



Tiedonkeruulaitteiston tehdastestaus

Tino Sula

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

SULA, TINO:
Tiedonkeruulaitteiston tehdastestaus

Opinnäytetyö 31 sivua
Huhtikuu 2020

Tavaraliikenteen määrän alati kasvaessa on automaatio yhä suuremmassa roolissa parantamassa konttiterminaalien tehokkuutta ja turvallisuutta. Uusien, automaattisten terminaalien rakentamisen ohella myös olemassa olevien terminaalien automatisointi on tärkeää. Tähän kysyntään pyritään vastaamaan valmistamalla lastinkäsittelylaitteisiin jälkiasennettavia tiedonkeruulaitteistoja, joiden avulla vanhat laitteet saadaan osaksi prosessiautomaatiojärjestelmää.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa selvitys testausmenetelmistä, joiden avulla lastinkäsittelylaitteiden tiedonkeruulaitteiston sähkökeskuksia voidaan testata kokoonpanon jälkeen. Työ tehtiin Cargotec Finland Oy:n toimeksiannosta Cargotecin Kalmar-liiketoiminta-alueelle.

Tavoitteena oli luoda ehdotuksia ja suunnitelma siitä, miten työn kohteena olevan lastinkäsittelylaitteen tiedonkeruulaitteiston tehdastestausprosessia voitaisiin parantaa ja pohtia, mitkä parannukset on taloudellisesti kannattavaa ottaa käyttöön. Tämän lisäksi tavoitteena oli parantaa tuotteen jäljitettävyyttä kehittämällä olemassa olevaa komponenttien yksilöintitietojen tietokantaa.

Opinnäytetyössä perehdyttiin sähkölaitteiston testaukselle asetettuihin vaatimuksiin standardien avulla. Teoriaosuudessa esitellään myös tiedonkeruulaitteiston komponentteja ja niiden ominaisuuksia. Työssä käsitellään tehdastestausta yleisesti ja sen vaikutuksia tuotteen laatuun sekä valmistuskustannuksiin.

Työn tuloksena suunniteltiin uusi tehdastestauslaitteisto keskusvalmistuksen käyttöön. Kun laitteisto otetaan käyttöön, voidaan välttyä monilta laitteiston käyttöönottilanteissa ilmeneviltä vioilta. Lisäksi tehtiin ehdotus siitä, miten komponenttien yksilöintitietokantaa voitaisiin parantaa, jotta tuotteen elinkaaren hallinta olisi helpompaa. Työn tuloksena suunniteltua testauslaitteistoa on mahdollista jatkokehittää automatisoimalla testausta. Opinnäytetyön raportoinnissa tiedonkeruulaitteiston yksityiskohtia esitetään yrityksen pyynnöstä rajatusti.

Asiasanat: testaus, laadunvarmistus, lastinkäsittelylaite

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

SULA, TINO:
Factory Testing of Data Acquisition Equipment

Bachelor's thesis 31 pages
April 2020

While the volume of freight traffic is constantly increasing, automation plays an important role as it improves both the efficiency and safety of container terminals. Automatization of existing terminals should be considered as important as building new automated terminals. To meet the demand of automatization, retrofit data acquisition equipment for cargo handling equipment is produced. Retrofitting allows also older cargo handling equipment to be connected to the process automation system.

The purpose of this thesis was to make a statement about the methods for testing the electric cabinets of cargo handling equipment. This study was made on request for the Kalmar business area of Cargotec Finland Oy.

The aim was to produce a proposal and a plan about how to improve the factory testing process of the data acquisition equipment, and to examine which improvements are economically worthwhile to put into service. Also, improvements for the component identification database to enhance the traceability of the product were sought.

Standards were examined to become familiar with the requirements for testing of electric equipment. In the theoretical part of the thesis, data acquisition equipment and its components were demonstrated. The thesis includes introduction of factory testing and its effect on quality and manufacturing costs.

As a result of the thesis, new testing hardware for electric cabinets was designed. When the testing equipment is introduced into production, many bugs can be avoided while commissioning the data acquisition equipment. A proposal to improve the component identification database was made. Improving the database will simplify the product lifecycle management. Further development of the testing process could include automating the process with new testing software. Details of the data acquisition equipment is presented within the limits set by the company.

Key words: testing, quality assurance, cargo handling equipment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	YRITYS JA TOIMIALA	7
2.1	Kalmar	7
2.2	Konttiterminaali	8
2.3	Lastinkäsittelylaitteet	9
3	TIEDONKERUULAITTEISTO	14
3.1	Tiedonkeruujärjestelmä	14
3.2	Paikannus	15
3.3	I/O-moduuli ja ulkoiset sensorit	18
3.4	Ethernet	19
4	TESTAUS	20
4.1	Sähköturvallisuus	20
4.2	Tehdastestaus	21
4.3	Tuotteen jäljitettävyyys	23
5	TESTAUSLAITTEISTO	24
5.1	Tehdastestauslaitteisto yleisesti	24
5.2	Sähköinen testaus	25
5.3	Paikannuslaitteen testaus	26
5.4	Tiedonkeruusovelluksen asentaminen	27
5.5	I/O-moduulin ja ulkoisten sensorien testaus	27
6	POHDINTA	29
	LÄHTEET	31

LYHENTEET JA TERMIT

CAN	ajoneuvoissa käytetty tiedonsiirtoväylä, Controller Area Network
DAQ	tiedonkeruu, Data Acquisition
ELV	pienoisjännite, Extra Low Voltage
FAT	tehtaan hyväksyntätestaus, Factory Acceptance Test
GBAS	maa-asemapohjainen parannusjärjestelmä, Ground Based Augmentation System
GNSS	maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä, Global Navigation Satellite System
GPS	maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä, Global Positioning System
I/O	tulo / lähtö, Input / Output
IMU	inertiamittausyksikkö, Inertial Measurement Unit
INS	inertianavigointijärjestelmä, Inertial Navigation System
ISO	kansainvälinen standardoimisjärjestö, International Organization for Standardization
RTG	mobiliipukkinosturi, Rubber Tyred Gantry (Crane)
SBAS	satelliittipohjainen parannusjärjestelmä, Satellite Based Augmentation System
TEU	konttiliikenteen mittayksikkö, yksi kontti, Twenty Foot Equivalent Unit
TOS	terminaalin toiminnanohjausjärjestelmä, Terminal Operating System
WLAN	langaton lähiverkko, Wireless Local Area Network

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on Cargotec-konsernin Kalmar-liiketoiminta-alueen valmistamien sähkökeskusten kokoonpanon jälkeisen tehdastestausprosessin kehitys. Testausprosessin kehitys oli ajankohtaista, koska kyseinen keskus on siirtymässä tuotekehitysvaiheesta sarjatuotantoon.

Työssä tarkasteltava sähkökeskus on osa Kalmarin satama- ja konttiterminalien prosessiautomaatiojärjestelmää. Keskuksen tarkoituksena on kerätä tietoja lastinkäsittelylaitteesta ja lähettää ne prosessiautomaatiojärjestelmän palvelimelle, joka kokoaa kaikkien satamaterminalissa toimivien laitteiden tiedot yhteen.

Tiedonkeruujärjestelmä voidaan liittää mihin tahansa markkinoilla olevaan lastinkäsittelylaitteeseen valmistajasta riippumatta. Tästä johtuen tiedonkeruujärjestelmän tulosignaalien tyyppi ja käytettävät tiedonsiirtoprotokollat voivat vaihdella. Järjestelmässä on erilaisia rajapintoja, joiden avulla signaalit syötetään Linux-pohjaiselle tietokoneelle. Tietokoneella suoritettava tiedonkeruusovellus (DAQ) lähettää datan langattomasti terminaalin prosessiautomaatiopalvelimelle, jossa tietoja käytetään terminaalin toimintojen optimointiin ja automatisointiin.

