupolkusäteen erottelu samasta antennista eri vastaanottimille antennijakajan avulla (Buckwalter 2005, 251).

Muiden antennien sijaintia suunnitellessani hyödynsin kuvaa 8, jossa on kerrottu antennien tyypillisiä asennuskohtia pienkoneissa. Lyhytaaltoradiopuhelimen olemassa oleva antenni päätettiin pitää. Vanhahtavalla tekniikalla toimiva ADF-navigointijärjestelmä oli jo aiemmin päätetty poistaa tästä koneesta, joten sen antennit voitiin tarpeettomina poistaa. Merkkimajakoihin ja toisiotutkavastaajaa varten ostettiin uudet antennit. Näiden lisäksi koneeseen asennettiin uutena GPS-järjestelmän antenni.



KUVA 8: Tyypillinen antennien sijoittelu pienkoneessa. (Buckwalter 2005, 242)

5 UUSIEN LAITTEIDEN ERITYISET ASENNUSVAATIMUKSET

Garminin G3X-järjestelmä on edistyneellinen avioniikkajärjestelmä, joka on suunniteltu sisältämään kaikki tarvittava tieto lentäjän ja lentokoneen väliseen kommunikointiin. Järjestelmään on yhdistetty lentämiseen ja lentokoneen järjestelmiin liittyvien kojeistojen lisäksi lentämiseen tarvittava navigointitieto. Viat voidaan eristää tiettyyn yksikköön, joka voidaan nopeasti ja helposti vaihtaa. (G3X touch Installation Manual 2016, 2-1.) Laitteiden johdotusta tehdessä tulee käyttää ilmailun standardit täyttävää johtimia (G3X touch Installation Manual 2016, 2-7).

Kaapelinippujen sijoittelua suunnitellessa tulee ottaa seuraavat asiat huomioon:

- Johdotusten reitit tulee suunnitella mahdollisimman lyhyiksi.
- Johdotukselle ja liittimille pitää jättää tarpeeksi tilaa.
- Teräviä taivutuksia tulee välttää.
- Johdotusta tulee välttää ohjausvajereiden läheltä.
- Johdotusta tulee välttää lämmönlähteiden, radiotaajuuslähteiden, magneettisen häiriötä aiheuttavien laitteiden, virtalähteiden (esimerkiksi 400 hertsin generaattorit, säätömoottorit jne.) ja fluoresoivan valon virtalähteiden läheltä.
- GPS-antennin johto tulee sijoittaa mahdollisimman kauas VHF-radiopuhelimen lähetinvastaanottimesta ja antennin johdosta. (G3X touch Installation Manual 2016, 2-7.)

Siviili-ilmailun piiriin kuuluvien pienkoneiden korjauksessa käytetään yleisenä ohjeistuksena Yhdysvaltain ilmailuviranomaisen ilmailutiedotusta AC 43.13. Se sisältää hyväksytyjä menetelmiä, tekniikoita, ja käytäntöjä paineistamattomien siviili-ilma-alusten tarkastamiseen ja korjaamiseen silloin, kun valmistajan ei ohjeistusta ole saatavilla. Tämä ohjeistus koskee vain pieniä korjauksia. Ohjeistusta saa käyttää isompien korjausten pohjana, jos seuraavat ehdot täyttyvät:

- ohjeistuksen käyttäjä on määritellyt, että korjattava kohde on ohjeistuksen piirissä,
- ohjeistus on suoraan sovellettavissa tehtävään korjaukseen,
- ohjeistus ei ole ristiriidassa valmistajan ohjeistuksien kanssa. (AC 43.13-1B 1998, ii.)

GDU 460 (näyttöyksikkö)

Asentamista varten on valmistettava ohjeiden mukainen johtonippu. Asennuksessa tulee käyttää hyviä mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä ja käytäntöjä. (G3X touch Installation Manual 2016, 8-3.)

GEA 24 (moottorinvalvontayksikkö)

Asentamista varten on valmistettava ohjeiden mukainen johtonippu. Asennuksessa tulee käyttää hyviä mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä ja käytäntöjä. Yksikkö liitetään näyttöyksikköön CAN-väylän välityksellä. (G3X touch Installation Manual 2016, 9-3.)

GMC 305 (autopilotin käyttöpaneeli)

Asentamista varten on valmistettava ohjeiden mukainen johtonippu. Asennuksessa tulee käyttää hyviä mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä ja käytäntöjä. (G3X touch Installation Manual 2016, 11-2.)

GMU22 (magneetikompassi)

Asentamista varten on valmistettava ohjeiden mukainen johtonippu. Asennuksessa tulee käyttää hyviä mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä ja käytäntöjä. Yksikkö on äärimmäisen herkkä kolmiakselinen magneettinen anturi. Se on herkempi ulkoisille magneettisille häiriöille kuin magneettivuomittari. Tästä syystä asennuspaikan valitseminen GMU 22-yksikölle on äärimmäisen tärkeää. Taulukossa 1 on esitetty etäisyydet magneettista häiriötä aiheuttavista laitteista, joiden sijainti tulee ottaa huomioon asennusta suunniteltaessa. (G3X touch Installation Manual 2016, 13-2.)

TAULUKKO 1: Suositellut etäisyydet magneettista häiriötä aiheuttavista laitteista (G3X touch Installation Manual 2016, 13-3).

Häiriölähde	Vähimmäisetäisyys GMU 22-yksiköstä
Sähkömoottorit ja releet, mukaan lukien servomoottorit	3,0 metriä
Ferromagneettiset rakenteet, isommat kuin 1 kg (rauta, teräs tai koboltti, erityisesti laskutelineerakenteet)	2,5 metriä
Ferromagneettiset rakenteet, pienemmät kuin 1 kg, esimerkiksi ohjausvaijerit	1,0 metri
Sähkölaitteet, jotka vievät enemmän kuin 100 mA virtaa	1,0 metri
Sähköjohtimet, joissa kulkee enemmän kuin 100 mA virtaa (3,0 metrin etäisyydellä laitteesta tulisi käyttää kierrettyä parikaapelia)	1,0 metri
Sähkölaitteet, jotka vievät vähemmän kuin 100 mA virtaa	0,6 metriä
Muut magneettiset mittalaitteet	0,6 metriä
Sähköjohtimet, joissa kulkee vähemmän kuin 100 mA virtaa (3,0 metrin etäisyydellä laitteesta tulisi käyttää kierrettyä parikaapelia)	0,4 metriä

Asennettaessa on varmistettava, että kaikki 3,0 metriä lähempänä sijaitsevat johtimet ovat kierrettyä, suojattua parikaapelia. Jos mahdollista, johtimen molempien päiden tulee olla maadoitettu. Yksikön kiinnityksessä on käytettävä ei-magneettisia kiinnitysmateriaaleja ja kaikki magneettiset kiinnitysmateriaalit 0,5 metrin säteellä yksiköstä on vaihdettava ei-magneettisiin kiinnikkeisiin. Myöskään magneettikärkisiä työkaluja ei saa käyttää asennuksessa. Ulkoisten häiriöiden vähentämiseksi asennus siipeen on suositeltavampi kuin asennus runkoon. Yksikön mekaaninen asennus on oltava riittävän tukeva. Yksikkö on suunnattava korkeintaan 0,5 asteen virheellä koneen pituusakseliin nähden ja korkeintaan 3,0 asteen virheellä matkalennon asennosta pituuskallistuksen suuntaan. Koska yksikön liittimen metalliosat saattavat aiheuttaa häiriötä magneettikenttään, on liitin sijoitettava vähintään 2 tuuman päähän yksiköstä. (G3X touch Installation Manual 2016, 13-3.)

