

Risto Kotajärvi

**JÄRJESTELMÄINTEGRAATION
SUUNNITTELU LAADUNVALVONNAN AUTOMATISOINNISSA**

**JÄRJESTELMÄINTEGRAATION
SUUNNITTELU LAADUNVALVONNAN AUTOMATISOINNISSA**

Risto Kotajärvi
Opinnäytetyö
Kevät 2021
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Risto Kotajärvi

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Järjestelmäintegraation suunnittelu laadunvalvonnan automatisoinnissa

Opinnäytetyön nimi englanniksi: System integration design in automatic quality control

Työn ohjaaja: Vesa Rahkolin

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2021

Sivumäärä: 20 + 0 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää automaattisen laadunhallinnanjärjestelmän integraatoratkaisua toimeksiantajayritys Sähkö-Rantek Oy:lle. Toimeksiantajalla oli tarve automatisoida koordinaattimittauskoneen laadunhallintaprosessi. Tällä hetkellä mittaukset suoritetaan manuaalisesti. Työn tavoitteena oli saada mitattavat kappaleet automaattisesti varastosta koordinaattimittauskoneelle mittaukseen ja takaisin varastoon.

Työ aloitettiin selvittämällä yrityksen toimilaitteiden nykytilanne integraatiota varten. Nykytilanteen selvityksen jälkeen määriteltiin toimilaitteet, jotka integroidaan keskenään. Integraatiossa käytettävät toimilaitteet ovat KUKA-robottisolu, Zeiss Accura II -koordinaattimittauskone, Robotize GoPal 400 -mobiilirobotti ja Beckhoff Automation CX9020 -logiikka. Laitteiston määrittäminen rajasi käytettävän logiikan yhteen valmistajaan Beckhoffiin. Integraatio saadaan toteutettua Beckhoffin järjestelmällä lähes saumattomasti. Järjestelmäintegraation avulla saadaan työvoimaa vapautettua muuhun työhön. Integraatiolla saadaan myös kustannussäästöjä ja tehostettua tuotantoa.

Tulevaisuudessa integraatiota laajennettaessa Mazak-työstökeskukset voivat tehdä automaattiset työkaluvaihdot ja työkalukompensaatiot. Laajennetulla integraatiolla on mahdollista saavuttaa kustannushyötyjä ja laadun paranemista.

Asiasanat: integraatio, laadunhallinta, automatisointi, toimilaite

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, machine automation

Author: Risto Kotajärvi
Title of thesis: System integration design in automatic quality control
Supervisor: Vesa Rahkolin
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2021
Pages: 20 + 0 appendices

The topic of the thesis was to find out the integration solution of an automatic quality management system for the client company Sähkö-Rantek Oy.

The client had a need to automate the quality management process of the coordinate measuring machine. Currently, the measurements are performed manually. The aim of the thesis was to get the measured objects automatically from the warehouse to the coordinate measuring machine for measurement and back to the warehouse.

The work began by finding out the current state of the company's hardware for integration. After a study of the current situation, the equipment to be integrated with each other was defined. The devices used in the integration are the KUKA robot cell, the Zeiss Accura II coordinate measuring machine, the Robotize GoPal 400 mobile robot and the Beckhoff Automation CX9020 logic. The hardware configuration limited the logic used to one manufacturer, Beckhoff. The integration can be implemented almost seamlessly with the Beckhoff system. System integration can be used to free up labor for other work. Integration also results in cost savings and streamlined production.

In the future, as integration expands, Mazak machining centers will be able to perform automatic tool changes and tool compensations. With extended integration, it is possible to achieve cost benefits and quality improvement.

Keywords: automation, integration, quality management

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 JÄRJESTELMÄINTEGRAATIO	8
2.1 Nykytilanne	8
2.2 Integraation hyödyt	8
2.3 Ympäristön tuomat rajoitteet tiedonsiirrossa	8
2.4 Integraation vuorovaikutussuhteet	9
3 JÄRJESTELMÄÄN LIITETTÄVÄT TOIMILAITTEET	10
3.1 KUKA-robottisolu	10
3.2 Mobiilirobotti	11
3.3 Zeiss Accura II	12
3.4 Logiikka	13
3.5 Pneumatiikka	14
4 TOIMILAITTEIDEN RAJAPINNAT	15
4.1 Langaton verkko WLAN	15
4.2 Digitaali-I/O	15
5 KUSTANNUSARVIO	17
6 YHTEENVETO	18
LÄHTEET	19

