

Tero Kiiski

Rakenteiden kuormituskehän digitalisointi

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Tero Kiiski

Työn nimi: Rakenteiden kuormituskehän digitalisointi

Ohjaaja: Niko Ristimäki

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 42

Seinäjoen Ammattikorkeakoulun laboratoriossa on rakenteiden kuormitukseen tarkoitettu kuormituskehä. Tämä opinnäytetyö käsittelee kuormituskehän ohjausjärjestelmän päivittämisestä.

Työssä esitellään kuormituskehän ohjaavaan laitteistoon liittyvää automaatiota. Automaation osalta perehdytään sulautettuun PC-järjestelmään, kauko-ohjaukseen sekä servotekniikkaan hydraulikassa. Työssä esitellään myös tiedonkeräystä, ja voima-, siirtymä- ja venymäsuureiden mittausta. Ohjelmoitavien logiikoiden osalta esitellään tulo- ja lähtöterminaalien ominaisuuksia.

Opinnäytetyössä kerrotaan suunnittelussa huomioon otetuista asioista, sekä esitetään käytännön esimerkkejä mittauslaitteiston toiminnasta. Työssä esitellään myös standardinmukainen testausmenetelmä ontelolaatoille.

Avainsanat: testaus, kuormituskehä, ontelolaatta, digitalisointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Tero Kiiski

Title of thesis: Digitalization of a Structural Loading Frame

Supervisor: Niko Ristimäki

Year: 2016

Number of pages: 42

In the laboratory of Seinäjoki University of Applied Sciences there is a structural loading frame for testing different structures. This thesis studied the updating process of a controlling system of the structural loading frame.

This thesis presents the automation of a structural loading frame. Soft PLC, remote control and a servo hydraulic- system are presented as parts of the controlling automation system. The thesis also introduces data acquisition and the measuring of the forces and displacements. The properties of input and output terminals in programmable logic controllers are introduced as well.

The thesis describes things which were taken into account when planning the new controlling system. Also practical examples of the functioning of the measuring system are shown. Additionally, also the standard testing process for the hollow-core slab has been introduced.

Keywords: testing, Structural Loading Frame, Hollow-core Slab, digitalization

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Työn tausta.....	9
1.2 Työn tavoite.....	9
1.3 Työn rakenne.....	10
1.4 Yritysesittely.....	10
2 KUORMITUSKEHÄ.....	11
2.1 Rakenne.....	11
2.2 Ohjausjärjestelmä.....	13
2.2.1 Soft PLC.....	14
2.2.2 Terminaalit ohjelmoitavassa logiikassa.....	15
2.2.3 Turvalogiikka.....	16
2.2.4 Lähiohjaus.....	17
2.3 Hydraulikka.....	18
2.3.1 Servojärjestelmä hydraulikassa.....	18
2.4 Tiedonkeräys ja käsittely.....	20
2.5 Catman Easy.....	21
2.5.1 Venymäanturit.....	22
2.5.2 Voima-anturit.....	23
2.5.3 Siirtymäanturit.....	24
3 DIGITALISOINTI.....	26
3.1 Suunnittelu.....	26
3.1.1 Piirikaaviot.....	27
3.1.2 Ohjelmoitava logiikka.....	28
3.1.3 Turvalogiikka.....	28
3.1.4 Kauko-ohjaus.....	29

3.1.5 Käyttöliittymän vaatimukset	31
4 UUDEN JÄRJESTELMÄN TOIMINTA JA KÄYTTÖ	32
4.1 Kalibrointi	32
4.2 Rakenteiden testaus	33
4.3 Testausmenetelmän eteneminen	33
4.4 Käyttöliittymän käyttäminen	34
4.5 Kytkenät	36
4.5.1 Voima-anturi ja A/D-muunnos	36
4.5.2 Servoventtiili ja D/A-muunnos	37
5 POHDINTAA JA YHTEENVETO	39
LÄHTEET	40

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Kuormituskehä SeAMK:n laboratoriossa.....	11
Kuvio 2. Sylinteri ja sylinterinkansi. Kuvassa kappaleita, joita voidaan hyödyntää testattavia rakenteita kiinnittäessä.	12
Kuvio 3. Tukirakenteen avulla tuettu mäntylankku.	13
Kuvio 4. Beckhoffin valmistama 8-kanavainen tuloterminaali EL1008 (Beckhoff 2016c).....	16
Kuvio 5. Beckhoffin KL6900, väriltään keltainen turvalogiikka.	17
Kuvio 6. MOOG D761 -servoventtiilin poikkileikkaus (MOOG [Viitattu 26.4.2016]).	19
Kuvio 7. MGCplus AB220A -tiedonkeräysyksikkö.....	20
Kuvio 8. Ruutukaappauksessa kuormituskehän mittausantureilta kerättyä reaaliaikasta mittausdataa.	22
Kuvio 9. Kuormituskehällä käytettävä venymäanturi liimattuna metallikappaleen pintaan.	23
Kuvio 10. Interface-yhtiön valmistama sininen B-tunkin voima-anturi.	24
Kuvio 11. HBM:n valmistama induktiivinen siirtymäanturi, jolla voidaan todeta enintään 100:n millimetrin liike.	25
Kuvio 12. Ruutukaappaus kuormituskehän uusista piirikaavioista. Kuviossa on nähtävissä terminaalien järjestys ja logiikan rakenne.	28
Kuvio 13. IMET wave 550 S -kauko-ohjain.	30
Kuvio 14. Kalibrointiin käytetty voima-anturi kuormituskehällä.....	32
Kuvio 15. Ontelolaatan kuormitusmenetelmä esitettynä kaaviossa. (Tuomisto 2016)	34

Kuvio 16. Force Proof-tester -sovelluksen asetusnäkyvä.	35
Kuvio 17. Force Proof -ohjelmiston testausnäkyvä.	35
Kuvio 18. Periaatekuva. voima-anturin kytkennästä logiikan analogiseen tuloterminaaliin.....	37