GSA 28 (autopilotin servot)

Asentamista varten on valmistettava ohjeiden mukainen johtonippu. Asennuksessa tulee käyttää hyviä mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä ja käytäntöjä. Asennettaessa tulee varmistaa, että servojen takaosien liikkuvat osat eivät pääse liikkeessaan osumaan mihinkään. (G3X touch Installation Manual 2016, 15-4.)

GSU 25 (asento-suuntatietoyksikkö)

GSU 25- yksikkö sisältää erittäin herkän, jäykästi kiinnitetyn inertian mittaussyksikön.

Seuraavat asiat tulee ottaa huomioon asennuspaikkaa valitessa:

- Yksikkö voidaan asentaa mihin tahansa 24 asennusohjekirjan ilmoittamaan asentoon.
- Yksikön asennusta ei ensisijaisesti suositella tehtäväksi näyttöyksikön taakse mittaripaneelin taipumisvaaran vuoksi.
- Yksikön liitinten asento saa asennettuna poiketa koneen pituus- tai poikittaisakselista korkeintaan 1 asteen. Yksikön suunta otetaan huomioon kalibrointivaiheessa.
- Yksikkö tulee kiinnittää tukevasti lentokoneen primäärirakenteen vahvaan osaan, joka kestää huomattavia kuormia.
- Tukilevy tulee kiinnittää tukevasti.
- Yksikkö suositellaan asennettavaksi korkeintaan 4,0 metrin etäisyydelle koneen painopisteestä pituusakselin suuntaisesti, ja korkeintaan 2,0 metrin etäisyydelle koneen painopisteestä poikittaisakselin suuntaisesti. Jos pituusakselin suuntainen asennusetäisyys on yli 2,0 metriä, suositellaan yksikkö asennettavaksi koneen painopisteen etupuolelle.
- Yksikköä ei suositella asennettavaksi tärinä- tai äänilähteiden läheisyyteen.
- Yksikköä ei saa asentaa suljettuun tilaan, jossa ilma ei pääse kiertämään riittävästi.
- Yksikön asennuksessa ei saa käyttää joustintukia. Yksikkö ei myöskään saa resonoida suhteessa koneen primäärirakenteeseen.
- Siipi ei ole suositeltava asennuspaikka: sen lisäksi että se on sivussa lentokoneen painopisteessä, siiven taipuminen lennon aikana aiheuttaa asentotietoon virheitä.
- Asennuspaikka tulee suojata nopeilta lämpötilavaihteluilta.
- Yksikkö suositellaan asennettavaksi vähintään 1 tuuman etäisyydelle voimakkaasti magneettisista laitteista. (G3X touch Installation Manual 2016, 16-4.)
- Jos kohtauskulma-anturia ei käytetä, tälle painetiedolle varattu portti tulee yhdistää staattisen paineen porttiin, jotta voidaan välttää laitteen rikkoutuminen. (G3X touch Installation Manual 2016, 16-7).

GTP 59 (lämpötila-anturi)

Seuraavat suositukset tulisi ottaa huomioon valitessa asennuskohtaa lämpötila-anturille.

- Anturia ei saa asentaa kohtaan, missä pakokaasut pääsevät virtaamaan sen yli.

- Anturia ei saa asentaa kohtaan, missä anturiin voisi vaikuttaa moottorista tuleva kuuma ilma tai pakokaasut. Useimmissa lentokoneissa tämä käsittää alueet moottoreiden takana, joihin moottoreista tuleva virtaus osuu.
- Anturin on oltava vapaassa ilmavirrassa. Anturia ei saa asentaa suojaasaan paikkaan, johon virtaus ei pääse suoraan, esimerkiksi siiven sisään tai laskutelinekuiluun.
- Parhaan lopputuloksen saamiseksi, anturia ei saa asentaa kohtaan, jossa se on suorassa auringonpaisteessa lentokoneen ollessa pysäköitynä. (G3X touch Installation Manual 2016, 18-2.)

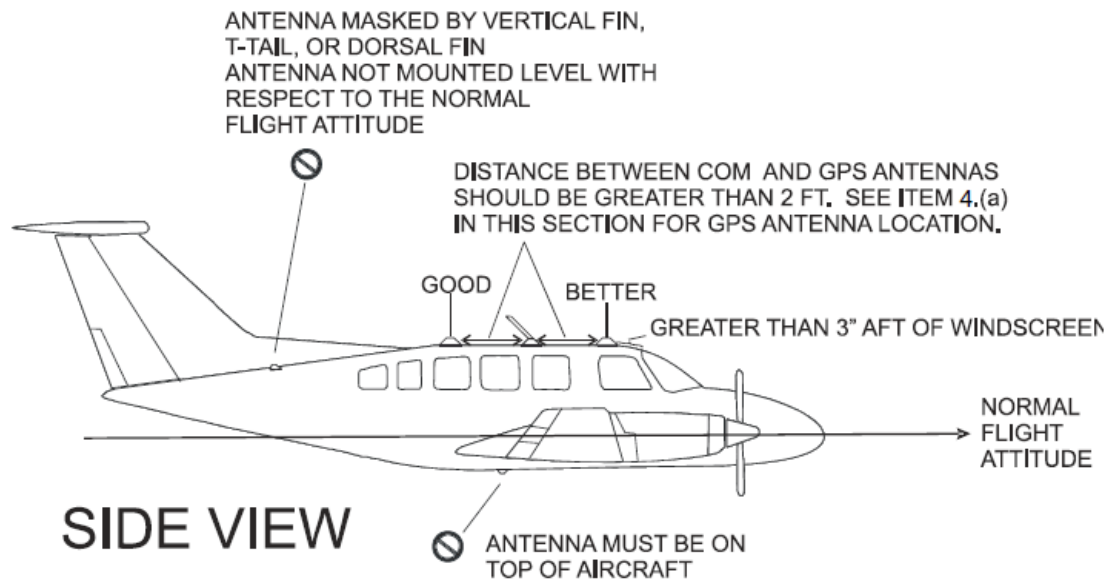
Anturissa ei ole suojausta jäätymistä varten. Jos anturiin kertyy jäätä, anturin tarkkuus on tuntematon. Toisin sanoen, anturin antamat lukemat eivät ole luotettavia, jos jäätä pääsee kertymään. Epäluotettavat arvot vaikuttavat myös niiden avulla laskettuihin arvoihin, (G3X touch Installation Manual 2016, 18-4.)