SANASTO

CRC	Cyclic redundancy check, algoritmi, jolla luodaan ennen siirtoa ja vastaanottamista pienen ryhmän bittejä, joita käytetään tarkistamaan siirronaikaisia virheitä
DIO	digitaalinen sisään- ja ulostulo
EAP	EtherCAT Automation Protocol, määrittelee viestintäpalvelut ja -protokolat Master-laitteille, ja muille Ethernet-pohjaisille laitteille, jotka ovat kytkettynä Ethernet-verkkoon.
FMS	flexible manufacturing system, jonka valmistaja on Fastems Oy, järjestelmä, joka integroi varastoinnin ja tuotantolaitteet yhteen
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikanalan järjestö
IoT	internet of things, internet, joka on laajennettu laitteille ja koneille, joita voidaan ohjata mitata ja lukea internetin yli
jigi	apulaite, jolla saadaan vaihdettavuus, tarkkuus ja toistettavuus tuotteen valmistuksessa tai muussa tehtävässä
kenttäväylä	kenttäväylä on automaatiossa käytetty teollisuuden tekniikka, jolla laitteistojen eri osat yhdistetään toisiinsa yksinkertaisemmin kuin kaapeloimalla jokainen erikseen
PLC	ohjelmoitava logiikka, pientietokone, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa
TwinCat 3	Beckhoffin kehittämä ohjelmointiohjelma
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton paikallisverkko

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selvitetään järjestelmäintegraation vaatimukset ja suunnitellaan integraation toteutus. Integraatioon kuuluu neljä laitetta, jotka tullaan integroimaan automaattiseksi laadunhallintakokonaisuudeksi. Integraatiolla pyritään lisäämään tuotantoa ja vapauttamaan työntekijöitä muihin työtehtäviin. Työn toimeksiantaja on Sähkö-Rantek Oy.

Nykyaikaisessa teollisuudessa laadunvalvonta ja automaatio ovat tärkeässä osassa tuotantoa. Monissa yrityksissä käytetään koordinaattimittauskoneita laadunhallinnassa. Koordinaattimittauksessa voidaan havaita mikrometrisiä virheitä mitattavista kappaleista. Työssä on tavoitteena suunnitella automatisoitu ratkaisu koordinaattimittaukselle ja mitattavien kappaleiden logistiikalle. Prosessin selkeyttämiseksi työ on jaettu kolmeen osaan. Jokainen työn osa on yhtä tärkeä lopullisessa toteutuksessa.

Kaikista koneistuseristä otetaan satunnaisia kappaleita noin 12 kappaleen välein. Kappaleiden laatu varmistetaan koordinaattimittauskoneella. Laadun varmistaminen koordinaattimittauksella vie aikaa noin 10 minuuttia. Tähän asti kappaleiden mittaus ja logistiikka on suoritettu manuaalisesti. Tavoitteena on saada työvaiheet automatisoitua. Automaatiolla saadaan vapautettua resursseja muihin tehtäviin. Automaatio mahdollistaa myös esimerkiksi yöllä tapahtuvan laadunhallinnan.

Sähkö-Rantek Oy

Sähkö-Rantek Oy perustettiin vuonna 1989, jolloin se aloitti Hyvinkään Koneen alihankintakäämijänä Kiimingissä. 1990-luvulla Sähkö-Rantek aloitti sähkömagneettien valmistuksen. Sähkö-Rantek tekee globaalisti alihankintatöitä. Merkittäviä ja pitkäikäisiä asiakkaita ovat Kone ja ABB. (1.)

2 JÄRJESTELMÄINTEGRAATIO

2.1 Nykytilanne

Nykytilanteessa toimeksiantajalla ei ole laadunhallintaan automaatiota eikä integraatoratkaisua. Tavoitteena on löytää sopiva arkkitehtuuri integraatiolle. Käytössä on tällä hetkellä manuaalinen laadunhallinta eli operaattori hakee itse mitattavat kappaleet ja mittauttaa kappaleet koordinaattimittauskoneella.