Käytetyt termit ja lyhenteet

Käyttöliittymä	Visuaalinen liittymä esimerkiksi tietokoneen näytöllä, minkä avulla voidaan ohjata laitteistoja.
Väylätekniikka	Väylätekniikasta on useita eri standardeja. Väylätekniikalla voidaan kytkeä useita toimilaitteita toimimaan yhdessä yksinkertaisella kaapeloinnilla.
Digitalisointi	Uusien menetelmien ja ajattelutapojen käyttöönottoa, millä voidaan tehostaa vanhojen järjestelmien ja tapojen käyttöä.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava laite, jolla voidaan ohjelmoida erilaisia toimilaitteita.
CPU	Central Processing Unit. Ohjelmoitavan logiikan keskusyksikkö.
Rele	Sähköisesti ohjattu kytkin, jolla ohjataan sähkövirtaa.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Seinäjoen Ammattikorkeakoululla on rakennuslaboratoriossa rakenteiden kuormitukseen tarkoitettu kuormituskehä. Kuormituskehä on otettu käyttöön vuosina 1996 ja 1997. Kuormituskehän ohjauselektroniikka käyttöliittymineen oli vanhentunutta ja päivittämisen tarpeessa. Vanhassa ohjausjärjestelmässä ohjaukset toteutettiin re- leiden avulla. Ohjausjärjestelmän elektroniikka oli uniikkia, sekä toimi lähes 20 vuotta vanhan tietokoneen avulla. Ohjausjärjestelmän valmistanut yritys Matertest Oy on lopettanut toimintansa (Kauppalehti 2016). Järjestelmän käyttö oli myös hi- dasta ja monimutkaista.

Tässä työssä perehdytään vanhan ohjausjärjestelmän digitalisointiin, digitalisoinnin suunnitteluun, sekä siihen liittyvien ongelmien ratkaisuun. Digitalisoinnin avulla voi- daan yksinkertaistaa vanhojen laitteistojen toimintoja. Digitalisointi tarjoaa lukuisia uusia vaihtoehtoja vanhojen laitteiden käytölle.

Opinnäytetyöprojektissa oli aktiivisesti mukana Scanrobot Oy, joka myös toimitti lait- teistot ja ohjelmistot.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on rakentaa nykyaikainen, tarkka ja mahdollisimman helppokäyt- töinen testauslaitteisto rakenteiden testaukseen. Uuden laitteiston toimintojen tulee perustua digitaaliseen ohjaukseen.

Joskus testausmenetelmä täytyy toistaa useita kertoja peräkkäin täysin samanlai- sena. Analogisella järjestelmällä täysin identtisten testien toistaminen on haastavaa. Digitaalinen ohjaus mahdollistaa useiden erilaisten syklisten testauksien toteuttami- sen tarkasti ja identtisesti. Testausmenetelmiä voidaan myös tallentaa tietokoneelle, jolloin ne ovat helposti käytettävissä uudelleen. Uusi järjestelmä ja käyttöliittymä helpottavat materiaalintestauksen dokumentointia.

Tavoitteena on saada laitteistolle langaton kauko-ohjaus. Kauko-ohjauksella helpotetaan tunkkien liikuttamista asennettaessa rakenteita kuormituskehälle testausta varten.

Lisäksi tarkoituksena on kuormituskehän dokumentoinnin hoitaminen kuntoon ja ajantasaiseksi. Tämä opinnäytetyö on osa dokumentointia. Sähkökaaviot päivitetään helppolukuisiksi ja ajantasaisiksi.

1.3 Työn rakenne

Opinnäytetyön toinen luku kuvailee kuormituskehän rakennetta, kuormituskehän automaatiota sekä tiedonkeräystä. Toisessa luvussa kerrotaan uuden automaation eduista sekä ominaisuuksista, näitä vertaillaan vanhaan automaatioon. Kolmannessa luvussa käydään läpi komponenttivalintoja sekä perusteluita komponenttien valinnoille. Neljännessä luvussa kerrotaan käytännön työstä sekä annetaan käytännön esimerkkejä projektissa vastaan tulleista ilmiöistä. Neljäs luku sisältää myös standardiin perustuvan kuvauksen ontelolaattojen testauksesta. Viimeisessä, viidennessä, luvussa on projektin yhteenveto ja tulokset.

1.4 Yritysesittely

Seinäjoen Ammattikorkeakoulu eli SeAMK on keskisuuri korkeakoulu Etelä-Pohjanmaan maakunnassa. Pääkampus on Seinäjoen Kampusrannassa. Koulussa on noin 5000 opiskelijaa ja noin 380 henkilöstön jäsentä. (Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy 2015.)

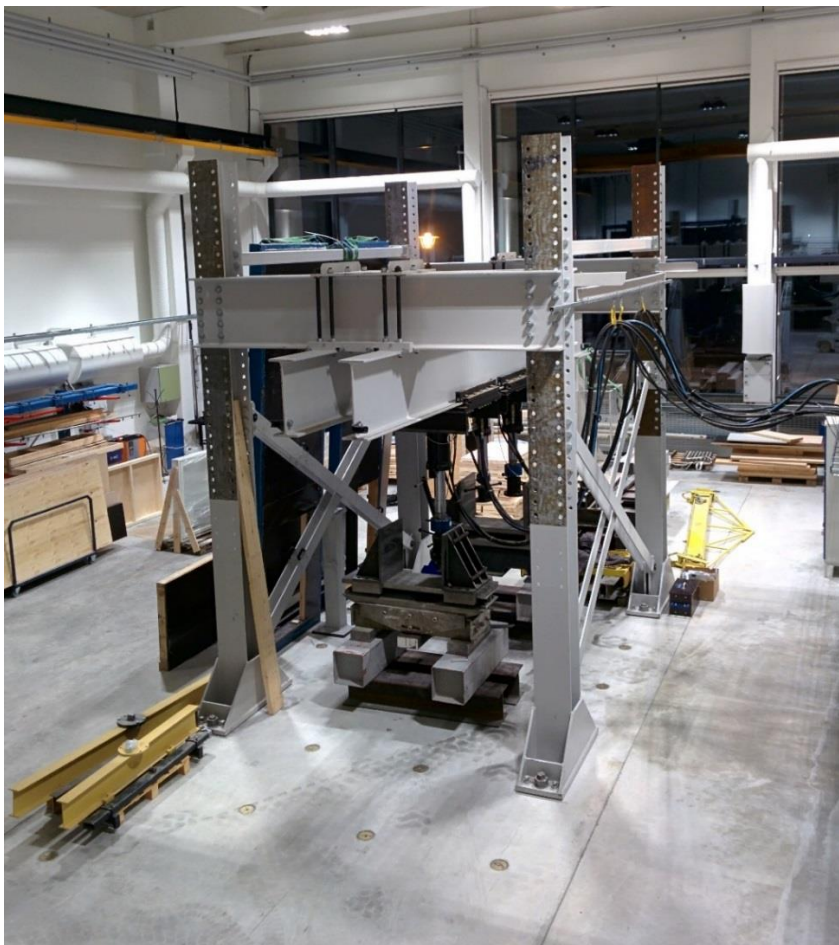
Koulutuksen lisäksi SeAMK tarjoaa erilaisia laboratoriopalveluita yrityksille tilauksesta. Yksi laboratorioista on rakennuslaboratorio Kampusrannassa mikä tarjoaa monia erilaisia testaus- ja mittauspalveluita. Näitä ovat esimerkiksi rakennetekniset kuormituskokeet, kuntotutkimukset, maanäytteiden analysointi, tiiviystestaukset, kosteusmittaukset, lämpökuvaukset sekä erilaiset äänentasomittaukset. Seinäjoen Ammattikorkeakoulun ylläpitäjä on Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy. (Seinäjoen ammattikorkeakoulu [Viitattu 26.4.2015].)