GPS-antenni

Antennin asennuksessa tulee ottaa seuraavat asiat huomioon. Koska kaikissa lentokoneissa ei ole mahdollista toteuttaa kaikkia ehtoja, ehdot on listattu tärkeysjärjestyksessä alkaen numerosta 1. Kohdat 4a-4c ovat keskenään yhtä tärkeitä ja niiden toteuttaminen riippuu lentokoneesta. Kuvassa 9 on esitetty antennin suositeltu sijoittelu koneeseen. Antennin sähköiseen liittämiseen ei liity mitään erityisiä varotoimia.

1. Antenni tulee asentaa lentokoneen katolle ja mahdollisimman samaan tasoon lentokoneen normaaliin lentotasoon nähden.
2. Antenni tulee sijoittaa niin, että lentokoneen normaali liikehdintä ei aiheuta katvealueita.
3. Parhaassa tapauksessa GPS-antenni tulisi asentaa lentokoneen vastakkaiseen pätyyn COM-radiosta. Tällä sijoittelulla saadaan vähennettyä mahdollisuutta näiden laitteiden välisiin häiriöihin.
- 4a. GPS-antenni suositellaan asennettavaksi vähintään 2 jalan ja parhaassa tapauksessa 3 jalan päähän VHF-radiopuhelimen antennista
- 4b. GPS-antenni suositellaan asennettavaksi vähintään 2 jalan ja parhaassa tapauksessa 3 jalan päähän antennista, joka lähettää suuremmalla kuin 25 watin teholla
- 4c. Katvealueiden välttämiseksi, GPS-antennia ei saisi asentaa 6 tuumaa lähemmäs muista antenneista.

5. Häiriöiden vähentämiseksi, antenni suositellaan asennettavaksi vähintään 3 tuuman päähän tuulilasista.
6. Jos lentokoneeseen asennetaan useita GPS-antenneja, niitä ei tulisi asentaa samaan pituussunnan linjaan keskenään. (G3X touch Installation Manual 2016, 20-5.)



KUVA 9: GPS-antennin suositeltu sijainti lentokoneessa (G3X touch Installation Manual 2016, 20-6.)

Garmin GMA 340 (audiopaneeli)

Audiopaneeliin liitettävä merkkimajakoiden antenni tulee asentaa lentokoneen alapintaan niin, että lentokoneen rakenteet aiheuttavat mahdollisimman vähän katvealueita antennin ja maa-aseman välille (GMA 340 Installation Manual 2003, 2-1). Audiopaneelia itsessään ei saa asentaa lämmönlähteen läheisyyteen. Jos tätä ei voida välttää, tulee huolehtia riittävästä jäähdytyksestä. Johdotukselle ja liittimille tulee jättää riittävästi tilaa. Asennuksessa tarvittava johtonippu tulee valmistaa AC43.13-2A -ohjeistuksen mukaan. (GMA 340 Installation Manual 2003, 2-2.)

GTX 330 (toisiotutkavastaaja)

Asentamista varten on valmistettava ohjeiden mukainen johtonippu. Asennuksessa tulee käyttää hyviä mekaanisia ja sähköisiä menetelmiä ja käytäntöjä.

VP-X (elektroninen suojakatkaisinyksikkö)

Yksikkö asennetaan tyypillisesti mittaripaneelin taakse. Jos yksikkö asennetaan jonnekin muualle, se tulisi asentaa suojaan luonnonvoimilta. Lisäksi yksikön sijoittelua suunnitellaessa tulee ottaa seuraavat seikat huomioon:

- Yksikkö tulee sijoittaa lentokoneen matkustamoon, kuitenkin niin että se on suojaassa matkustajilta ja matkatavaroilta. Sijoittelua suunnitellaessa tulee myös ottaa huomioon, etteivät matkustajat pääse tahattomasti kolhimaan yksikköä.
- Yksikkö ei ole vedenkestävä, joten se tulee suojata suoraa kosteusaltistuksen varalta.
- Yksikköä ei saa kiinnittää moottorin tuliseinäin, eikä muun suoran lämmönlähteen läheisyyteen.
- Yksikköön ja sen liittimiin tulisi päästä kohtuullisen helposti käsiksi asennuksen ja vianhaun helpottamiseksi.
- Johdotus tulee kiinnittää lentokoneen rakenteisiin läheltä yksikköä.
- Asennettaessa tulee varmistaa, että ilma pääsee kiertämään yksikön ympärillä. Tuuletinta ei ole välttämätöntä asentaa.
- Yksikköä ei saa asentaa herkkien laitteiden läheisyyteen, esimerkiksi kompassi. Vaikka tunnettuja häiriöitä ei ole, tulisi ennen lopullisten asennuspaikkojen päättämistä varmistaa, ettei häiriöitä laitteiden välillä esiinny. (VP-X Pro/VP-X Sport Installation and Operating Manual 2014, 20.)
- Yksikkö tulee kiinnittää molemmilta sivuiltaan vähintään kahdella ruuvilla asennusalustaan.
- Jos yksikkö asennetaan komposiittirakenteiseen lentokoneeseen tai muulle sähköä johtamattomalle pinnalle, tulee yksikön runko maadoittaa yhdistämällä rungon kiinnitysruuvit yksikön maadoituspisteeseen. (VP-X Pro/VP-X Sport Installation and Operating Manual 2014, 21.)

6 POHDINTA

Opinnäytetyön oli tarkoitus tuottaa avioniikaltaan toimiva lentokone. Tämä tavoite ei täytynyt tämän opinnäytetyön puitteissa. Syksyn mittaan huomasin suunnitelleeni oman aikataulutukseni täysin epärealistisesti ja kamppailevani oman motivaationi kanssa. Lisäksi kirjallisen osuuden aloittaminen jäi liian myöhäiselle. Pohjatieto opinnäytetyön käytännön osuuden tekemiselle oli olemassa aiempien lentokoneasentajaopintojen myötä.

Vanhan uudistaminen on useimmissa tapauksissa hyvin haastava prosessi, jolle asettavat rajoituksia niin jo olemassa olevat rakenteet kuin tällä alalla tiukat viranomaismääräykset, jotka eivät välttämättä ole lainkaan yhteensopivia vanhan tekniikan kanssa. Opinnäytetyöprosessin alussa kirjattujen tavoitteiden määrä tuntui suurelta, eikä tunne hälvennyt opinnäytetyötä tehdessä.