Tässä työssä käsiteltävä keskus ja sen sisältämä tiedonkeruujärjestelmä liittyy olennaisesti etenkin prosessiautomaatiojärjestelmän kontti-inventaario-sovellukseen. Prosessiautomaatiojärjestelmä voidaan integroida osaksi terminaalin toiminnanohjausjärjestelmää (TOS), jolloin automaatio-sovellus huolehtii konttien sijainnin päivityksestä toiminnanohjausjärjestelmään. Näin vältetään syöttämästä konttien tietoja manuaalisesti ja inhimillisten virheiden määrä pienenee.

2 YRITYS JA TOIMIALA

2.1 Kalmar

Cargotec on suomalainen lastin- ja kuormankäsittelyalan ratkaisuiden toimittaja. Yritys toimii kansainvälisesti yli sadassa maassa ja työllisti vuoden 2019 lopussa noin 12 500 henkilöä. Cargotec koostuu kolmesta liiketoiminta-alueesta, Kalmarista, Hiabista ja MacGregorista. (Cargotec n.d.)

Kalmar keskittyy satamien, terminaalien, jakelukeskusten sekä raskaan teollisuuden lastinkäsittelyratkaisujen tuottamiseen. Kalmarin tarjontaan kuuluu kuormankäsittelylaitteiden lisäksi automaatio- ja ohjelmistoratkaisut sekä palvelut. Kalmarin teknologia- ja osaamiskeskus sijaitsee Tampereella. Kuvassa 1 esitetään teknologia- ja osaamiskeskuksessa sijaitseva testialue. (Kalmar n.d.)



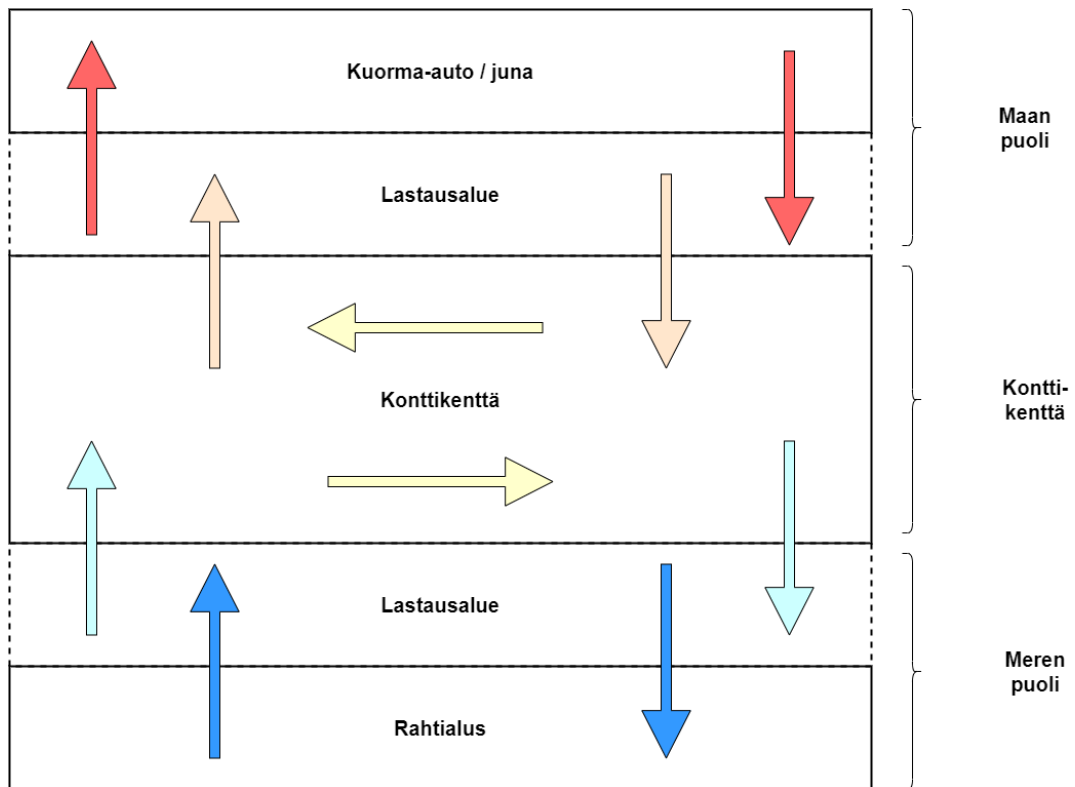
KUVA 1. Testialue Kalmarin Tampereen toimipisteessä (Kalmar)

2.2 Konttiterminaali

Suurin osa maailman meriteitse kulkevasta rahtiliikenteestä kuljetetaan ISO-standardin mukaisissa konteissa. Standardi pohjautuu yhdysvaltalaiseen standardiin, joten konttien mitat ilmoitetaan jalkoina. Eniten käytetyt kontit ovat 20 jalan pituinen kontti ja 40 jalan pituinen kontti. Konttien koon standardointi on tehostanut logistiikan toimintoja huomattavasti. Rahtiliikenteen mittayksiköksi onkin muodostunut twenty-foot-equivalent-unit, eli TEU, joka tarkoittaa yhtä 20 jalan konttia. (Logistiikan Maailma n.d.)

Vuonna 2018 maailman konttiterminaaleissa kuljetettiin rahtia yhteensä 793 miljoonan TEU:n edestä (World Bank Group n.d.). Konttiterminaalien läpi kulkevien konttien määrän kasvaessa jatkuvasti tulee automaatio yhä tärkeämmäksi.

Konttiterminaali toimii useimmiten satamassa meri- ja maakuljetusten rajapintana. Konttiterminaaleja on kuitenkin myös sisämaassa juna- ja kuorma-autoliikennettä varten. Satamaterminaalit koostuvat kolmesta pääosasta ja näiden välisistä lastausalueista (Meisel 2009, 10). Kuvassa 2 esitetään terminaalien osat sekä niiden välillä tapahtuvat konttien siirrot.



KUVA 2. Terminaalin rakenne

Rahtialus ja sen yläpuolella oleva satamanosturi muodostavat terminaalin merenpuoleisen osan. Satamanosturi siirtää kontteja aluksesta lastausalueelle. Lastausalueelta kontit kuljetetaan esimerkiksi konttilukilla konttikentälle, joka toimii lyhytaikaisena varastona. Konttikentältä kontit siirretään maanpuoleiseen osaan, eli porttialueelle, jossa ne lastataan kuorma-autoihin tai juniin terminaalien tyypistä riippuen. (Kim, Günther 2007, 5)

2.3 Lastinkäsittelylaitteet

Tämän työn kohteena oleva tiedonkeruujärjestelmä on tarkoitettu asennettavaksi viiteen erityyppiseen lastinkäsittelylaitteeseen. Näitä laitteita yhdistää liikkuvuus, sillä jokainen on varustettu kääntyvillä kumipyörillä sen sijaan, että ne liikkuisivat kiskoilla, kuten satamanosturit.

Mobiilipukkinosturi

Mobiilipukkinosturi tunnetaan yleisemmin lyhenteellä RTG. Se liikkuu useita kontteja leveän ja korkean pinon päällä siirtäen kontteja nopeasti konttikentän päästä toiseen. RTG-nostureiden automatisointi on tällä hetkellä erittäin suosittu keino tehostaa terminaalien toimintaa. Kuvassa 3 esitetään eräs mobiilipukkinosturi toimintaympäristössään konttiterminaalissa.



KUVA 3. Kalmar AutoRTG Dublinin Ferryport Terminalissa (Kalmar)

Konttilukki

Konttilukki on monikäyttöinen laite, joka pystyy kuljettamaan kontteja satamanosturin alta konttikentälle sekä konttikentältä kuorma-auton lavalle. Konttilukit voivat pinota jopa neljä konttia korkeita pinoja. Konttilukin operointi on mahdollista myös täysin automaattisesti. Kuvassa 4 esitetään konttilukkeja.