2 KUORMITUSKEHÄ

Tässä luvussa esitellään kuormituskehän rakennetta yleisesti sekä siihen liittyvää automaatiota. Kappale käsittelee tärkeimmät komponentit sekä uusien komponenttien etuja vanhoihin verrattuna.

2.1 Rakenne

Kuormituskehä (kuvio 1) koostuu teräspalkeista kootusta kehästä. Kehän poikki on asetettu kuormituspalkki, johon on kiinnitetty kolme kelkkaa. Kelkkoihin on ripustettu kolme hydraulisesti toimivaa tunkkia rakenteiden testausta varten. Tunkit ovat vakiomallisia hydraulisylintereitä.



Kuvio 1. Kuormituskehä SeAMK:n laboratoriossa.

Kelkkoja voidaan liikuttaa vapaasti kuormituspalkkia myöten. Kelkat ovat lukittavissa palkkiin kiinni. Tunkit ovat merkitty kirjaimin A, B ja C. A- ja C-tunkit ovat ominaisuuksiltaan identtiset ja näiden maksimikuormitus veto- tai puristussuunnassa on 450 kN. B-tunkin maksimikuormitus veto- tai puristussuunnassa on 150 kN. A- ja C-tunkit soveltuvat staattisiin kuormituskokeisiin. B-sylinteriin on sijoitettu paineakut, joiden avulla sillä voidaan suorittaa dynaamisia kuormituskokeita.

Kuormituskehä itsessään seisoo 16 metriä pitkän, neljä metriä leveän ja metrin paksuisen betonilaatan päällä. Betonilaatta on irrallaan muista kiinteistön rakenteista ja upotettu muun lattian kanssa samaan tasoon. Betonilaattaan on upotettu sylintereitä, joissa on M64-sisäkierre. M64-sisäkierteeeseen voidaan asentaa ankkureita tai kiinnityslenkkejä (kuvio 2). Ankkureiden tai kiinnityslenkkien avulla voidaan varmistaa mittalaitteiden tai testattavien rakenteiden pysyminen paikoillaan. (Tuomisto 2016.)



Kuvio 2. Sylinteri ja sylinterinkansi. Kuvassa kappaleita, joita voidaan hyödyntää testattavia rakenteita kiinnittäessä.

Testausta varten testattaville rakenteille rakennetaan tukijalusta (kuvio 3). Tukijalustan korkeutta voidaan säätää rakenteiden koon ja sylintereiden iskupituuksien mukaan. Tukijalusta rakennetaan teräspalkkeja hyödyntäen.



Kuvio 3. Tukirakenteen avulla tuettu mäntylankku.

2.2 Ohjausjärjestelmä

Kuormituskehän ohjauksen hoiti Matertest Oy:n valmistama elektroniikkayksikkö. Elektroniikkayksikkö antoi ohjaussignaaleja tunkeille. Tunkit ovat vakiomallisia hydraulisyntereitä. Elektroniikkayksikkö keräsi myös voima- ja siirtymäsignaaleja tunkeissa sijaitsevista antureista. (Matertest Oy 1999a.)

Elektroniikkayksikkö vaihdettiin Scanrobotin toimittamaan, Beckhoffin valmistamaan ohjelmoitavaan logiikkaan. Ohjelmoitavan logiikan CPU-yksikkö on malliltaan CX5120 ja kuuluu Beckhoffin CX5100-mallisarjan sulautettuihin PC-järjestelmiin (Beckhoff 2016a). Beckhoff CX5120 toi useita etuja vanhaan elektroniikkayksikköön verrattuna. CX5120 voidaan ohjelmoida kaikkien kuormituskehältä vaadittujen

ominaisuuksien mukaisiksi. Ohjelmointia on myös helppo korjata ja päivittää tarpeen vaatiessa.

Elektroniikkayksikkö oli aikanaan rakennettu releohjauksien sekä muiden kytkentöjen avulla juuri sellaiseksi kuin se on valmistushetkellä haluttu. Elektroniikkayksikön muuntaminen jälkeinpäin olisi vaatinut uusia kytkentöjä. Tarkastellessa nykyaikaisten ohjelmoitavien logiikkaohjaimien ominaisuuksia ja hintoja vanhan ohjausjärjestelmän päivittäminen ei olisi ollut kannattavaa. Yksikön liittäminen nykyaikaisiin tietokoneisiin olisi ollut haastavaa, esimerkiksi kommunikointi tapahtui sarjaportin avulla. Elektroniikkayksikköä käyttänyttä tietokoneohjelmistoa käyttöliittymineen ei voitu helposti asentaa uusiin tietokoneisiin.