Raportin palauttamiseen mennessä ohjekirjaan tulevista dokumenteista minulla oli hallussani vain koneen sähköjärjestelmästä tehty sähkökuvat (liite 1). Näiden lisäksi ohjekirjaan pitäisi tulla ainakin kokoonpanon ohjeistus, mittareiden asettelukuva ja testausohjeistus, lisäksi käytön ja asennuksen kannalta oleellisia ohjeita tai huomioita.

Johdotusta on erittäin vaikeaa suunnitella täysin tarkasti koneen ulkopuolella ilman tarkkoja suunnitelmia johtojen ja laitteiden lopullisesta sijoituspaikasta. Tästä johtuen valmiissa johtonipussa oli useita huomattavasti yli- tai alimittaisia johtoja. Useissa liittimissä oli takaosia kokoamatta, ja takaosiin tarvittavia osia oli kateissa. Lisäksi johdotuksen sijoittelu piti suunnitella huolella, jotta se ei ole esimerkiksi ohjauslaitteiden, vaijereiden tai muiden liikkuvien osien tiellä.

Ennen asentamista järjestelmän johdotus piti jakaa asennuksen mahdollistaviin osiin, koska valmiiksi rakennettuja liittimiä ei useimmissa kohdissa ole mahdollista saada pujotettua paikoilleen sellaisenaan. Asennukseen käytetyssä väliaikaisessa versiossa mittaripaneelistä oli useita asentamiseen vaikuttaneita mittavirheitä: jotkut laitteet eivät mahduneet niille varattuihin paikkoihin ja ruuvireikiä on väärissä kohdissa. Johdotuksen sijoittelun kanssa oli tehtävä myönnytyksiä vanhojen läpivientien ahtauden vuoksi ja sijoitettava servojen ja magneettikompassin johdotukset kynnyksen alle ja tuulilasin reunukseen.

Järjestelmän johdotus on asennettu kokonaisuudessaan koneeseen. Kaikkia laitteita ei ole voitu asentaa koneeseen esimerkiksi siipien irrottamisen vuoksi. Seuraavat järjestelmän osat jäivät asentamatta: moottoriantureiden asentaminen, servojen asennustelineiden suunnittelu ja servojen asennus, magneetikompassin asennus ja pitot-staattisen järjestelmän letkujen asennus. Asennuksen jälkeisistä töistä jäi tekemättä sähköinen konfigurointi ja autopilotin servojen mekaaniset säädöt, koneen avioniikkaohjekirja ja erilliset harjoitteet asennetusta järjestelmästä.

Alkuperäisessä suunnitelmassa oli käytettävissä olevaan aikaan nähden liikaa tekemistä, ja se näkyi loppuvaiheessa. Kuitenkin tulevia tekijöitä ajatellen, jäljelle jääneissä osioissa on selkeitä kokonaisuuksia tehtäväksi. Lisäksi toisen opinnäytetyön valmistuessa nyt käytössä ollut väliaikainen mittaripaneeli pitää vaihtaa varsinaiseen paneeliin. Tämä toivottavasti korjaa omassa työssäni esiintyneitä asennusta haitanneita mittavirheistä.

LÄHTEET

150/152 Model History. 2006. Cessna Pilots Association. Luettu 16.11.2016.
http://www.cessna.org/documents/public_info/samplemodel.pdf

AC 43.13-1B - Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Inspection and Repair. 1998. Tulostettu 16.11.2016. https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/99861

AMFS Garmin GTX 33X and 3X5 Transponders. 2016. Garmin. Tulostettu 14.11.2016.
http://static.garmin.com/pumac/190-00734-15_2.pdf

Buckwalter, L. 2005. Avionics Training: Systems, Installations and Troubleshooting. 2. painos. Leesburg, Virginia: Avionics Communications Inc.

Cessna History. Luettu 13.11.2016. <http://www.172guide.com/history.htm>

Encyclopedia Britannica. Luettu 15.11.2016. <https://global.britannica.com/technology/avionics>

G3X touch Installation Manual. 2016. Garmin. 8. painos. Tulostettu 20.10.2016.
<https://support.garmin.com/support/manuals/manuals.htm?partNo=010-00G3X-00&language=en&country=US>

GMA 340 Installation Manual. 2003. Garmin. Tulostettu 19.9.2016. <http://www.canardaviation.com/PhillipJohnson/References/GMA%20340.pdf>

GNC 255A/255B Pilot's Guide. 2015. Garmin. 2. painos. Tulostettu 6.2.2017.
<https://support.garmin.com/support/manuals/manuals.htm?partNo=010-01025-50&language=en&country=GB>

Henderson, M. 1993. Aircraft instruments and avionics. Englewood, Colorado: Jeppesen Sanderson Inc.

Tredu. Luettu 1.11.2016 <http://www.tredu.fi/tredu.html>

Tredu_yleisesite.pdf. Luettu 28.10.2016. http://inter16.tampere.fi/tredu/material/tredu-projektit/1mTWxRKbn/Tredu_yleisesite.pdf

VP-X. Luettu 7.11.2016. <http://verticalpower.com/vp-x/>

VP-X Pro/VP-X Sport Installation and Operating Manual. 2014. Ballard Technology Inc. 1. painos. Tulostettu 15.11.2016. http://verticalpower.com/docs/MA191_VP-X%20Installation%20and%20Operating%20Manual_A.pdf