KUVA 4. Konttilukkeja (Kalmar)

Konttikurottaja

Teleskooppipuomilla varustettu konttikurottaja on suosittu etenkin pienemmissä, vähemmän automatisoiduissa terminaaleissa sen toiminnan joustavuuden ansiosta. Kuvassa 5 esitetään konttia nostava kurottaja.



KUVA 5. Kalmar-konttikurottaja (Kalmar)

Mastollinen kontinkäsittelijä

Toiselta nimeltään tyhjien konttien käsittelylaite on trukkia muistuttava, useimmiten tyhjien konttien siirtämiseen tai pinoamiseen tarkoitettu laite. Se eroaa trukista tarttujansa ansiosta. Kuvassa 6 esitetään eräs Kalmarin valmistava mastollinen kontinkäsittelijä.



KUVA 6. Kalmar sähkökäyttöinen tyhjien konttien käsittelylaite (Kalmar)

Terminaalitraktori

Terminaalin sisäiseen konttien kuljetukseen tarkoitettu terminaalitraktori vaatii aina toisen laitteen lastaamaan tai purkamaan kontin. Kuvassa 7 esitetään terminaalitraktori.



KUVA 7. Kalmar-terminaalitraktorin lastaaminen konttikurottajan avulla (Kalmar)

3 TIEDONKERUULAITTEISTO

3.1 Tiedonkeruujärjestelmä

Työn aiheena olevan sähkökeskuksen tarkoitus on toimia rajapintana lastinkäsittelylaitteen ja prosessiautomaatiojärjestelmän välillä. Sähkökeskukseen kytketään kaikki tulosignaalit, joita prosessiautomaatiojärjestelmä vaatii toimiakseen. Sähkökeskukseen asennettu tietokone suorittaa tiedonkeruu-sovellusta, joka muuntaa tulosignaalit oikeaan muotoon prosessiautomaatiojärjestelmää varten ja lähettää datan prosessiautomaatiojärjestelmän palvelimelle.

Tietokone käyttää ethernet-, sarjaliikenne- sekä CAN-rajapintoja tarvittavien signaalien keräämiseksi. Näihin rajapintoihin voidaan kytkeä lastinkäsittelylaitteiden ohjelmoitava logiikka tai muita älykkäitä moduuleja. Jotta tiedonkeruujärjestelmään saadan syötettyä myös sähköisiä tulosignaaleja suoraan antureilta, sähkökeskuksessa on myös I/O-moduuli.

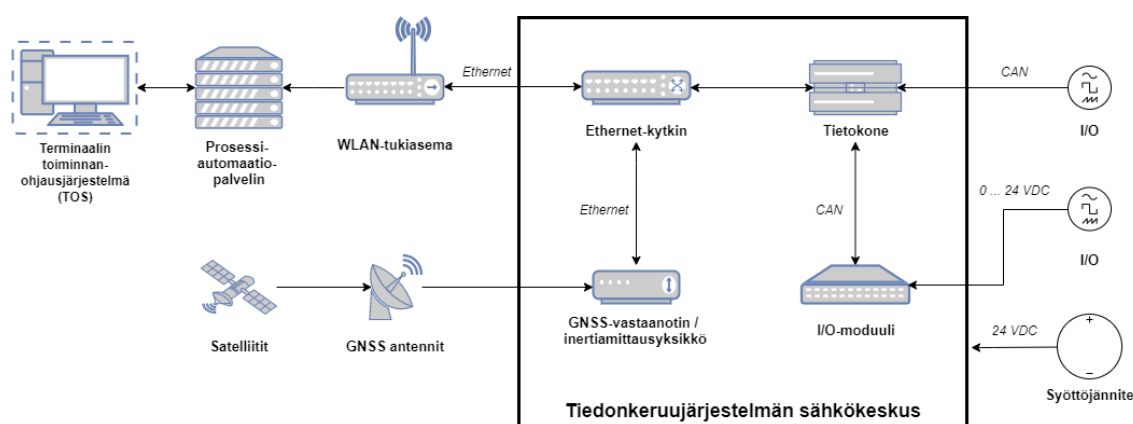
Prosessiautomaatiojärjestelmän kannalta tärkeintä on tietää jokaisen kontti-terminaalissa olevan kontin ja lastinkäsittelylaitteen sijainti mahdollisimman tarkasti. Koska konttien paikantaminen olisi erittäin vaikea toteuttaa, onkin päädytty tarkastelemaan lastinkäsittelylaitteiden sijaintia. Kun laite tarttuu kiinni konttiin, sen sijainti rekisteröidään, jotta voidaan määrittää, minkä kontin laite nostaa. Lastinkäsittelylaitteen laskiessa kontin määränpäässään kontin sijainti päivitetään.

Paikannukseen käytetään erillistä lastinkäsittelylaitteeseen kiinnitettävää GNSS-vastaanotinta. Vastaanotin kytketään tietokoneeseen ethernet-yhteydellä. Satelliittipaikannuksen lisäksi sijainnin määrittämiseen voidaan käyttää inertiamittausta sekä odometriä. Paikannusta käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

Sijainnin lisäksi tärkeitä tietoja ovat laitteen tarttujan lukituksen tila, korkeus ja leveys. Tarttuja on lastinkäsittelylaitteen osa, johon kontti kiinnittyy. Tarttujassa

on sensori, jonka avulla tiedonkeruujärjestelmä saa tiedon, onko lastinkäsittelylaite kuljettamassa konttia vai ei. Tarttujan korkeuden selvittämiseksi eri tyyppisissä laitteissa käytetään monia eri mittausmenetelmiä. Korkeustieto on tärkeä, koska kontteja varastoidaan lähes aina useita päällekkäin, joten on tärkeää tietää, millä korkeudella lastinkäsittelylaite poimii tai laskee kontin. Näiden lisäksi voidaan tarkkailla, onko tarttujaan kiinnitetty kontti pituudeltaan 20 vai 40 jalkaa.

Kalmarin tiedonkeruujärjestelmä on suunniteltu siten, että se on mahdollista integroida mihin tahansa edellisessä luvussa esiteltyyn lastinkäsittelylaitteeseen laitteen valmistajasta, ominaisuuksista tai iästä riippumatta. Sähkökeskuksen laiterakenteen pysyessä samanlaisena integrointi mahdollistetaan tiedonkeruusovelluksen konfiguroinnin muutoksilla. Kuvassa 8 esitetään yksinkertaistetusti tiedonkeruujärjestelmän rakenne.



KUVA 8. Tiedonkeruujärjestelmän rakenne

3.2 Paikannus

Yksi tärkeimmistä yksittäisistä tiedoista, joita tiedonkeruujärjestelmä lastinkäsittelylaitteesta kerää on sijaintitieto. Laitteen sijaintitieto tuotetaan useimmiten satelliittipaikannusjärjestelmää (GNSS) ja inertianavigointijärjestelmää (INS) käyttämällä. Näiden lisäksi voidaan tarvittaessa käyttää odometriä. Odometri on anturi, joka mittaa laitteen pyörien pyörimisnopeutta. Se voidaan sijoittaa pyörien

lisäksi esimerkiksi vetoakseliin, tällöin täytyy tosin huomioida välityssuhde nopeuden laskemisessa.

Satelliittipaikannus on nykyisin yksi eniten käytetyistä paikannusmenetelmistä esimerkiksi ajoneuvojen paikannuksessa. Satelliittipaikannuksen toiminta perustuu satelliitin lähettämän signaalin kulkuajan laskemiseen. Paikannus-satelliitti sisältää tarkan atomikellon, jonka avulla se lähettää maahan aika-signaalin. Lisäksi satelliitti lähettää oman sijaintinsa. Vastaanotin laskee satelliitin signaalin lähetysajan ja vastaanottoajan erotuksen ja kertoo sen radiosignaalin etenemisnopeudella eli valon nopeudella. Näin saadaan satelliitin ja vastaanottimen välinen etäisyys. (Maanmittauslaitos n.d.)