2.2.1 Soft PLC

Soft PLC:llä tarkoitetaan PC-pohjaista automaatiota. Soft PLC:lle on ominaista korkea suorituskyky sekä järjestelmään sulautettu PC. (Soft PLC 2016.)

Ohjelmoitava logiikka sisältää perinteisen logiikkaohjaimen sekä alustan käyttöjärjestelmälle. Beckhoffin CX5120-ohjaimessa käyttöjärjestelmänä on Windows Embedded Standard 7P. Windows Embedded Standard on teollisuuskäyttöön räätälöity versio kotikäyttöön tarkoitetuista Windows-käyttöliittymästä. (Beckhoff 2016a.)

Soft PLC -laitteessa suoritetaan logiikkaohjelmaa siten, ettei se ole riippuvainen sen yhteydessä toimivan tietokoneen tai käyttöjärjestelmän tilasta. Soft PLC mahdollistaa kenttäväylien sekä muiden monimutkaisten ohjauksien käytön ilman erillisiä tiedonsiirtoratkaisuja. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2009, 213.)

Beckhoff CX5120-laitteen ohjelmointi tapahtuu TwinCAT-sovelluksen avulla. TwinCATin yksi eduista on sen tukema IEC 61131-3 –standardi (Beckhoff 2016b). IEC 61131-3 on kansainvälisesti käytetty standardi ohjelmointikielistä ohjelmoitaville ohjaimille. Standardin noudattaminen on yleistynyt ohjelmoitavia logiikkaohjaimia valmistavien yritysten keskuudessa. Standardi helpottaa eri valmistajien valmistamien logiikkaohjaimien tarkkailua ja hallintaa teollisuudessa. (PLCopen [Viitattu 26.4.2015].)

PC-pohjaista automaatiota käytetään erityisesti ylemmän tason ohjauksissa. Ylemmän tason ohjauksissa voidaan valvoa kokonaisen tuotantolinjan toimintaa sekä erilaisten kenttälaitteiden tulee olla yhdistettävissä toisiinsa. Tavallisesti ylemmän tason ohjausjärjestelmissä voidaan seurata tuotantolinjaan liittyviä tunnuslukuja. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2009, 210.)

2.2.2 Terminaalit ohjelmoitavassa logiikassa

Ohjelmoitavat logiikat rakennetaan CPU-yksikön ympärille. Logiikat kootaan usein erillisistä terminaaleista (kuvio 4). Terminaaleja on olemassa moneen erilaiseen käyttöön, myös niiden toimintatavat vaihtelevat. Yksinkertaisimmillaan terminaali vastaanottaa tai lähettää digitaalista signaalia. Lähettäessään digitaalista signaalia, joka on tai ei ole päällä, terminaali on lähtöterminaali. Vastaanottaessaan digitaalista signaalia terminaali on tulotermiinaali. Terminaalien toisiinsa yhdistämisessä voidaan käyttää väylätekniikkaa. Kuvion neljä kortissa, vasemmalla, on nähtävissä pinnit, joiden avulla kortit kytkeytyvät toisiinsa. (Boltton 2015, 16-20.)

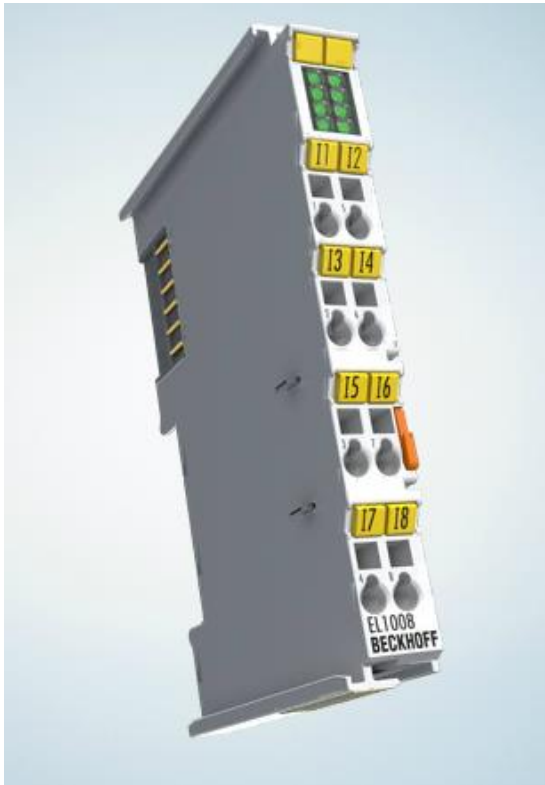
Tässä osiossa esitellään opinnäytetyön kannalta olennaisimmat terminaalit.

EL1008 on 8-kanavainen digitaalinen tulotermiinaali. Yhdellä kanavalla voi olla kaksi tilaa. Kanava asettuu 1-tilaan eli päälle signaalin ollessa 15–30 volttia. 0-tilaan eli pois päältä terminaali asettuu saadessaan signaalin välillä -3–5 volttia. Kanavat eivät ole riippuvaisia muiden kanavien tilasta. (Beckhoff 2016c.)

EL2008 on puolestaan 8-kanavainen lähtöterminaali. Jokin terminaalin kanavista voidaan ohjata päälle ja antamaan 24 voltin signaalia esimerkiksi releelle. Kanavalla voi olla kaksi tilaa. Kanava kykenee antamaan vain 24 voltin signaalia ja ohjaamaan tällä jännitteellä toimivia laitteita päälle tai pois. (Beckhoff 2016d.)

EL4114 on 4-kanavainen analoginen lähtöterminaali, joka lähettää virtasignaalia välillä 0–20 mA. Lähtöterminaali muuntaa digitaalisessa muodossa olevan signaalin analogiseksi lähtösignaaliksi. Muunnosta kutsutaan D/A eli Digitaali-analogiamuunnokseksi. Signaalin vahvuuden asettamiseen kuormituskehällä käytetään voimaantureiden sekä siirtymäantureiden antamaa signaalia. Analogisella virta-arvolla ohjattavia laitteita ovat esimerkiksi servoventtiilit. (Beckhoff 2016e.)