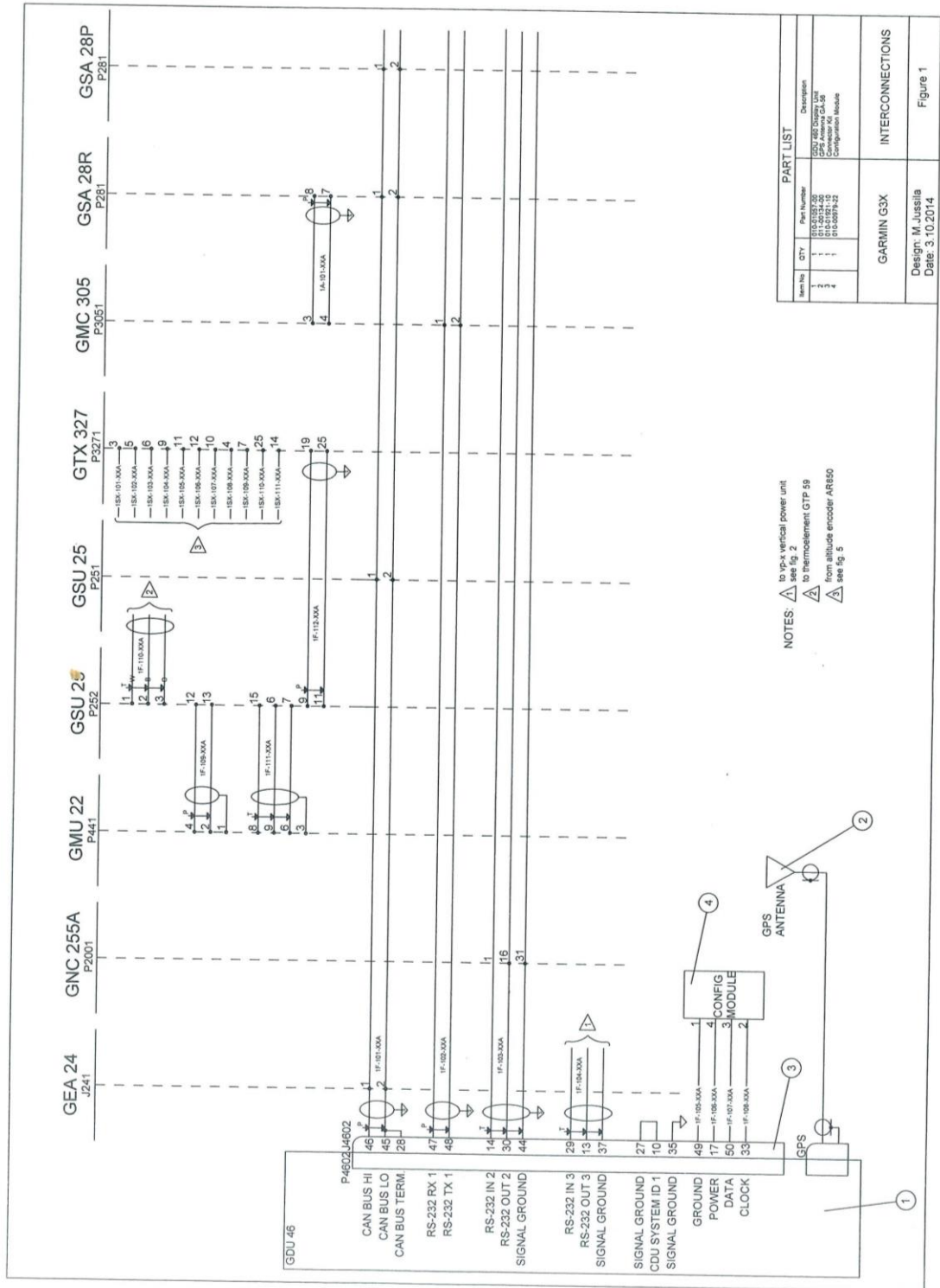
Vänttinen, T. 1992. Lentäjän mittarioppi. 2.painos. Helsinki: VAPK-kustannus.