Eniten käytetty satelliittipaikannusjärjestelmä on yhdysvaltalainen GPS. Muita käytössä olevia järjestelmiä ovat muun muassa venäläinen GLONASS, eurooppalainen Galileo ja kiinalainen BeiDou. Paikannustarkkuutta on mahdollista parantaa käyttämällä vastaanotinta, joka kykenee käyttämään useamman eri satelliittijärjestelmän satelliitteja yhtä aikaa.

Kuluttajataso GNSS-vastaanottimella saavutetaan hyvissä olosuhteissa noin viiden metrin tarkkuus. Tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat ilmakehän ominaisuudet, vastaanottimen läheisyydessä olevat fyysiset esteet ja vastaanottimen kvartsikellon tarkkuus. (Maanmittauslaitos n.d.)

Ilmakehän ionosfääri aiheuttaa sen läpi kulkevaan signaaliin vääristymän, jonka suuruus riippuu signaalin taajuudesta. Vääristymää pyritään kompensoimaan lähettämällä signaalia kahdella tai kolmella eri taajuudella. Myös troposfäärin säätömiöt voivat vaikuttaa signaalin kulkuaikaan. Troposfäärin aiheuttama virhe ei ole kuitenkaan yhtä merkittävä kuin ionosfäärin. (Maanmittauslaitos n.d.)

Vastaanottimen sijainti vaikuttaa paljon siihen, kuinka merkittävästi heijastumat ja vaimentumat heikentävät signaalin laatua. Satamaympäristössä liikkuvan lastinkäsittelylaitteen GNSS-vastaanotin on alati heikon satelliittinäkyvyyden alueella. Korkeat konttipinot ja satamanostureiden metallirakenteet aiheuttavat paikannussignaaleihin paljon heijastumia ja vaimentumia. Tämän vuoksi laitteissa on päädytty käyttämään GNSS- ja INS-paikannuksen yhdistelmää.

Mikäli GNSS-vastaanotin tulkitsee satelliittinäkyvyyden olevan liian heikko-laatuinen, järjestelmä alkaa seuraamaan sijainnin muutosta inertianavigointijärjestelmän avulla. Inertianavigointijärjestelmä perustuu kolmiulotteisiin kiihtyvyyssantureihin sekä gyroskoppeihin. Integroimalla X-, Y- ja Z-akselien suuntaiset hetkelliset kiihtyvyydet kahdesti, saadaan paikan muutos. Gyroskoppien avulla mitataan laitteen asentoa ja suuntaa. Inertianavigointi perustuu siis ainoastaan paikan muutoksen selvittämiseen. Näin ollen se vaatii aina tunnetun lähtöpisteen. (Noureldin, A., Karamat, T. & Georgy, J. 2013. 11)

Teoriassa INS pystyy määrittämään laitteen sijainnin erittäin tarkasti. Tätä menetelmää on onnistuneesti käytettykin muun muassa lentokoneiden paikannuksessa. Tämän työn sovelluksessa inertiamittausyksikön (IMU) asennuspaikka voi olla altis värähtelyille, joita syntyy lastinkäsittelylaitteen liikkeessä. Tästä syystä sijainnin määrittäminen ainoastaan inertiaan perustuen ei ole pitkällä aikavälillä luotettava paikannusmenetelmä.

Differentiaalinen GPS käyttää referenssimaa-asemana toista GNSS-vastaanotinta, jonka tarkka sijainti on tunnettu. Tämä referenssiasema vertaa satelliittien avulla laskettua sijaintiaan tunnettuun sijaintiinsa. Referenssivastaanottimen on sijaittava maantieteellisesti samalla alueella kuin liikkuva vastaanotin. Näin voidaan selvittää hetkellinen paikallinen virhe, joka satelliittien signaaleihin aiheutuu ilmakehässä. Referenssiasema lähettää laskemansa virhearvon samalla alueella sijaitseville liikkuville vastaanottimille, jolloin ne voivat kompensoida ilmakehän aiheuttaman virheen. (Noureldin, A., Karamat, T. & Georgy, J. 2013. 79)

Nykyisin yleistyvät myös satelliitteihin ja maa-asemiin perustuvat parannusjärjestelmät SBAS ja GBAS. Niiden tarkoituksena on parantaa satelliittipaikannuksen tarkkuutta määrittämällä tietyllä hetkellä tietyssä paikassa satelliittien signaaleihin aiheutunut virhe. SBAS-järjestelmä perustuu maa-asemiin, joiden sijainti on tunnettu. Maa-asemat ottavat vastaan GPS-satelliittien signaalia ja pyrkivät määrittämään senhetkisen ilmakehän paikannussignaaliin aiheuttaman virheen. Maa-asemat lähettävät laskemansa virheen SBAS-satelliiteille, jotka lähettävät sen edelleen GPS-vastaanottimille. GBAS-

järjestelmä perustuu samankaltaisiin maa-asemien tekemiin mittauksiin. SBAS:ista poiketen maa-asemat lähettävät virhetiedon GPS-vastaanottimille radiosignaalin avulla. (Noureldin, A., Karamat, T. & Georgy, J. 2013. 8)

3.3 I/O-moduuli ja ulkoiset sensorit

Tiedonkeruulaitteistossa on tuloja ja lähtöjä varten CANopen-protokollaa hyödyntävä I/O-moduuli. Moduulin avulla saadaan kytkettyä useita signaaleita tietokoneeseen ainoastaan yhden CAN-väyläkaapelin kautta. Tämä yksinkertaistaa sähkökeskuksen sisäistä kaapelointia. Moduuliin voidaan kytkeä sekä digitaalisia että analogisia tuloja tai lähtöjä. Analogiset tulot voivat olla tyypiltään joko virta- tai jännitemoduloituja. Analogiset lähdöt ovat pulssinleveysmodulaatiolla toteutettuja. I/O-moduuli tulee konfiguroida ennen käyttöönottoa, jotta kommunikaatio CAN-väylässä toimii oikein ja tulojen jännite- tai virtaalueet ovat oikein.

Tyypillisiä lastinkäsittelylaitteesta kerättäviä tulosignaaleja ovat esimerkiksi induktiivisten kytkimien tila tai etäisyyden mitta. Tässä työssä käsiteltävässä tiedonkeruulaitteiston tapauksessa lähtöjen käyttö ei ole tyypillistä, sillä lähestulkoon kaikki lähtevä data toteutetaan lähiverkkoyhteyden avulla.

Ulkoiset sensorit kytketään sähkökeskukseen M12-liittimien avulla. M12-liittimet ovat nimensä mukaisesti ruuviliittimiä, joiden kierteen halkaisija on 12 millimetriä. Liitintyyppi soveltuu hyvin teollisuuden käyttöön, sillä sen avulla saadaan tiivis liitos, joka on hyvin nopeasti kytkettävissä uudelleen esimerkiksi kunnossapitotöiden yhteydessä. Liittimessä voi olla käyttökohteesta riippuen kolmesta seitsemääntoista pinniä. Liitintä voidaan sen mallista riippuen käyttää tehonsyöttöön sekä antureiden että kenttäväylien kytkentään. M12-liittimet ovat asennettu sähkökeskuksen pohjaan, jotta ulkoisten kaapelien kytkeminen olisi mahdollisimman helppoa.