Järjestelmäintegraatio sisältää toimintatavoiltaan ja tekniikaltaan eri tavoin toimivia sovelluksia, joiden avulla muuten keskenään yhteen sopimattomat tietotekniset sovellukset saadaan kommunikoidaan keskenään. Määritelmä ei ota kantaa integraation avulla saavutettaviin hyötyihin. (2.)

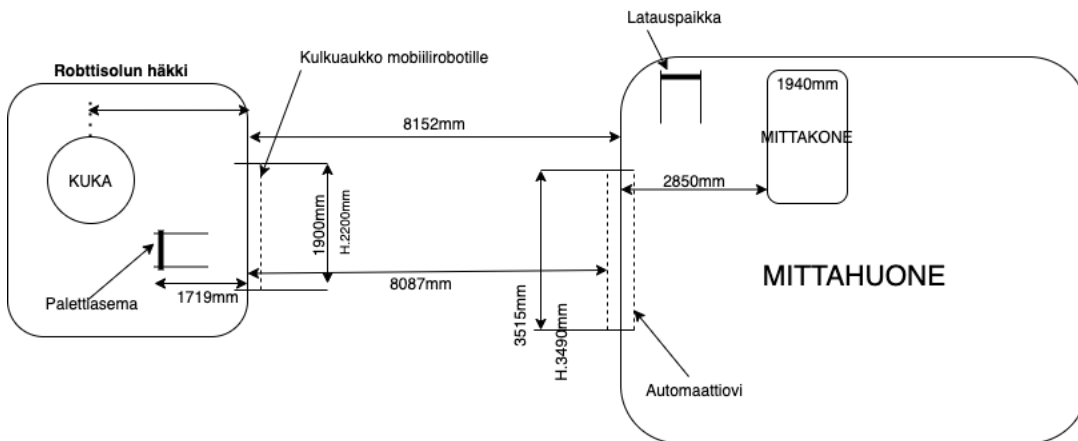
2.2 Integraation hyödyt

Integraatoratkaisulla yritys pyrkii saamaan konkreettista hyötyä. Hyötyjä voidaan mitata kustannussäästöinä ajassa, laitteiden ylläpidossa ja henkilöstökustannuksissa. Laitteiden välisellä järjestelmäintegraatiolla saadaan vähennettyä manuaalisen työn määrää ja mahdollisuutta virheille. (3.)

Integraatio mahdollistaa automaattisen laaduntarkkailun. Automaattisen laadunhallinnan avulla vialliset kappaleet voidaan poistaa varastosta. Integraation avulla voidaan tulevaisuudessa toteuttaa takaisin kytkentä FMS-järjestelmään ja sitä kautta työstökoneille. Työstökoneilla voidaan tämän avulla tehdä automaattiset työkalukompensoinnit ja työkalunvaihdot. Tämä mahdollistaa tulevaisuudessa tuotannon ilman operaattorin läsnäoloa. Näin voidaan myös toteuttaa ympärivuorokautinen tuotanto.

2.3 Ympäristön tuomat rajoitteet tiedonsiirrossa

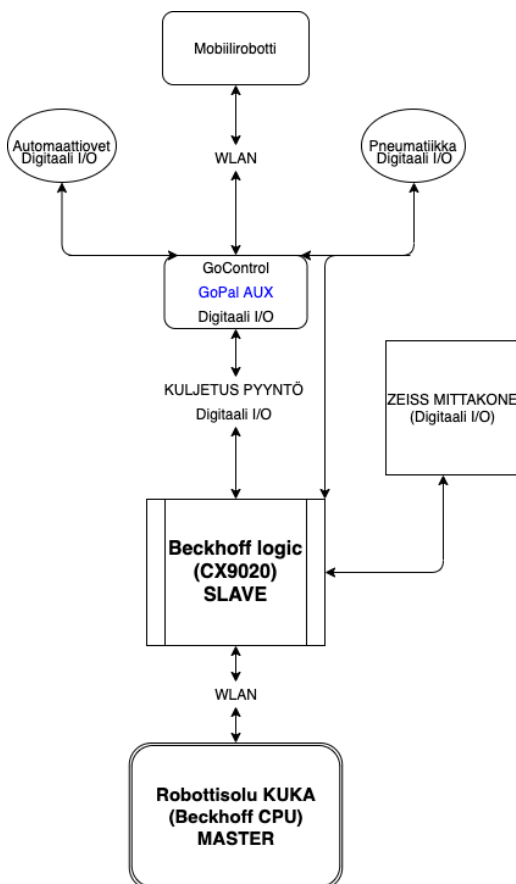
Langallista ja langatonta yhteyttä rajoittavat ovet ja seinät (kuva 1), jotka ovat toimilaitteiden välissä. Yrityksen muut laitteet saattavat aiheuttaa häiriöitä langalliseen sekä langattomaan yhteyteen. Häiriöitä voidaan tarpeen tullen torjua häiriösuotimilla. Langattomia häiriöitä voidaan vähentää asettamalla laitteiden yhteydet omille taajuusalueilleen.