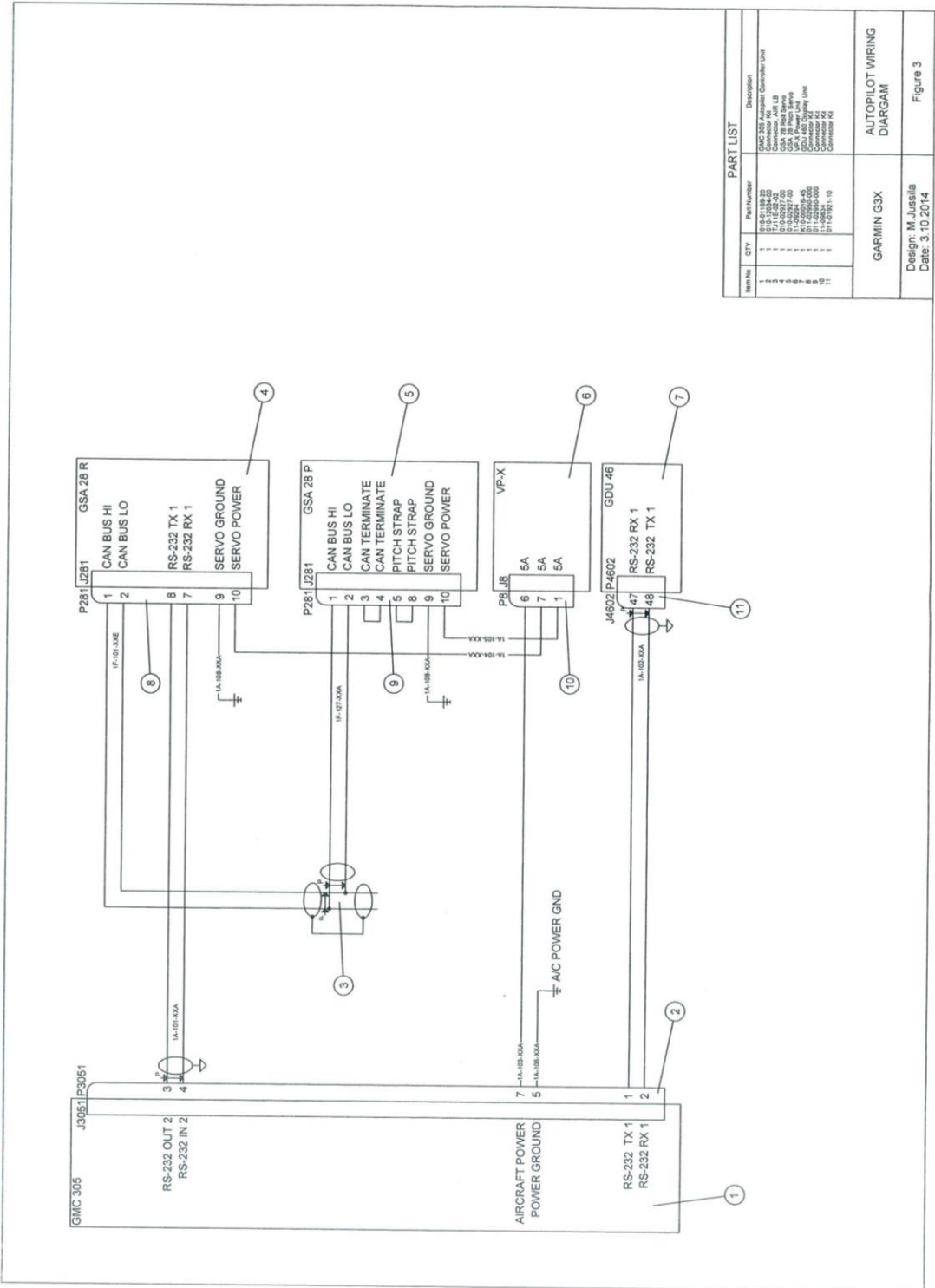
LIITTEET

Liite 1. Koneen sähköjärjestelmästä tehdyt sähkökuvat

Tekijä Martti Jussila

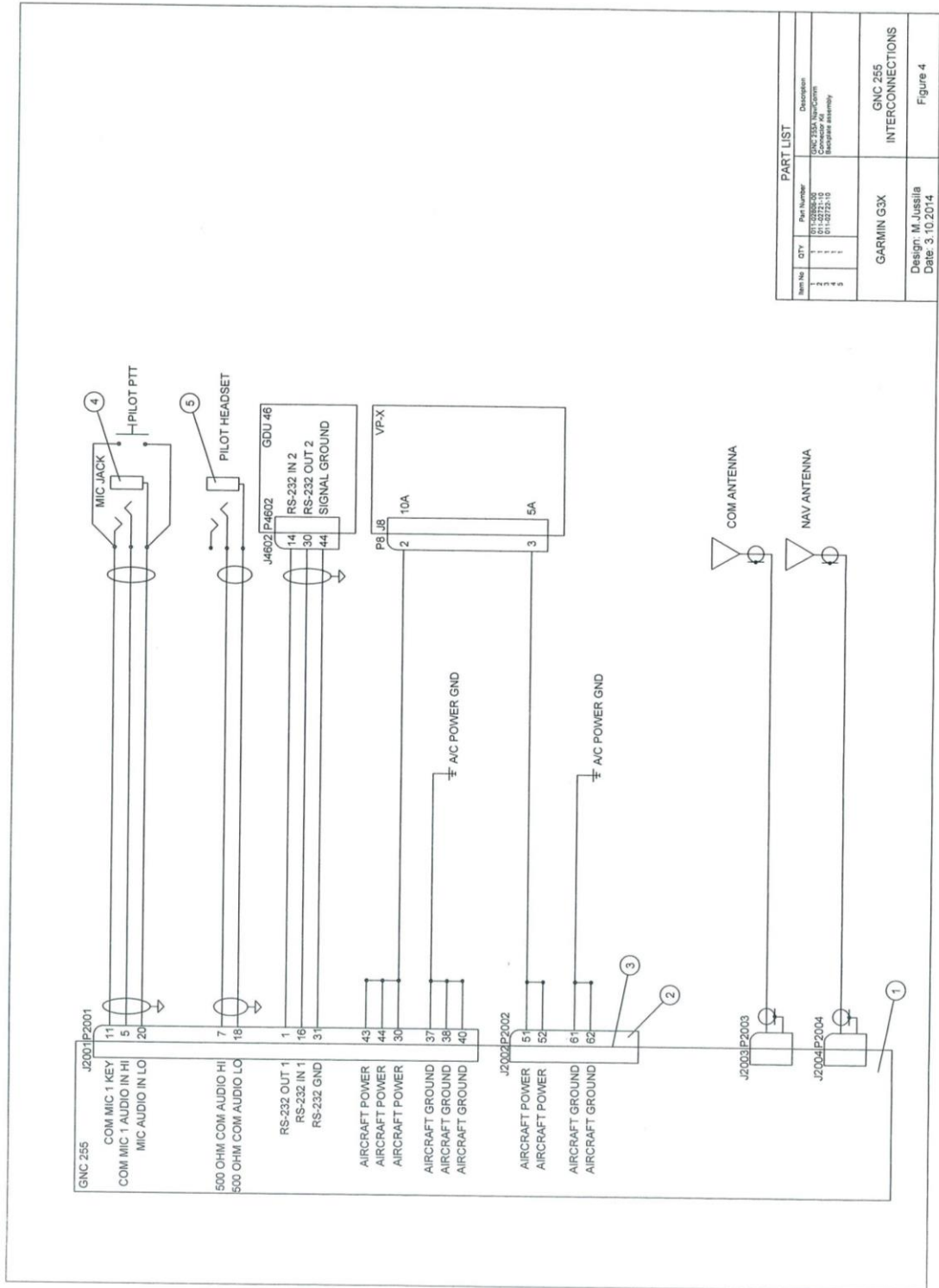
1 (6)





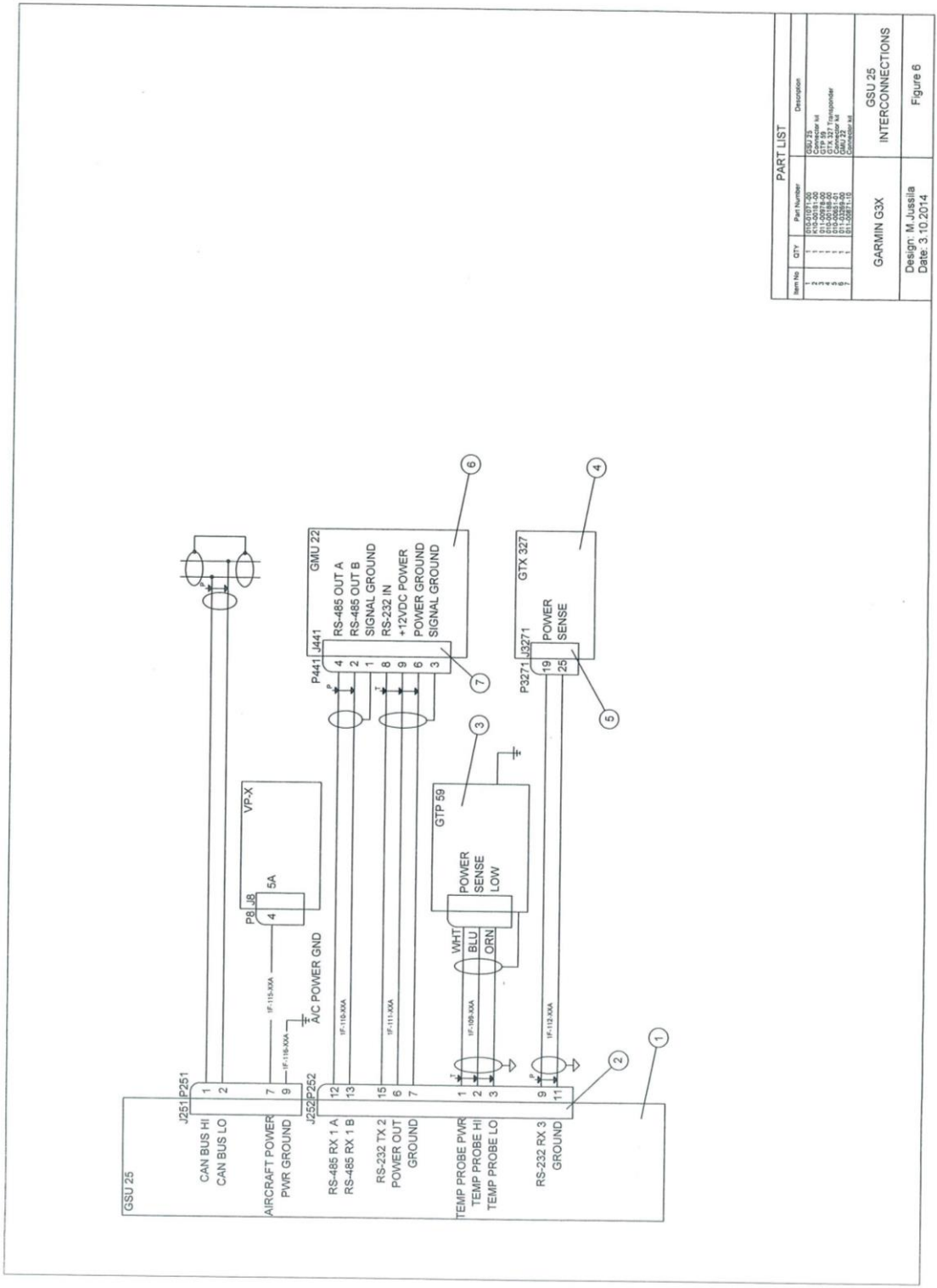
Item No.	QTY	Part Number	Description
7	1	015-1418-20	Garmin 305 Autopilot Control Unit
8	1	015-1418-20	Garmin 305 Autopilot Control Unit
9	1	015-1418-20	Garmin 305 Autopilot Control Unit
10	1	015-1418-20	Garmin 305 Autopilot Control Unit
11	1	015-1418-20	Garmin 305 Autopilot Control Unit