3.4 Ethernet

Keskuksen tietokone on kytketty verkkokaapelilla ethernet-kytkimeen. Kytkimen kautta tietokoneeseen voidaan kytkeä myös muita tarvittavia päätelaitteita. Jotta ulkoisten laitteiden kytkeminen sähkökeskukseen olisi helpompaa, on sähkökeskuksen ulkopuolella M12-liittimet myös verkkokaapeleita varten. Järjestelmän lähiverkkoyhteyden toiminta on edellytys koko tiedonkeruujärjestelmän toiminnalle, mutta myös sen käyttöönottovaiheen konfiguroinnille kuin myös tehdastestaukselle. Ethernet-kytkimen ja tietokoneen välisen yhteyden testaaminen on siis erittäin tärkeää.

Tiedonkeruusovelluksen ja prosessiautomaatiopalvelimen välinen yhteys toteutetaan useimmiten langattoman lähiverkon (WLAN) tai muun langattoman tiedonsiirtomenetelmän avulla. Langattoman yhteyden toteuttamiseksi ethernet-kytkimeen liitetään tukiasema. Verkkojen toteutustapa vaihtelee hyvin paljon asiakaskohteesta riippuen. Tästä syystä tukiasemaa ei useimmiten asennetakaan keskuksen kokoonpanovaiheessa. Asiakkaiden kannalta turvallisempi ratkaisu on, että he asentavat itse tarpeisiinsa sopivan tukiaseman.

4 TESTAUS

4.1 Sähköturvallisuus

Tässä työssä käsiteltävän tiedonkeruulaitteiston nimellisjännite on pienoisjännite (ELV). Pienoisjännite määritellään jännitteeksi, joka johtimien välillä tai johtimen ja maan välillä ei normaalisti ylitä 50 V vaihtojännitettä tai 120 V tasajännitettä. (SFS 6002 2015, 15.) Tarkasteltavan sähkölaitteiston syöttöjännite saadaan lastinkäsittelylaitteen akustosta. Akuston nimellisjännite on 12 V tai 24 V tasajännitettä.

Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002 määrittelee testauksen toiminnaksi, jolla tarkistetaan sähkölaitteiston toimintaa tai sen sähköistä tai mekaanista kuntoa. Sähkölaitteiston testauksen suorittajan tulee olla sähköalan ammattihenkilö tai välittömästi ammattihenkilön ohjaama ja valvoma maallikko. Testaus voi sisältää toiminnan tarkistuksen lisäksi sekä jännitteettömänä että jännitteisenä tehtäviä mittauksia. (SFS 6002 2015, 22.)

Tarkastuksella taas varmistetaan, että sähkölaitteisto on soveltuvien standardien vaatimusten mukainen. Tarkastus voi pitää sisällään aistinvaraisen tarkistuksen, testauksia tai mittauksia. Uusien sähkölaitteistojen lisäksi myös olemassa oleviin asennuksiin tehdyt muutokset tulee tarkastaa ennen käyttöönottoa. Tarkastuksen suorittaminen tulee tehdä käyttäen vertailukohtana sähkölaitteiston sähköpiirustuksia. Tarkastuksesta on laadittava pöytäkirja. (SFS 6002 2015, 23.)

Sähköalan standardien lisäksi satamanostureihin ja kuormaa käsitteleviin laitteisiin asennettavalle sähkölaitteistolle asetetaan vaatimuksia standardissa SFS-EN 60204-32: Koneturvallisuus. Koneiden Sähkölaitteisto, osa 32. Vaatimukset nostokoneille. Tässä standardissa määritellään muun muassa sähkölaitteiston todentamisen vaatimukset. Näiden vaatimusten pohjalta sähkölaitteisto on tarkastettava sekä testattava ennen käyttöönottoa. Sähkölaitteiston mukana on toimitettava tarvittava teknillinen dokumentaatio ja sähkölaitteiston on vastattava tätä dokumentaatiota. Mikäli kosketusjännitesuojaus on toteutettu syötön automaattisella poiskytkennällä, tulee sille asetetut ehdot

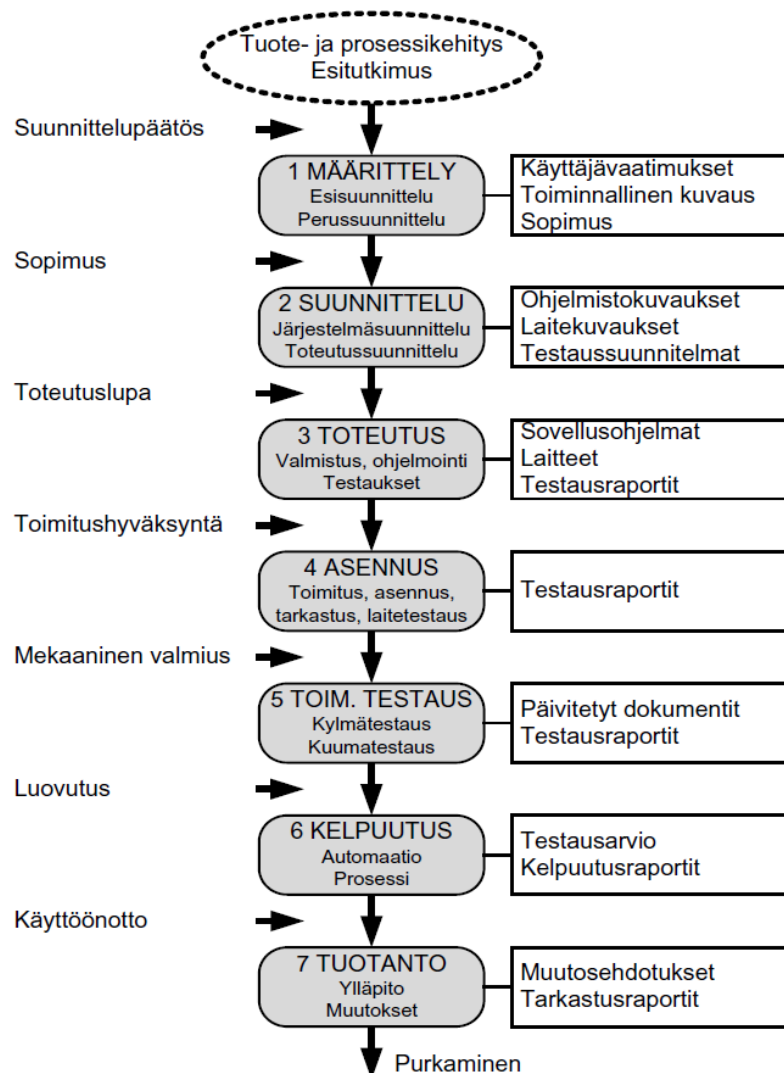
todentaa. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävän sähkölaitteiston kosketusjännitesuojaus on kuitenkin toteutettu käyttämällä pienoisjännitettä. Sähkölaitteiston toiminta on testattava asianmukaisella toiminnallisella testillä. Lisäksi laitteistolle tulee suorittaa joko eristysresistanssimittaus tai jännitekoe. (SFS 60204-32 2008. 184.)

Sähkökeskuksen turvallisuuden toteaminen perustuu siihen, että laitteisto on valmistettu täsmälleen dokumentaation eli sähköpiirustuksien mukaisesti. Tarkastaminen aloitetaan jännitteettömänä. Aluksi varmistetaan, että dokumentaatio on ajantasainen ja laitteiston komponentit ovat dokumentaation mukaiset. Silmämääräisessä tarkastuksessa todetaan, että sähköasennukset on tehty huolellisesti ja kosketusjännitesuojaus toteutuu vaatimusten mukaisesti. Mittaukset aloitetaan keskuksen ollessa edelleen jännitteetön. Ensimmäisenä mitataan keskuksen suojajohtimien jatkuvuus. Myös muiden johtimien jatkuvuuden mittaaminen komponenttien välillä on suositeltavaa. Näin varmistetaan, että liitokset on tehty huolellisesti. Löysä liitos voi kasvattaa kytkennän resistanssia, joka aiheuttaa termisen vaaratilanteen. Seuraavaksi tehdään eristysresistanssimittaus. Sen avulla varmistetaan, että maan ja muussa potentiaalissa olevien johtimien ja komponenttien välinen resistanssi on riittävän suuri.