KUVA 1. Layout-kuva mittahuoneesta ja robottisolun häkistä

2.4 Integraation vuorovaikutussuhteet

Järjestelmään liitettävistä laitteista KUKA-robottisolua käytetään Master-laitteena integraatiossa. Mittahuoneeseen tuleva logiikka ohjaa muita integraatioon tulevia laitteita ja toimii Slave-laitteena. Laitteiston kommunikointi toteutetaan langattomasti aina, kun se on mahdollista (kuva 2).



KUVA 2. Toimilaitteiden flow-kaavio

3 JÄRJESTELMÄÄN LIITETTÄVÄT TOIMILAITTEET

3.1 KUKA-robottisolu

KUKA-robottisolu on suunniteltu palvelemaan Makino-jyrsinkonetta. Robottisolu toimii Fastemsin palettiradan kanssa yhteistyössä. Solu tarkistaa konenäkökameralla jyrsinkoneelle panostettavien aihoiden muodot ja mitat ennen kuin ne panostetaan jigisiin. Solu panostaa jigisiin uudella aihioilla ja kääntää toiselta puolelta valmiit kappaleet jigissä. Solu siirtää valmiit kappaleet lavan päälle. Solu myös erottelee hylätyt aihiot.

Robottisolu sisältää kaksi käsivarsirobotia KUKA KR16 R 2010 Cybertech ja KUKA KR210 R3100 Ultra (kuva 3). Pienemmän robotin KR16 kantokyky on 16 kg ja isomman KR210-robotin 210 kg. Robotit toimivat yhteistyössä jigien panostuksessa. KR210-robotti liikuttaa kappaleita ja KR16 robotti ruuvaa jigien lukot auki ja kiinni.



KUVA 3. KUKA KR 210 R3100 ultra robotti (4, s. 15)

Robottisolua käytetään integraatiossa Master-laitteena, sillä solu sisältää Beckhoffin CPU:n eli tietokoneen. Robottisolun avuksi lisätään mittahuoneeseen toinen logiikka Slave-laitteeksi. Tämä logiikka ohjaa muita integraation laitteita. (5.)

3.2 Mobiilirobotti

Robotize GoPal 400 -mobiilirobotti (kuva 4) pystyy kuljettamaan 425 kg hyötykuormaa. Robotti painaa itsessään 175 kg. Täydellä latauksella robotti pystyy toimimaan yhtäjaksoisesti noin 12 tuntia tai noin 20 kilometriä ilman uudelleen latausta. Robotin maksiminopeus on 2,4 m/s. (6.) Robotin asettamia vaatimuksia lattialle ovat esteen maksimikorkeus 4 mm, lattian kitkakerroin minimissään 0,4 ja maksimikaltevuus 10 %.



KUVA 4. Robotize GoPal 400 -mobiilirobotti (6)

Robotti käyttää tietoliikenteeseen WLAN-verkkoa 802.11ac 2,4GHz:n taajuudella. Robotti on tietoturvariippuvainen WLAN-verkon suojauksesta. Valmistaja ei suosittele robotin liittämistä suojaamattomaan verkkoon. (6.)

Mobiilirobotti saadaan liitettyä muihin laitteisiin GoPal AUX -sovittimella. Sovitin tarvitsee 230 VAC toimiakseen. Sovittimessa on kuusi M8 kannalla olevaa digitaali-I/O-porttia. Tulosignaali voidaan asettaa hyväksymään joko 24VDC tai 0VDC aktiivisena tulosignaalina. Lähtösignaali voidaan myös asettaa lähettämään 24VDC tai 0VDC sekä normaalisti avoimeksi (NO) tai normaalisti suljetuksi (NC). Sovitin ohjelmoidaan USB-muistitikun avulla, johon on luotu konfiguraatitiedosto GoControl-serverillä. (7.)