GARMIN G3X	AUTOPILOT WIRING DIAGRAM
Design: M. Jusella	Figure 3
Date: 3.10.2014	



Item No.	QTY	Part Number	Description
1	1	011-2088200	GNC 255 Nav/Com
2	1	011-2022110	Connector of
3	1	011-2022110	Intergrate antenna
4	1		

GARMIN G3X	GNC 255
INTERCONNECTIONS	
Design: M. Jussila	Figure 4
Date: 3/10/2014	



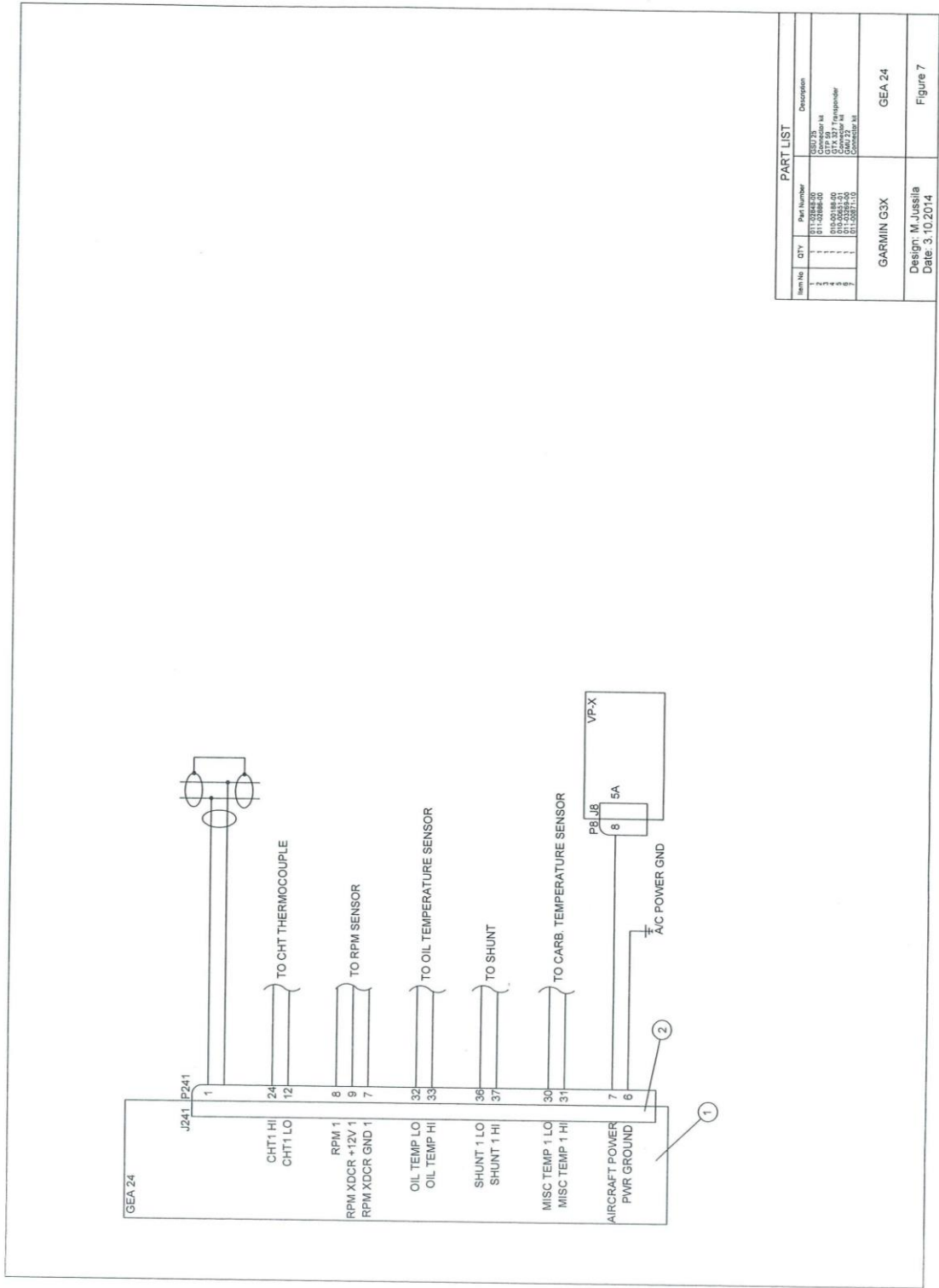
Part No.	QTY	Part Number	Description
1	1	6523271000	GSU 25
2	1	411340181000	Connector M
3	1	411340181000	Connector M
4	1	411340181000	Connector M
5	1	411340181000	Connector M
6	1	411340181000	Connector M
7	1	411340181000	Connector M
8	1	411340181000	Connector M
9	1	411340181000	Connector M
10	1	411340181000	Connector M
11	1	411340181000	Connector M
12	1	411340181000	Connector M
13	1	411340181000	Connector M
14	1	411340181000	Connector M
15	1	411340181000	Connector M
16	1	411340181000	Connector M
17	1	411340181000	Connector M
18	1	411340181000	Connector M
19	1	411340181000	Connector M
20	1	411340181000	Connector M
21	1	411340181000	Connector M
22	1	411340181000	Connector M
23	1	411340181000	Connector M
24	1	411340181000	Connector M
25	1	411340181000	Connector M
26	1	411340181000	Connector M
27	1	411340181000	Connector M
28	1	411340181000	Connector M
29	1	411340181000	Connector M
30	1	411340181000	Connector M
31	1	411340181000	Connector M
32	1	411340181000	Connector M
33	1	411340181000	Connector M
34	1	411340181000	Connector M
35	1	411340181000	Connector M
36	1	411340181000	Connector M
37	1	411340181000	Connector M
38	1	411340181000	Connector M
39	1	411340181000	Connector M
40	1	411340181000	Connector M
41	1	411340181000	Connector M
42	1	411340181000	Connector M
43	1	411340181000	Connector M
44	1	411340181000	Connector M
45	1	411340181000	Connector M
46	1	411340181000	Connector M
47	1	411340181000	Connector M
48	1	411340181000	Connector M
49	1	411340181000	Connector M
50	1	411340181000	Connector M
51	1	411340181000	Connector M
52	1	411340181000	Connector M
53	1	411340181000	Connector M
54	1	411340181000	Connector M
55	1	411340181000	Connector M
56	1	411340181000	Connector M
57	1	411340181000	Connector M
58	1	411340181000	Connector M
59	1	411340181000	Connector M
60	1	411340181000	Connector M
61	1	411340181000	Connector M
62	1	411340181000	Connector M
63	1	411340181000	Connector M
64	1	411340181000	Connector M
65	1	411340181000	Connector M
66	1	411340181000	Connector M
67	1	411340181000	Connector M
68	1	411340181000	Connector M
69	1	411340181000	Connector M
70	1	411340181000	Connector M
71	1	411340181000	Connector M
72	1	411340181000	Connector M
73	1	411340181000	Connector M
74	1	411340181000	Connector M
75	1	411340181000	Connector M
76	1	411340181000	Connector M
77	1	411340181000	Connector M
78	1	411340181000	Connector M
79	1	411340181000	Connector M
80	1	411340181000	Connector M
81	1	411340181000	Connector M
82	1	411340181000	Connector M
83	1	411340181000	Connector M
84	1	411340181000	Connector M
85	1	411340181000	Connector M
86	1	411340181000	Connector M
87	1	411340181000	Connector M
88	1	411340181000	Connector M
89	1	411340181000	Connector M
90	1	411340181000	Connector M
91	1	411340181000	Connector M
92	1	411340181000	Connector M
93	1	411340181000	Connector M
94	1	411340181000	Connector M
95	1	411340181000	Connector M
96	1	411340181000	Connector M
97	1	411340181000	Connector M
98	1	411340181000	Connector M
99	1	411340181000	Connector M
100	1	411340181000	Connector M