4.2 Tehdastestaus

Automaatiojärjestelmän tehtaan hyväksyntätestauksella eli FAT:illa (Factory Acceptance Test) tarkoitetaan useimmiten toiminnallista testausta, joka tapahtuu valmistajan tiloissa. Testaus suoritetaan, kun järjestelmän ohjelmistokehitys ja keskuksen kokoonpano on päättynyt. Useimmiten testaukseen osallistuu sekä laitetoimittajan että tilaajan edustajia. Tehdastestauksen suorittamisen jälkeen automaatiokeskus toimitetaan asennuspaikalle. Prosessiteollisuuden automaatiojärjestelmien FAT-testaukselle määritellään vaatimuksia standardissa IEC 62381. Tämän työn sähkölaitteisto ei kuitenkaan kuulu edellä mainitun standardin alaisuuteen, joten tässä työssä käsiteltävä tehdastestaus voi poiketa joiltain osin standardin vaatimuksista.

Suomen automaatioseuran vuonna 2007 julkaisemassa Automaatiosuunnittelun prosessimalli -kirjassa esitetyssä automaatiojärjestelmän elinkaarta esittävä kaavio esitetään kuvassa 9. Kaaviossa FAT sijoittuu vaiheen kolme loppuun. Vaiheen neljä lopussa suoritetaan asennuksen jälkeinen käyttöönottotestaus. Vaiheen viisi toiminnallinen testaus tarkoittaa SAT-testiä (Site Acceptance Test).



KUVA 9. Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet (Suomen automaatioseura 2007)

Tässä opinnäytetyössä käsitellään pääasiassa tehtaan hyväksymistestauksen osuutta, joskin myös käyttöönottotestausta sivutaan myöhemmin. Tehdastestaus ja käyttöönottotestaus ovatkin osa edellisessä luvussa käsiteltyä toiminnallista testausta.

Tehdastestauksessa testataan useimmiten keskuksen komponenttien ja ohjelmiston toiminta simuloimalla tulosiinaalit, eli varsinaisia kenttälaitteita ei testata. Koska työssä käsiteltävä järjestelmä on kokoluokaltaan prosessiteollisuuden automaatiojärjestelmiä pienempi, myös kenttälaitteiden kytkeminen järjestelmään tehdastestien aikana on mahdollista.

4.3 Tuotteen jäljitettävyys

Lähtökohtaisesti jokaisen sähkökeskukseen asennetun komponentin yksilöintitiedot tulee talteenottaa. Tästä voidaan poiketa esimerkiksi riviliittimien kohdalla, mutta kaikkien mekaanisten ja digitaalisten komponenttien seuraaminen on hyvin olennaista. Yksilöintitiedoilla tarkoitetaan esimerkiksi komponentin valmistajaa, tuotekoodia ja sarja- tai eränumeroa.

Kokoonpanon aikana tuotetusta dokumentaatiosta tulee selvittää myös projektin tiedot, tilaaja sekä kokoonpanon suoritusajankohta. Näiden tietojen perusteella pystytään tarvittaessa selvittämään helpommin tiettyihin komponentteihin liittyviä ongelmia. Tässä edellytyksenä on kuitenkin yhteistyö komponenttivalmistajien kanssa.

Dokumentaatio helpottaa myös mahdollisia varaosatilauksia. Mikäli selviää, että tuotteen alkuperäisessä rakenteessa olevaa komponenttia ei ole enää saatavilla esimerkiksi tuotannon loppumisen johdosta, tulee selvittää korvaavan tuotteen yhteensopivuus olemassa olevan laitteiston kanssa. Asiakkaita tulee myös tiedottaa, mikäli tuotteen varaosien saatavuus on loppumassa.

5 TESTAUSLAITTEISTO

5.1 Tehdastestauslaitteisto yleisesti

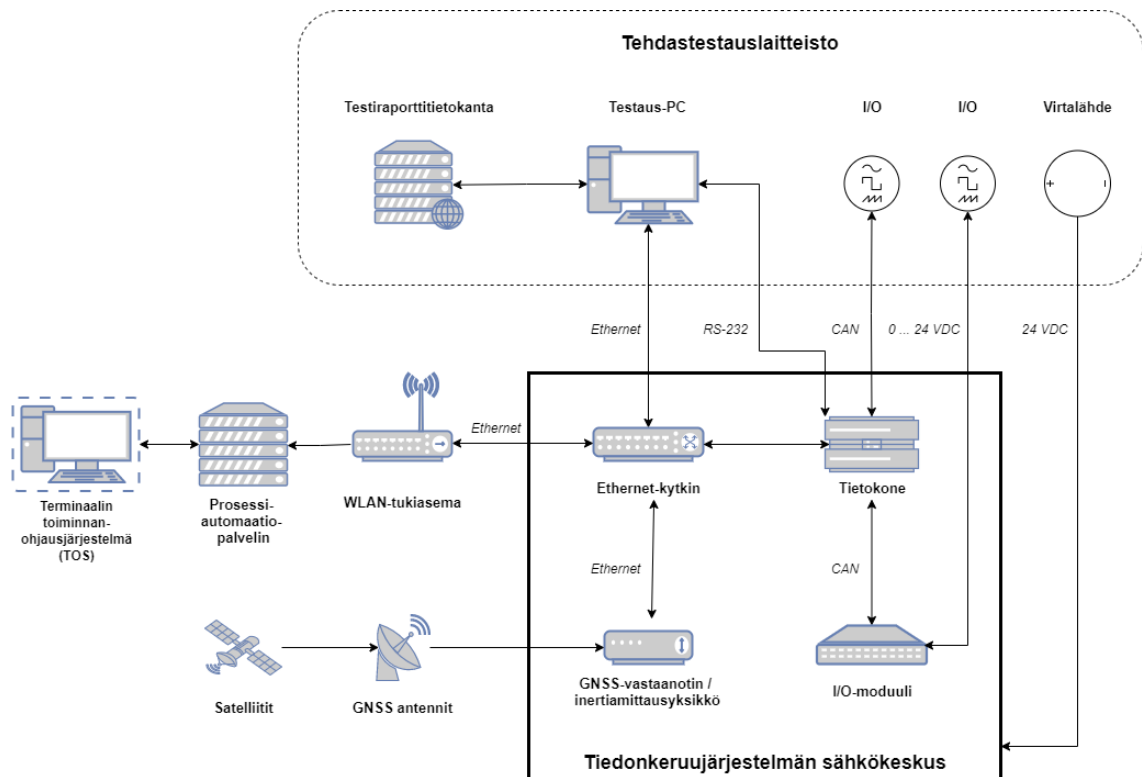
Tehdastestauslaitteisto tullaan sijoittamaan samaan tuotantotilaan, jossa sähkökeskusten kokoonpano tapahtuu. Jotta laitteisto on mahdollisimman helposti siirrettävissä, toteutetaan kaikkien komponenttien jännitteensyöttö yhden verkkojännitteisen yksivaiheisen pistotulpan kautta. Näin laitteisto ei ole riippuvainen kiinteästi asennetusta tasajännitelähteestä. Testauslaitteisto rakennetaan pöydälle sijoitettavaksi. Tilantarve on noin kaksi neliömetriä.

Testauslaitteisto sisältää muuntajan, joka muuntaa verkkojännitteen tiedonkeruulaitteiston vaatimaksi 24 voltin tasajännitteeksi. Muuntajan lähtö on suojattu johdonsuojakytkimellä, jotta tiedonkeruulaitteiston suurin sallittu virta ei ylitä. Muuntajan lähdössä on myös pääkytkin, jolla tiedonkeruujärjestelmän syötön saa katkaistua tarvittaessa. Käyttöjännitteen lisäksi tiedonkeruujärjestelmä vaatii tiedon lastinkäsittelylaitteen virta-avaimen asennosta. Tämän simuloimiseksi testauslaitteistossa on toinen kaksiasentoinen kytkin.