EL3356 on analoginen tuloterminaali, joka on tarkoitettu erityisesti voima-antureiden mittauksen avuksi. Tuloterminaalilla kyetään tarkkailemaan siltaan kytkettyjä venymäliuskoja, jotka syöttävät mittaustiedon jännitearvona tuloterminaalille. Tuloterminaalilla tekee A/D-muunnoksen eli analogia-digitaalimuunnoksen. Analogisessa muodossa oleva mittaustieto muunnetaan digitaaliseksi informaatioksi. (Beckhoff 2016f.)



Kuvio 4. Beckhoffin valmistama 8-kanavainen tuloterminaali EL1008 (Beckhoff 2016c).

2.2.3 Turvalogiikka

Turvalogiikka toimii ohjausjärjestelmän erillisenä valvontapiirinä. Turvalogiikka estää laitteen toiminnan tai pysäyttää prosessin havaitessaan virheen (Malm & Kivipuro, 2004, 75). Monimutkaisissa automaatiojärjestelmissä turvallisuus riippuu yhä useammin ohjausjärjestelmästä. 90-luvun puolivälissä markkinoille tuotiin ensimmäisiä turvalogiikoita, joiden avulla pystyttiin valvomaan ohjausjärjestelmien toimintaa (Malm & Kivipuro, 2004, 3-11). Turvalogiikat ovat turvareleitä monipuolisempia

ja ne mahdollistavat monipuolisemman laitteiston valvonnan. Turvalogiikkaan voidaan myös liittää huomattavasti enemmän turvalaitteita kuin turvareleeseen (Malm & Kivipuro, 2004, 75.).

Osana Scanrobotin toimittamaan ohjelmitavaan logiikkaan kuuluu Beckhoffin valmistama KL6900-turvalogiikka (kuvio 5). Turvalogiikalla voidaan valvoa kuormituskehän hätä-seis-painikkeita sekä laitteiston käynnistymistä.

Turvalogiikalla voidaan parantaa kuormituskehän turvallisuutta. Turvalogiikan laajentaminen ei edellytä muutoksia kuin itse turvalogiikassa, muut ohjausjärjestelmät voidaan pitää ennallaan.

Vanhassa ohjausjärjestelmässä hätä-seis-painikkeet oli kytketty sarjaan. Hätä-seis-painikkeet ohjasivat normaalitilassa suljettua releitä, joka oli osana järjestelmän käynnistyspiiriä. Jännitteen katketessa tältä käynnistyspiirin releeltä järjestelmä pysähtyi tai se ei käynnistynyt.



Kuvio 5. Beckhoffin KL6900, väriltään keltainen turvalogiikka.

2.2.4 Lähiohjaus

Vanhaan ohjausjärjestelmään kuului lähiohjauskotelo. Lähiohjauksella voitiin liikuttaa tunkkeja ennen testaustilannetta haluttuihin asemiin (Matertest Oy 1999b, 23-

24). Lähiohjauskotelo oli kiinnitetty kaapelilla kytkentäkoteloon, josta se kytkeytyi elektroniikkayksikköön. Lähiohjauskotelo oli vaikeaselkoinen sekä epäkäytännöllinen pitkän kaapelinsa vuoksi. Lähiohjaus korvattiin langattomalla kauko-ohjaimella.

Scanrobot Oy toimitti uuteen lähiohjausjärjestelmään vaaditut komponentit yhdessä logiikan kanssa.

2.3 Hydrauliiikka

Kuormituskehällä on käytössä kolme hydraulista tunkkia. Tunkit ovat Hydoring Oy:n valmistamia hydraulikkasyylintereitä (Matertest Oy 1999a). A- ja C-tunkit vastaavat toisiaan, mutta B-tunkki on fyysiseltä kooltaan hieman pienempi ja varustettu paineakuin. B-tunkilla ei ole myöskään tarvetta tuottaa yhtä suuria voima-arvoja kuin A- ja C-tunkeilla.

Tunkeille ohjataan painetta sähkötoimisilla ohjausventtiileillä, jotka voidaan ohjata päälle tai pois. Sähkötoimisilla venttiileillä ei toteuteta minkäänlaista liikkeenohjausta, venttiileillä voidaan ainoastaan toteuttaa tunkkien käyttöönotto ja poistaminen käytöstä. Venttiilien ollessa jännitteellisiä ne ovat auki-asennossa.

Sähkötoimisen hydraulikkaventtiilin toiminta perustuu sähkömagneettiin. Venttiilissä olevan sähkömagneetin tullessa jännitteelliseksi se liikuttaa venttiilin sisällä olevaa karaa. Jännitteen katketessa venttiilin kara asettuu kiinni-asentoon jousen avulla. Ohjausventtiilit toimivat 24 voltin jännitteellä. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 235.)

2.3.1 Servojärjestelmä hydraulikassa

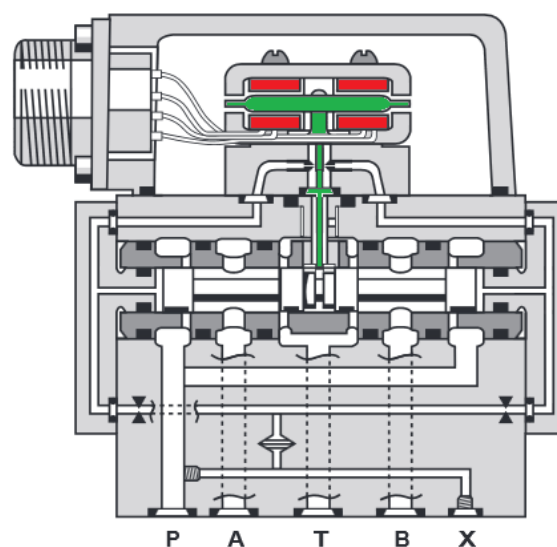
Tunkkien liikkeenohjaus toteutetaan sähköisesti ohjatuilla servoventtiileillä. Servoventtiilit ovat yhdysvaltalaisen MOOG-yhtiön valmistamia.