3.3 Zeiss Accura II

Zeiss Accura II -koordinaattimittauskone (kuva 5) on tehty modulaarisesti, joten sitä voidaan mukauttaa tulevaisuuden vaatimuksia varten esimerkiksi sensoreiden ja ohjelmiston osalta. Koordinaattimittaus on varustettu esijohdotuksella kosketus- ja optisille sensoreille sekä skannaukselle. Koordinaattimittauskoneen mittaushuoneen lämpötilan tulee olla 20–26 °C väliltä, mutta se on pyrittävä pitämään muuttumattomana, koska tällä lämpötila-alueella saadaan tarkimmat mittaustulokset. Mittaukset onnistuvat myös mittapöydän kulmissa samalla tarkkuudella kuin keskellä pöytää. Mittaustulokset saadaan mikrometriä tarkkuudella. Mittapöytä on suunniteltu huoltoystävälliseksi. Huoltoystävällisyys vähentää mittakoneen huoltoseisokkiaikaa huomattavasti. (8.)



KUVA 5. Zeiss Accura II -koordinaattimittauskone (8)

Koordinaattimittauskoneen liittäminen muiden laitteiden kanssa yhteen tapahtuu CMM digitaalisen I/O rajapinnan (Digital I/O-Box Type: Wiesemann & Theis (12 digital inputs and outputs at one box) kautta. Tämän rajapinnan kautta koordinaattimittauskone voi lähettää dataa sekä vastaanottaa dataa. Kaikki koordinaattimittauskoneen I/O-liitännät ovat Harting x1000-liittimen sisällä. (10.)

3.4 Logiikka

Ohjauslogiikaksi valikoitui Beckhoff Automation toimeksiantajayrityksen sekä robottisolun valmistaneen Probot Oy:n suosituksella. Beckhoff Automationin ohjelmoitavia logiikoita (PLC) käytetään myös integroitavassa robottisolussa (Master). Uusi logiikka ja robottisolun logiikka voidaan yhdistää langattomasti toisiinsa WLAN USB-sovittimen avulla. Tämä helpottaa integrointia huomattavasti verrattuna vaihtoehtoihin PLC-laitteisiin kuten Omron, Siemens ja Pheonix Contact.

Integrointia helpottaa robottisolun ja mittahuoneen logiikan yhteinen ohjelmointikieli sekä ohjelmointiohjelma TwinCat 3. Valittua logiikkaa CX9020 (kuva 6) käytetään Slave-parina robottisolun rinnalla ohjaamassa mittahuoneen laitteistoa mittauksissa. CX9020 on sulautettu tietokone, joka käyttää Windows CE -käyttöjärjestelmää. Beckhoff käyttää logiikoiden sisäisessä väyläliikenteessä Ethercat -protokollaa. CX9020:n rinnalle voidaan liittää suoraan ulos- ja sisääntulot. CX9020 sisältää automaattisen kenttäväylätunnistuksen.

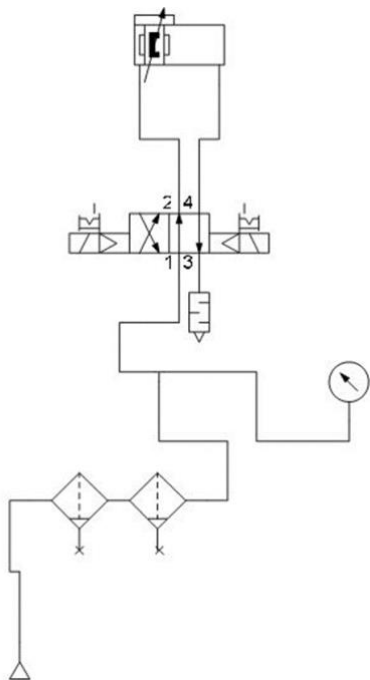


KUVA 6. Beckhoff CX9020 (11)

Logiikka lähettää pyynnön mittauksen aloittamisesta ja vastaanottaa mittaustuloksen. Zeiss mittakone lähettää mittaustuloksen, joka on hyväksytty, hylätty tai varoitava eli vähintään yksi mitoista on varoitusalueella. Saatu tulos välitetään Master-laitteelle, joka päättää, mitä mittauksesta tulevalle kappaleelle tehdään, varastoidaanko kappale vai laitetaanko se hylkylavalle.