PART LIST

GSU 25
 INTERCONNECTIONS
 Figure 6

GARMIN G3X
 Design: M.Jussila
 Date: 3.10.2014

6 (6)



Item No	QTY	Part Number	Description
1	1	011-02048-00	GEA 24
2	1	011-02048-00	GEA 24
3	1	011-02048-00	GEA 24
4	1	011-02048-00	GEA 24
5	1	011-02048-00	GEA 24
6	1	011-02048-00	GEA 24
7	1	011-02048-00	GEA 24
8	1	011-02048-00	GEA 24
9	1	011-02048-00	GEA 24
10	1	011-02048-00	GEA 24
11	1	011-02048-00	GEA 24
12	1	011-02048-00	GEA 24
13	1	011-02048-00	GEA 24
14	1	011-02048-00	GEA 24
15	1	011-02048-00	GEA 24
16	1	011-02048-00	GEA 24
17	1	011-02048-00	GEA 24
18	1	011-02048-00	GEA 24
19	1	011-02048-00	GEA 24
20	1	011-02048-00	GEA 24
21	1	011-02048-00	GEA 24
22	1	011-02048-00	GEA 24
23	1	011-02048-00	GEA 24
24	1	011-02048-00	GEA 24
25	1	011-02048-00	GEA 24
26	1	011-02048-00	GEA 24
27	1	011-02048-00	GEA 24
28	1	011-02048-00	GEA 24
29	1	011-02048-00	GEA 24
30	1	011-02048-00	GEA 24
31	1	011-02048-00	GEA 24
32	1	011-02048-00	GEA 24
33	1	011-02048-00	GEA 24
34	1	011-02048-00	GEA 24
35	1	011-02048-00	GEA 24
36	1	011-02048-00	GEA 24
37	1	011-02048-00	GEA 24
38	1	011-02048-00	GEA 24
39	1	011-02048-00	GEA 24
40	1	011-02048-00	GEA 24
41	1	011-02048-00	GEA 24
42	1	011-02048-00	GEA 24
43	1	011-02048-00	GEA 24
44	1	011-02048-00	GEA 24
45	1	011-02048-00	GEA 24
46	1	011-02048-00	GEA 24
47	1	011-02048-00	GEA 24
48	1	011-02048-00	GEA 24
49	1	011-02048-00	GEA 24
50	1	011-02048-00	GEA 24
51	1	011-02048-00	GEA 24
52	1	011-02048-00	GEA 24
53	1	011-02048-00	GEA 24
54	1	011-02048-00	GEA 24
55	1	011-02048-00	GEA 24
56	1	011-02048-00	GEA 24
57	1	011-02048-00	GEA 24
58	1	011-02048-00	GEA 24
59	1	011-02048-00	GEA 24
60	1	011-02048-00	GEA 24
61	1	011-02048-00	GEA 24
62	1	011-02048-00	GEA 24
63	1	011-02048-00	GEA 24
64	1	011-02048-00	GEA 24
65	1	011-02048-00	GEA 24
66	1	011-02048-00	GEA 24
67	1	011-02048-00	GEA 24
68	1	011-02048-00	GEA 24
69	1	011-02048-00	GEA 24
70	1	011-02048-00	GEA 24
71	1	011-02048-00	GEA 24
72	1	011-02048-00	GEA 24
73	1	011-02048-00	GEA 24
74	1	011-02048-00	GEA 24
75	1	011-02048-00	GEA 24
76	1	011-02048-00	GEA 24
77	1	011-02048-00	GEA 24
78	1	011-02048-00	GEA 24
79	1	011-02048-00	GEA 24
80	1	011-02048-00	GEA 24
81	1	011-02048-00	GEA 24
82	1	011-02048-00	GEA 24
83	1	011-02048-00	GEA 24
84	1	011-02048-00	GEA 24
85	1	011-02048-00	GEA 24
86	1	011-02048-00	GEA 24
87	1	011-02048-00	GEA 24
88	1	011-02048-00	GEA 24
89	1	011-02048-00	GEA 24
90	1	011-02048-00	GEA 24
91	1	011-02048-00	GEA 24
92	1	011-02048-00	GEA 24
93	1	011-02048-00	GEA 24
94	1	011-02048-00	GEA 24
95	1	011-02048-00	GEA 24
96	1	011-02048-00	GEA 24
97	1	011-02048-00	GEA 24
98	1	011-02048-00	GEA 24
99	1	011-02048-00	GEA 24
100	1	011-02048-00	GEA 24

GEA 24

Design: M. Jusella
Date: 3.10.2014

GARMIN G3X

Figure 7