Servoteknisissä ohjauksissa on jatkuva tulo- ja lähtösignaalien valvonta eli takaisin-kytkentä. Järjestelmä on tarkoitettu olosuhteisiin, jossa toimilaitteen nopeutta tai liikettä valvotaan jatkuvasti. Liikkeestä saadulla arvolla ohjataan venttiilin toimintaa

halutulla tavalla. Servotekniikkaa käytetään hydraulisissa järjestelmissä, joissa vaaditaan nopeutta ja tarkkuutta. Servoventtiilit ovat hienomekaanisia komponentteja ja toimivat erittäin pienillä välyksillä. Hienomekaaniset hydraulikkakomponentit vaativat toimiakseen erittäin puhtaan hydraulikkaöljyn. Servoventtiileissä käytetään tavallisimmin vääntömoottoria sähköisen ohjausarvon muuntamiseen mekaaniseksi. Vääntömoottorit ovat sähköisellä virralla ohjattuja kestopagneettimoottoreita. Vääntömoottori tuottaa sähköiseen ohjausvirtaan verrannollisen momentin. Momentti on kuitenkin pieni eikä se riitä ohjaamaan kovin suurta hydraulista tehoa. Tavallisesti momenttia vahvistetaan esiohjauksen avulla. (Keinänen & Kärkkäinen 2009, 289.)

Kuviossa kahdeksan on nähtävissä servoventtiilin poikkileikkaus. Kuviossa vääntömoottorin magneettikelat on värjätty punaisiksi. Magneettikelalle ohjattavalla sähkövirralla ohjataan vihreäksi värjätyn läpän liikkeitä. Vihreän läpän liike ohjaa nesteen virtausta venttiilin sisällä, jolla toteutetaan mekaanista liikettä. Sähkövirta on verrannollinen läpän liikkeisiin.

Kuormituskehän servoventtiilit saavat liikkeenohjaukseen tarvittavat arvot siirtymä- ja voima-antureilta. Ohjelmoitavan logiikan avulla ohjatussa järjestelmässä antureiden antamat arvot kytketään logiikan tuloterminaaleihin. Servoventtiilille liikkeenohjaukseen tarvittavaa virtasignaali syötetään logiikan lähtöterminaaleilta. Oikean liikkeenopeuden säätö tapahtuu ohjelmoitavassa logiikassa.

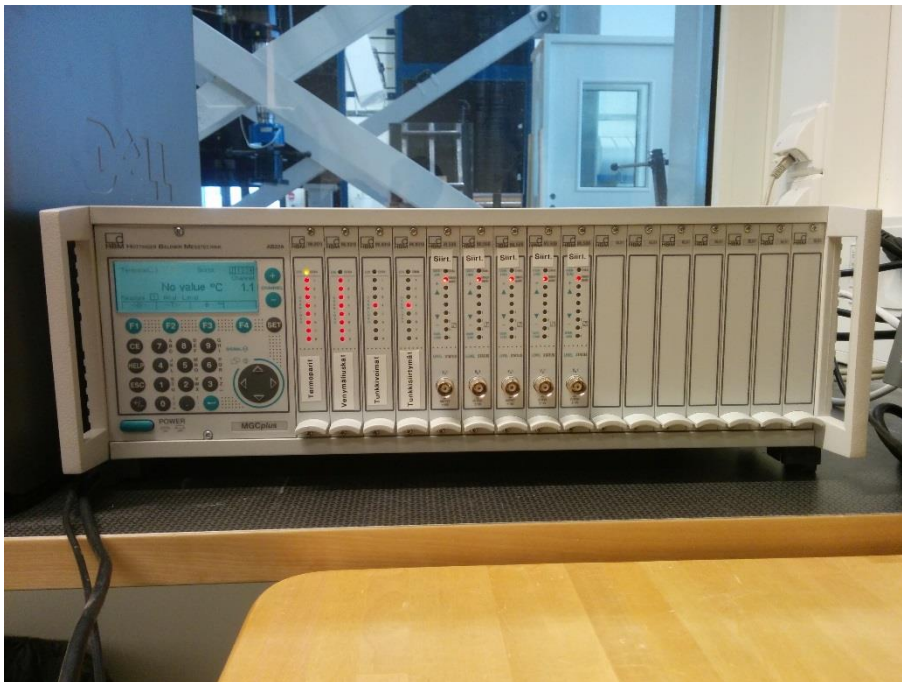


Kuvio 6. MOOG D761 -servoventtiilin poikkileikkaus (MOOG [Viitattu 26.4.2016]).

2.4 Tiedonkeräys ja käsittely

Kuormituskehällä käytetään tiedonkeräyksessä saksalaisen HBM-yhtiön (Hottinger Baldwing Messtechnik GmbH) valmistamaa MGCplus AB220A -tiedonkeräysyksikköä.

MGCplus on hyvin monipuolinen ja monikäyttöinen tiedonkeräysyksikkö, jota voidaan käyttää apuna lähes kaikenlaisessa tiedonkeräyksessä ja mittauskäytössä. Tiedonkeräysyksikköön voidaan liittää erilaisia mittauskortteja tarpeiden mukaan. Laitteita voidaan myös kytkeä sarjaan, jos se on tarpeen. MGCplus-tiedonkeräysyksikköä voidaan käyttää pelkästään sen omalla ohjauspaneelilla tai kytkeä tietokoneeseen. Kytkemällä tietokoneeseen laitteen kaikki ominaisuudet voidaan valjastaa tehokkaammin käyttöön sekä mittausdatan analysointi, vertailu, ja muu tutkiminen helpottuu. (HBM [Viitattu 26.4.2015]a.)