3.5 Pneumatiikka

Integraatiossa käytetään sähköisesti ohjattua pneumatiikkaventtiiliä, tarkemmin 5/2-suuntaventtiiliä. Suuntaventtiili sisältää useamman portin, joten siihen voidaan pneumatiikkasynterinin lisäksi liittää tarvittavat lisälaitteet kuten äänenvaimennin (kuva 7). (12, s. 30) Pneumatiikkasynteriksi valittiin OPS-P50-sylinteri. Suuntaventtiiliä voidaan ohjata joko mobiilirobotin AUX-sovittimella tai mittahuoneeseen tulevalla CX9020 -logiikalla. On myös mahdollista, että venttiilin ohjaukseen voidaan tarvita molempia laitteita, jotta automaatio saadaan toimimaan oikein.



KUVA 7. Pneumatiikkakaavio (12, s. 29)

Mittausjigin poimintaan käytetään kuulajohteita. Kuulajohteenkiskoksi valittiin HGW55HCZ0H ja kuulajohdevaunuksi valittiin HGR55R2500H. Kuulajohde kokonaisuudesta, niiden valinnasta sekä merkinnöistä on kerrottu tarkemmin Riku Hekkanen opinnäytetyössä, jossa suunniteltiin siirtoratkaisu mittausjigille automaatiota varten (12, s. 30).

Kokonaisratkaisussa kuulajohteet kiinnitetään vaunuista mittakoneen pöydälle ja johteet kiinnitetään toisiinsa metalli levyllä, johon pneumaattinen sylinteri kiinnitetään. Näin johteet siirtyvät ulos tasaisesti ulos ja sisään, eikä toteutukseen tarvita kuin yksi pneumaattinen sylinteri. (12, s. 26)

4 TOIMILAITTEIDEN RAJAPINNAT

4.1 Langaton verkko WLAN

WLAN eli langaton lähiverkko, joka toimii 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuuksilla. Puhekielessä WLAN, Wi-Fi ja IEEE 802.11 -termejä käytetään synonyymeinä, vaikka teknisesti ne ovat eri asioita. WLAN on kattonimike kaikille edellä mainituille termeille. Wi-Fi on tavaramerkki, joka sisältää WLAN-toiminnallisuuden, joka on toteutettu IEEE 802.11 -standardin mukaisesti, jonka on kehittänyt IEEE. (13, S. 9).

KUKA-Robotisolun CPU yhdistetään WLAN-verkon avulla mittahuoneeseen tulevaan logiikkaan. Beckhoff WLAN käyttää EAP-protokolaa (EtherCAT Automation Protocol), joka sisältää CRC (Cyclic redundancy check). CRC:llä pystytään varmistamaan, että lähetetty data on päässyt perille rikkoutumatta. Jos data rikkoutuu, Beckhoffin järjestelmä ilmoittaa rikki menneestä yhteydestä. (14.)

4.2 Digitaali-I/O

Digitaalinen tulo-/lähtölaite (DIO) on laitteisto, joka voi lähettää ja vastaanottaa digitaalisia signaaleja johdon välityksellä. Digitaalinen signaali voi esiintyä vain yhdessä tilassa kerrallaan, mahdollisia tiloja ovat: korkea tai matala, avoin tai suljettu, päällä tai pois. Yleensä DIO-laitteet rakennetaan yksinkertaisten releiden avulla esimerkiksi ruokoreleiden ympärille. Releet ovat yleensä auki, mutta releiden saadessa virtaa ne sulkeutuvat ja lähettävät signaalin kytkettyyn toimilaitteeseen tai ottavat vastaan signaalin toimilaitteelta. (15.)

Beckhoffin logiikkaan liitetään EL2008 -digitaalisija ulostuloja ja EL1008 -sisääntuloja. Molempia laajennusosia tarvitaan kaksi kappaletta, jotta I/O-portteja on kaikille laitteille tarpeeksi. Laajennusosia voidaan lisätä jälkeinpäin vastaamaan tulevaisuuden laajennus tarpeita.