Tiedonkeruulaitteiston sähkökeskus on mahdollista varustaa lämmittimellä, mikäli käyttöympäristön lämpötila tai ilmankosteus näin vaativat. Sähkökeskuksen normaali tehonsyöttö ei ole mitoitettu lämmittimen käyttöön, joten mikäli lämmittimen toiminta halutaan testata, tarvitaan sille oma tasajännitesyöttö. Tätä varten testilaitteistoon voidaan asentaa kolmas kytkin, jolla ohjataan lämmityslaitteen tehonsyöttö päälle tai pois. Lämmittimen tehonsyöttö tulee varustaa omalla johdonsuojakytkimellä.

Testauslaitteiston läheisyydessä tulee olla käytettävissä tietokone, joka voidaan kytkeä verkkokaapelilla sähkökeskuksen ethernet-kytkimeen. Tätä tietokonetta käytetään diagnostiikkatyökalun käyttämiseen tiedonkeruutietokoneen toiminnan testaamiseksi. Tietokoneella voidaan myös täyttää testauspöytäkirja, joka sisältää käyttöönottotarkastuksen dokumentaation mittaustuloksineen sekä sähkökeskuksen komponenteista kerätyt yksilöintitiedot.

Kuvassa 10 esitetään tehdastestauslaitteiston ja tiedonkeruulaitteiston väliset kytkennät yksinkertaistetusti.



KUVA 10. Tiedonkeruujärjestelmän ja tehdastestauslaitteiston kaaviokuva

5.2 Sähköinen testaus

Tiedonkeruulaitteiston jännitteensyöttö saadaan lastinkäsittelylaitteen akusta. Akkua ladataan useimmiten lastinkäsittelylaitteen dieselmoottorin avulla. Akku myös syöttää dieselmoottoria ja lastinkäsittelylaitteen muita järjestelmiä. Siitä johtuen akuston jännite ei pysy kaikissa käyttötilanteissa halutussa 24 voltissa. Käynnistysmoottorin suuresta virrasta johtuen käynnistyshetkellä akun jännite laskee. Lastinkäsittelylaitteen sähköjärjestelmien kuormituksen ollessa alhainen dieselmoottoriin kytketty generaattori lataa akustoa 24 voltia suuremmalla jännitteellä. Joissakin lastinkäsittelylaitteissa käytetään myös 12 voltin akkuja. Tiedonkeruulaitteiston toiminnan varmistamiseksi sähkökeskuksessa on tasajännitemuuntaja, joka vakauttaa keskuksen jännitteen 24 volttiin. Laitteiston testaus tulee aloittaa mittaamalla tasajännitemuuntajan toisiojännite vaihtelevilla ensiojännitteen arvoilla, jotta voidaan varmistua muuntajan toiminnasta.

Sähkökeskus on varustettu aikareleellä, jonka tarkoitus on sammuttaa tiedonkeruulaitteisto, mikäli lastinkäsittelylaitetta ei käytetä. Aikarele saa ohjaussignaalin lastinkäsittelylaitteen virta-avaimen asennosta. Testauksessa tulee varmistaa, että aikarelelen päästöhidastus toimii ja se kytkee tiedonkeruulaitteiston jännitteettömäksi tietyn ajan kuluttua siitä, kun virta-avain on käännetty pois päältä. Lisäksi keskuksen sulakkeiden toiminta tulee testata.

5.3 Paikannuslaitteen testaus

Satelliittipaikantimen testaaminen vaatii testilaitteiston, joka sisältää GNSS-antennin. Antenni tulee sijoittaa rakennuksen ulkopuolelle, jotta sen näkyvyys on riittävä paikannukseen. Antennin todellinen sijainti tulee selvittää kalibroimalla eli käyttämällä tarkkuudeltaan suurempaa GNSS-vastaanotinta. Mikäli tällaista kalibrointivastaanotinta ei ole saatavilla, voidaan staattisen testilaitteiston sijainti arvioida keskiarvottamalla pidemmän aikavälin paikannusdataa. Aikavälin on hyvä olla esimerkiksi muutamia vuorokausia, jotta erilaiset hetkelliset ilmakehän tai satelliittijärjestelmien häiriöt eivät korostu keskiarvossa liikaa.

Kalibroinnin jälkeen testilaitteiston antennin sijaintia verrataan testattavan GNSS-vastaanottimen ilmoittamaan sijaintiin. Vertailu tehdään vastaanottimen tulostamien maantieteellisten koordinaattien avulla. Koordinaatit ilmoitetaan leveys- ja pituusasteina.

Inertianavigointijärjestelmän testaaminen voitaisiin toteuttaa liikuttamalla sähkökeskusta. Testin aikana GNSS-vastaanottimen satelliittinäkyvyyden tulee olla lähes nolla, jotta paikannusjärjestelmä poistaa satelliittipaikannuksen käytöstä ja käyttää sijainnin määrittämiseen ainoastaan inertianavigointijärjestelmää. Testi tulisi olla toistettavissa, eli paikan muutos, liikkeen nopeus ja kiihtyvyys tulisi vakioda. Näin INS:n tulostamaa sijaintitietoa voitaisiin luotettavasti vertailla testattavista vastaanottimista.

Tällaisen testilaitteiston suunnittelu, valmistus ja ylläpito vaatisi erittäin paljon resursseja. Testin suorittaminen lisäisi tuotannon läpimenoaikaa merkittävästi.

Edellä mainituista syistä paikannuslaitteen testaus kannattaa suorittaa vasta käyttöönottestauksessa. Tehdastestauksessa on kuitenkin syytä varmistua, että laitteen käyttöjännitteen kytkentä on tehty oikein. Tämän toteaminen on helppoa laitteen merkkivalojen avulla. Kytkemällä ulkoinen tietokone sähkökeskuksen ethernet-kytkimeen voidaan testata paikannuslaitteen konfigurointirajapinnan toiminta. Lähiverkkoyhteyden avulla voidaan käyttää paikannuslaitteen web-käyttöliittymää ja näin varmistua siitä, että laitteen verkkoyhteys toimii.

5.4 Tiedonkeruusovelluksen asentaminen

Sähkökeskukseen asennettu tietokone vaatii tiedonkeruusovelluksen asentamisen ennen kuin I/O-moduulin toiminta voidaan testata. Tiedonkeruusovellus sisältää toiminnot, jotka lukevat dataa I/O-moduulista, CAN-väylästä, sarjaliikenneväylästä sekä IP-verkosta. Jotta edellä mainittujen tiedonsiirtoprotokollien toiminta voidaan testata diagnostiikkatyökalujen avulla, tulee asentaa ohjelmistopaketti, joka sisältää toimituskohtaisesti konfiguroidut toiminnot. Tietokoneen laiteohjelmisto mahdollistaa ohjelmistopaketin asentamisen USB-muistista ilman erillistä käyttöliittymää, joten asennus on yksinkertaista suorittaa. On kuitenkin hyvin tärkeää varmistua siitä, että asennuspaketit ovat ajantasaiset, ja kirjata asennetun paketin versiotiedot testauspöytäkirjaan.

5.5 I/O-moduulin ja ulkoisten sensorien testaus

Kaikkien sensorien testaaminen kokoonpanovaiheessa ei ole aina mahdollista, sillä järjestelmä on tarkoitettu asennettavaksi myös käytettyihin lastinkäsittely-laitteisiin ja joissain tapauksissa järjestelmän tulospinaalit saadaan laitteen jo olemassa olevista sensoreista. Tässä tapauksessa näiden sensorien testaaminen tulee tehdä vasta käyttöönottovaiheessa.