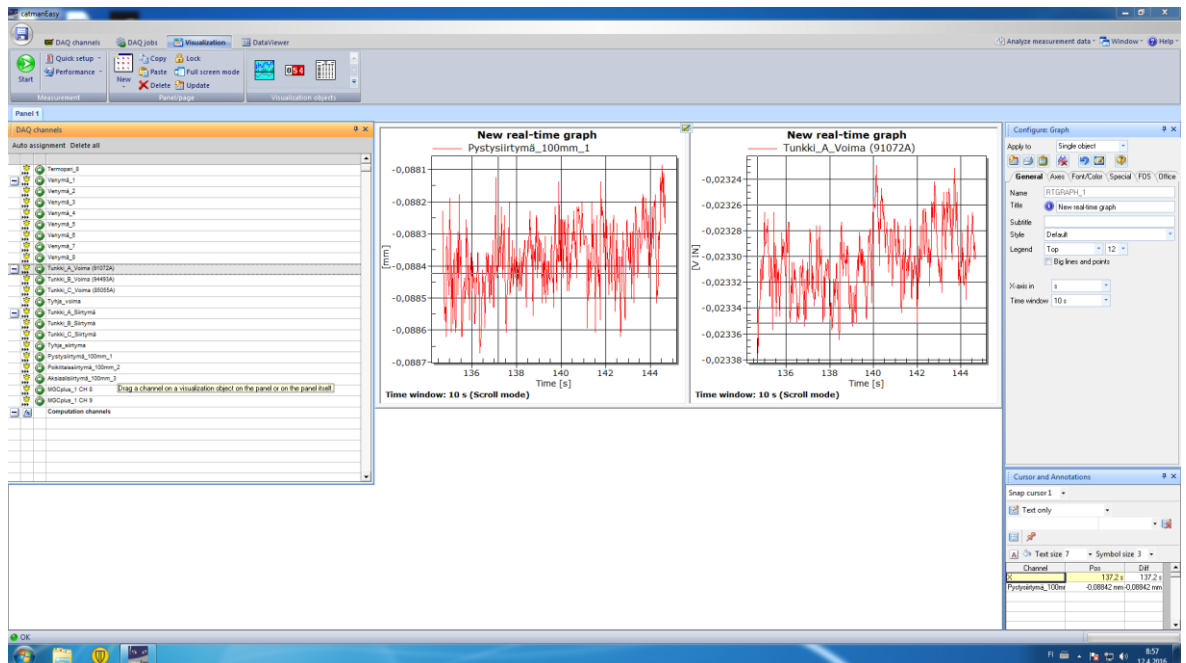
Kuvio 7. MGCplus AB220A -tiedonkeräysyksikkö.

2.5 Catman Easy

Kuormituskehällä käytetään Catman Easy 3.0 -tiedonkeräysohjelmistoa. Catman Easy on HBM:n kehittämä sovellus MGCplus tiedonkeräysyksiköllä kerätyn mittausdatan hallintaan. Catmania tullaan käyttämään myös jatkossa kuormituskehän tiedonhallintaan. Catman auttaa mittausdatan visualisoinnissa sekä analysoinnissa. Mittaustuloksia voidaan esimerkiksi siirtää Excel-taulukkolaskentasovellukseen. (HBM [Viitattu 26.4.2015]b.)

Kuviossa kahdeksan on nähtävissä ruutukaappaus Catman Easy -ohjelmistosta. Kuviossa on nähtävissä kuormituskehältä kerättyä dataa. Kuviossa on visualisoitu erään pystysiirtymäanturin ja A-tunkin voima-anturin mittausdata. Kuvion vasem-

massa reunassa on listattuna kaikki ohjelman löytämät toiminnassa olevat mittalaitteet. Ohjelmistoa käynnistäessä ohjelma käy läpi kaikki tiedonkeräysyksikön käyttämät kanavat ja ilmoittaa mitkä kanavat ovat aktiivisia.



Kuvio 8. Ruutukaappauksessa kuormituskehän mittausantureilta kerättyä reaaliaikasta mittausdataa.

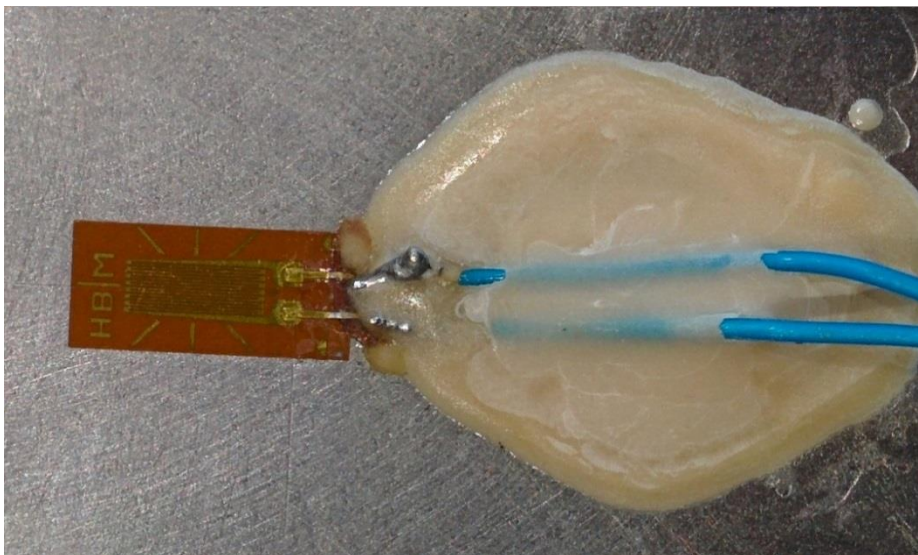
2.5.1 Venymäanturit

Kuormituskehällä käytetään HBM:n valmistamia venymäliuskoja (kuvio 9) testattavien kappaleiden venymän ja rakennemuutosten havaitsemiseen. Venymäliuskat ovat tyypiltään metallikalvoliuskoja. Venymäliuskojen toiminta perustuu sähköä johtavan materiaalin johtamiskyvyn muutokseen eli resistanssiin. Mekaaninen jännitys

vaikuttaa sähköä johtavan materiaalin kykyyn johtaa sähköä. Mekaanisen jännityksen aiheuttama resistanssi on kuitenkin hyvin pieni. (Hoffman 1989, 146.)

Venymäliuskojen avulla voidaan todentaa useita erilaisia mekaaniseen jännitykseen liittyviä ilmiöitä. Venymäliuskoista on tehty useita erilaisia versioita erilaisiin käyttökohteisiin. (Hoffman 1989, 7-8.)

Kuormituskehän venymäliuskat kytetään MGCplus-tiedonkeräysyksikköön, niille varatuille riviliittimille. Riviliittimet on kytketty laitteen mittauskorteille. Venymäliuskoja ei tarvitse kytkeä elektroniikkayksikköön. Liuskat toimivat itsenäisesti MGCplus-tiedonkeräysyksikön kanssa.