Digitaali-I/O:ta käytetään kaikissa integraation laitteistoissa. Mobiilirobotti ohjaa digitaali-I/O:n avulla useita eri vaiheita laadunhallinnan aikana. Vaiheita on avata automaattiovia, lähettää tieto, että kappale on tuotu tai haettu mittakoneelta, ja ohjata pneumatiikkaa, joka poimii jiggin. Zeissin mittakoneessa on robotiikkaa varten digitaali-I/O. Mittakoneen CMM digitaali-I/O:ssa on yhteensä 24 I/O-porttia 12 sisään- ja 12 ulostuloa. Mittakoneen

mittausohjelma voidaan käynnistää automaattisesti DIO:n avulla. Ohjelman käynnistykseen tarvitaan vähintään kaksi I/O-porttia. Ensin valitaan ohjelman aloitus ja sen jälkeen valitaan mittausohjelma. Jokaisella mittausohjelmalla on omat I/O-portit. Ohjelman ajettuaan mittakone lähettää mittaustuloksen ja tiedon valmistumisesta. (10.)

5 KUSTANNUSARVIO

Opinnäytetyössä laskettiin suuntaan antava kustannusarvio laitteiston hankinnalle, jolla integraatio saadaan toteutettua. Hankinta-arviossa ei ole otettu huomioon asennustyön kustannuksia eikä vuosittaisia huoltokuluja (taulukko 1). Kustannusarvion summia ei esitetä salassapitosyistä.

TAULUKKO 1. Kustannusarvio hankinnalle

Beckhoff laitteisto (14.)	xxx,xx €
Robotize laitteisto (16.)	xx xxx €
pneumatiikkalaitteet sekä muut laitteet	xxxx €
YHTEENSÄ	xx xxx,xx €

Hankinnan jälkeen laitteistoa tulee huoltaa säännöllisesti, jotta niiden toimintavarmuus säilyy luotettavalla tasolla tulevaisuudessakin. Huoltokuluja syntyy vuodessa vähintään 1 000 € Robotize mobiilirobotin vuosihuolloista (16). Muita satunnaisia kuluja saattaa syntyä ajan saatossa. Integraation takaisinmaksu onnistuneella integraatiolla on 2–3 vuotta. Arvio perustuu tuotantotyöntekijän mediaanipalkkaan ja olettamukseen, että yksi työntekijä vuorossa hoitaa mittauksia. (17.)

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli tehdä selvitystyö laadunhallinnan järjestelmäarkkitehtuurista ja laitteiston integroinnista. Työssä käsiteltiin yrityksen nykyinen laitteisto, joka haluttiin automatisoida kappaleiden laadunhallintaa varten ja uudet laitteet, joita tarvittiin integroinnin onnistumiseksi.

Työ aloitettiin määrittelemällä yrityksen nykytila integraation kannalta. Integraation mahdollisuutta selvitettiin tutkimalla laitteiston vuorovaikutusrajapintoja. Vuorovaikutusrajapintojen selvityksen jälkeen toimilaitteista luotiin flow-kaavio (kuva 2), jolla kuvataan laitteiden kommunikointitapaa toisten laitteiden kanssa. Työn alussa päälaitteen valitseminen vaikutti mittahuoneen logiikan valintaan huomattavasti. Muut logiikkavaihtoehdot myös Beckhoffilta rajautuivat pois, jotta integraatio saataisiin toteutettua mahdollisimman paljon langattomasti kuten lähtötiedoissa haluttiin. Ainoaksi vaihtoehdoksi jäi Beckhoffin tuen suosittelema CX9020. Laitteistojen rajapintoja käsiteltiin määrittelyn yhteydessä ja niiden toimintaa tarkennettiin tiiviisti myöhemmin työn aikana.

Kustannusarviossa arvioitiin vain suurimmat kulut, jotka syntyvät laitteistohankinnoista. Takaisinmaksua arvioitiin työntekijän palkan perusteella ja ajaksi arvioitiin 2–3 vuotta. Myös tuotteiden laadun parantuminen voisi nopeuttaa takaisinmaksua, joka vähentää hukkaan menevien kappaleiden määrää. Laadun parantuminen myös vähentää uudelleen koneistusta. Uudelleen koneistusaika ja uudet aihiot voidaan käyttää uusiin tuotteisiin eikä korvaamaan pilalle menneitä kappaleita.