Sensorit, jotka toimitetaan sähkökeskuksen mukana, on mahdollista testata kokoonpanovaiheessa. Mikäli tuotantoerät ovat suuria, voi olla tuotannon läpimenoajan kannalta järkevämpää testata vain yksi sensori jokaisesta erästä.

Mikäli sensorien testaaminen vaatii paljon resursseja, tulee miettiä testauksen kannattavuutta. Mikäli testaus lisäisi tuotannon läpimenoaikaa merkittävästi, voi olla kannattavampaa suorittaa testaus vasta käyttöönottovaiheessa. Käyttöönottotestaus on joka tapauksessa pakollinen testausvaihe, sillä sensorit voivat vikaantua myös asennuksen aikana. Monet sensorit ovat edullisia ja helposti hankittavissa. Näin ollen mahdollisten vikaantuneiden sensorien korvaaminen uusilla on melko helppoa myös käyttöönottotestauksen aikana.

Jokaisen sensorin erikseen testaamisen sijaan tehdastestauslaitteistoon voidaan asentaa kiinteästi kaikki tiedonkeruulaitteiston standardi- sekä optiorakenteeseen kuuluvat sensorit. Sähkökeskusta testattaessa voidaan kytkeä käyttöön juuri ne sensorit, jotka kyseiseen tilaukseen on valittu. Näin jokaisen sähkökeskuksen sisäiset kytkennät, I/O-moduulin toiminta sekä I/O-moduulin ja tietokoneen välinen väyläyhteys tulee testattua aidoilla tulosignaaleilla.

Tulosignaalien välittyminen I/O-moduulin kautta tiedonkeruutietokoneelle voidaan testata yhdistämällä sähkökeskuksen ethernet-kytkimeen toinen tietokone. Tietokoneella suoritettavalla diagnostiikkaohjelmistolla voidaan lukea tulokanavien arvot kullakin hetkellä, kun I/O-moduuliin kytkettyjen sensorien tilaa vaihdetaan. Sensorit tulee asentaa testauslaitteistoon siten, että niiden tilaa on helppoa vaihtaa. Läheisyyskytkimien osalta tämä on helppoa, sillä ne eivät vaadi suuria etäisyyksiä. Etäisyyttä mittaavien sensorien osalta täytyy varmistua, että vaaditut minimietäisyydet sensorin ja kohteen välissä täyttyvät. Samalla periaatteella voidaan myös testata sarjaliikenneprotokollalla toimivien sensorien toiminta. Sarjaliikenneyhteys ei kuitenkaan liity I/O-moduulin toimintaan, vaan se on suoraan yhteydessä tiedonkeruutietokoneeseen.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena toimeksiannon antaneelle yritykselle suunniteltiin uusi tehdastestauslaitteisto. Yksityiskohtaista suunnitelmaa tehdastestauslaitteistosta ei yrityksen pyynnöstä julkaista opinnäytetyön virallisessa versiossa. Uuden testilaitteiston kehittäminen juuri nyt oli ajankohtaista, koska tiedonkeruulaitteiston sähkökeskuksen uusi versio on siirtymässä piakkoin sarjatuotantoon. Uusi tuotemalli sisältää ominaisuuksia joiden testaamista vanha testiprosessi ei kata. Testausprosessin kehityksen päätarkoituksena oli kehittää toiminnallista testausta, sillä vanhakin prosessi toteuttaa sähköturvallisuuden kannalta oleelliset tarkastukset ja mittaukset.

Testauslaitteistoa ei ole vielä päästy testaamaan käytännössä. Tästä johtuen testausprosessin työohjetta ei ole voitu vielä kirjoittaa. Kun uusi testauslaitteisto otetaan käyttöön, voidaan minimoida myöhemmin toimintaa häiritsevien kokoonpanossa aiheutuneiden laatuvirheiden määrä. Vaikka sähkökeskusten kokoonpanon jälkeinen testaaminen kasvattaakin tuotannon läpimenoaikaa ja siten tuotannon kustannuksia, on hyvin todennäköistä, että lopputuotteen laadun parantuessa toimitusten keskimääräiset kustannukset laskevat, sillä mahdollisia laatuvirheitä ei tarvitse selvittää tuotteen käyttöönottovaiheessa asiakkaan konttiterminaalissa.

Kun tehdastestauslaitteisto otetaan käyttöön osana kokoonpanoprosessia, on tärkeää pystyä mittaamaan prosessin kyvykkyyttä. Analysoimalla testauksen suorittamiseen kuluvaa aikaa ja testauksen aikana tuotteista löytyviä virheitä voidaan antaa perusteet prosessin jatkokehitykselle. Testipöytäkirjojen lisäksi testauksen tuloksena olisi mahdollista tuottaa raportti testaukseen käytetystä ajasta, testauksen aikana mahdollisesti ilmenneistä vioista ja niiden korjaustoimenpiteistä. Myös testauksen suorittavien henkilöiden palaute testilaitteiston ominaisuuksista tulee ottaa huomioon testauslaitteiston kehityksessä.

Tiedonkeruusovelluksen ja järjestelmän tulosignaalien testaamiseen käytetään yrityksen kehittämää diagnostiikkatyökalua ja sen web-käyttöliittymää.

Työkalujen käyttäminen vaatii perehtymistä tiedonkeruusovellukseen. Testausprosessin jatkokehityksessä web-käyttöliittymän pohjalta voisi luoda testiohjelmiston, joka yksinkertaistaisi tulospäättelyn monitorointiprosessia. Näin testauksen voisi suorittaa myös henkilö, jolla ei ole erityistä kokemusta tietotekniikasta. Testiohjelmistoon voitaisiin integroida testipöytäkirjan automaattinen generointi.

Opinnäytetyöprosessi oli monipuolinen ja hyvin opettavainen kokemus. Tehdas-testausprosessin kehittämiseksi oli tutustuttava huolellisesti tiedonkeruulaitteiston komponentteihin ja toimintaan. Tiedonkeruujärjestelmän ja prosessiautomaatiojärjestelmän toiminnallisuuksien ymmärtämiseksi oli tunnettava konttiterminaalien ja lastinkäsittelylaitteiden toiminta. Konttiterminaalien automatisointi tulee tulevaisuudessa tarjoamaan lukuisia mahdollisuuksia uusien teknologioiden kehittämiseen, jotta jatkuvasti kiihtyvistä tavaraliikenteen virtauksista saadaan mahdollisimman sulavaa ja turvallista.

LÄHTEET

Cargotec. n.d. Tämä on Cargotec. Luettu 24.2.2020.

<https://www.cargotec.com/fi/cargotec/tama-on-cargotec/>

Kalmar. n.d. Kalmar lyhyesti. Luettu 24.2.2020.

<https://www.kalmar.fi/tietoa-kalmarista/kalmar-in-brief/>

Kim, K. H. & Günther, H.-O. 2007. Container Terminals and Cargo Systems. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Logistiikan maailma. n.d. Kontti. Luettu 22.2.2020.

<http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/kontti/>

Maanmittauslaitos. n.d. Satelliittipaikannus. Luettu. 13.2.2020

<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>

Meisel, F. 2009. Seaside Operations Planning in Container Terminals. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Noureldin, A., Karamat, T. & Georgy, J. 2013. Fundamentals of Inertial Navigation, Satellite-based Positioning and their Integration. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

SFS 6002. 2015. Sähkötyöturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 3.4.2020. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

SFS 60204-32. 2008. Koneturvallisuus. Koneiden Sähkölaitteisto, osa 32.

Vaatimukset nostokoneille. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 3.4.2020. Vaatii käyttöoikeuden.

<https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index.html.stx>

Suomen Automaatioseura ry. 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli.

https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1367/automaatiosuunnittelun_prosessimalli.pdf

World Bank. n.d. Container port traffic. Luettu 24.2.2020.

<https://data.worldbank.org/indicator/IS.SHP.GOOD.TU>