Jatkokehitystä ajatellen integraatio luo hyvän pohjan laadunhallinnan laajentamiselle. Tulevaisuudessa yritys voisi laajentaa integraation FMS-järjestelmään ja Mazak-koneistuskeskuksiin. Mazak-koneistuskeskusintegraatio mahdollistaa työkalukompensaatiot ja työkalunvaihdot automaattisesti. Laajennetussa integraatiossa FMS-järjestelmän varastosta on helppo löytää väärin koneistetut mittaamattomat kappaleet, sillä mittaukset suoritetaan noin 12 kappaleen välein. Jatkokehitys parantaa laadullista hyötyä, jota yritys saa integraatiosta. Jatkokehitys edellyttää laajaa tietämystä koneistuksesta, jotta koneistuskeskukset saadaan tuottamaan tehokkaammin.

LÄHTEET

1. Rantek – Oululaista osaamista jo 30 vuotta. Mun Oulu Kalevassa. Saatavissa: <https://sivustot.kaleva.fi/munoulu/rantek-oululaista-osaamista-jo-30-vuotta/>. Hakupäivä 15.12.2020.
2. Tähtinen, Sami 2005. Järjestelmäintegraatio: Tarve, Vaihtoehdot, Toteutus. Helsinki: Talentum.
3. Integraatio. Alfamet Oy. 2021. Saatavissa: <https://www.alfame.com/integraatio>. Hakupäivä. 10.12.2020
4. Heikkilä, Miika 2020. Koordinaattimittauskoneen jiggin suunnittelu. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu, Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/340877/Heikkila_Miika.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä 13.5.2021.
5. Robottisolun Käyttöohje. 2019. Probot Oy.
6. Robotize GoPal 400 product sheet. 2020. Robotize ApS. Saatavissa: <https://robotize.com/media/1236/gopal400-data-sheet-2018-03-09.pdf>. Hakupäivä 10.1.2020.
7. Installation note for GoPal AUX interface, 2020. Document no.: 011099 Rev. B 07.10.2019. Käyttöohje AUX laajennusosalle. Robotize ApS.
8. Koordinaattimittauskone. Zeiss. 2021. Saatavissa: <https://www.zeiss.com/metrology/products/systems/coordinate-measuring-machines/bridge-type-cmms/accura.html>. Hakupäivä 10.5.2021

9. Mittalaitteiden valmistaja Zeiss. 2020. Saatavissa: https://www.zeiss.fi/metrology/brochures.html?catalog=accura/bridge_type_cmm.pdf. Hakupäivä 17.2.2020.
10. Zeiss CMM Digital I/O Interface. 11/07/2018. Käyttöohje. Carl Zeiss AG.
11. CX9020 Basic CPU module. 2021. Tuotesivut. Beckhoff Automation. Saatavissa: <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/embedded-pcs/cx9020-arm-cortex-a8/cx9020.html>. hakupäivä 10.5.2021
12. Hekkala, Riku 2020. Mittausjigin siirtoratkaisun suunnittelu laadunvalvonnan automatisoinnissa. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu, Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/345674/Hekkala_Riku.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Hakupäivä 3.5.2021
13. Geier, Jim 2005. Langattomat verkot – perusteet. Helsinki: IT Press.
14. Beckhoff Automation Oy Support. Laitteiston hinnat ja langatonyhteys. 2021. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Risto Kotajärvi. 5.1.2021
15. Digital input/output (DIO). 2020. Blackbox. <https://www.blackbox.fi/fi-fi/page/28216/Resurssit/Tekniset-resurssit/Seikkaper%C3%A4iset%20selvitykset%20tekniikoista,%20termeist%C3%A4%20ja%20kytkenn%C3%B6ist%C3%A4./serial/digital-inputoutput-dio>. Hakupäivä: 15.9.2020.
16. Robotize ApS Support Team 2021. GoPal 400 pricing for thesis. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Risto Kotajärvi. 5.1.2021.
17. Tuotantotyöntekijän mediaanipalkka. 2021. Etuovi työpaikat. Saatavissa: <https://tyopaikat.oikotie.fi/palkkavertailu/tuotantotyöntekijä>. Hakupäivä: 3.5.2021