Kuvio 9. Kuormituskehällä käytettävä venymäanturi liimattuna metallikappaleen pintaan.

2.5.2 Voima-anturit

Kuormituskehän tunkkien päissä on voima-anturit, joilla mitataan tunkkien kehittämää puristusvoimaa. A- ja C-tunkkien antureiden maksimikuorma on kalibroitu 450 kN ja B-tunkin anturi on kalibroitu 125 kN asti. Kaikki voima-anturit ovat yhdysvaltalaisen Interface-yhtiön valmistamia. Voima-antureiden toiminta perustuu resistiivisiin venymäliuskoihin. Venymäliuskat on kytketty shunt-kalibroituun täyssiltaan. (Matertest Oy 1999b.)

Täyssiltakytkennässä neljä venymäliuskaa on kytketty virtapiiriin. Piirissä on kaksi pistettä, joihin syötetään jännitettä, ja kaksi pistettä, joista voidaan mitata jännitettä. Syöttö- ja lähtöjännitteen erotuksesta saadaan arvo, joka on verrannollinen tunkin tuottamaan puristusvoimaan. (Hoffman 1989,146.)

Tunkin tuottamaan puristusvoimaan verrannollinen jännitearvo syötetään ohjelmoitavalle logiikalle. Logiikalta johdetaan mittaussignaaleja MGCplus-tiedonkeräyssikköön.



Kuvio 10. Interface-yhtiön valmistama sininen B-tunkin voima-anturi.

2.5.3 Siirtymäanturit

Tunkeissa on jokaisessa koteloituna tunkin sivuun siirtymäanturi. Siirtymäanturit antavat tietoa tunkkien siirtymästä. Uudessa ohjausjärjestelmässä pitäisi pystyä tarkkailemaan tunkkien siirtymää johonkin tiedettyyn asemaan nähden. Siirtymäanturit antavat siirtymätiedon jännitetiedon avulla. Siirtymäantureiden signaalia vahvistetaan kuormituskehän vieressä olevaan seinään kiinnitettyjen vahvistimien avulla.

Kuormituskehällä voidaan käyttää myös erikseen MGCplus-tiedonkeräysyksikköön kytkettäviä HBM:n valmistamia induktiivisia siirtymäantureita. Eriksen käytettäviä siirtymäantureita ei ole kytketty ohjelmitavaan logiikkaan. Siirtymäanturit toimivat itsenäisesti MGCplus-tiedonkeräysyksikön kanssa. Siirtymäantureita käytetään Minitec-kehärakenteen avulla. Kehärakenteen avulla voidaan tukea siirtymäanturi sitä tasoa vasten, jonka siirtymää halutaan tarkkailla.

Induktioon perustuva anturi hyödyntää sähköän avulla tuotettua magneettikenttää. Magneettikenttä reagoi metallisen kappaleen liikkeessä kentässä. (Ansaharju & Maaranen 2004, 322.)



Kuvio 11. HBM:n valmistama induktiivinen siirtymäanturi, jolla voidaan todeta enintään 100:n millimetrin liike.

3 DIGITALISOINTI

Digitaalinen tietojenkäsittely toimii hyvin tietoliikennetekniikassa, mittaustekniikassa sekä tietotekniikassa. Analoginen signaali voi antaa äärettömän määrän arvoja tunnetulta väliltä, kun digitaalinen signaali antaa äärellisen määrän arvoja. (Huttunen 2005, 1-11.)

Digitalisaatiossa on kyse uusien älykkäiden sähköisten palveluiden kehittämisestä sekä uusien palveluketjujen luomisesta virtuaalisessa ympäristössä. Digitalisaatio luo puitteet muutoksien onnistumiseen sekä kannustaa luomaan entistä toimivampia ratkaisuja ja palveluita. (Valtiovarainministeriö [Viitattu 26.6.2016].)

Teollisuudessa digitalisaatio ilmenee teollisen internetin kehittämisenä. Yritykset ovat myös kehittäneet erilaisia pilvipalveluita tuotteiden laadunvalvontaan sekä huollontarpeen arviointiin. Digitalisaatiolla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä nopeuden ja entistä sujuvamman palvelun kautta. Palvelut ovat aina ja kaikkialla käytettävissä. (Liimatainen 2015.)

Kuormituskehää ohjaavan järjestelmän digitalisoinnilla voidaan luoda järjestelmän käytölle lähes rajattomat mahdollisuudet. Uusi ohjaava järjestelmä pohjautuu PLC-pohjaiseen automaatioon. PLC-pohjainen automaatio antaa lähes loputtomasti mahdollisuuksia järjestelmän jalostamiselle sekä kehittämiselle. Järjestelmä ei siis ole niin haavoittuvainen kuin vanha järjestelmä. Vanhan järjestelmän liittäminen osaksi nykyaikaista tietotekniikkaa on hyvin vaikeaa. Uusi järjestelmä voidaan saada toimimaan melko vaivattomasti lähes minkä tahansa tietoteknisen järjestelmän kanssa.

3.1 Suunnittelu

Tässä kappaleessa perehdytään uuden ohjaavan järjestelmän suunnitteluun. Logiikan ohjelmallisen puolen kehittämisestä vastasi Scanrobot Oy.

Uutta ohjelmoitavaa logiikkaa ei voitu liittää suoraan vanhoihin kuormituskehän kytkentöihin. Ohjelmoitavan logiikan saaminen osaksi järjestelmää edellytti suunnittelua. Edellisessä kappaleessa on listattu asioita, jotka tuli saada toimimaan yhdessä ohjelmoitavan logiikan kanssa. Ohjelmoitava logiikka tarvitsee kuormituskehän oikean toiminnan takaamiseksi siirtymätiedot tunkeilta sekä voima-antureiden mitaustiedot tunkeilta. Voima- ja siirtymätietojen avulla voidaan antaa oikeanlaisia ohjauksia servoventtiileille. Ohjelmoitava logiikka sisältää turvalogiikan joka, piti sovittaa osaksi uutta järjestelmää.

Catman-ohjelmisto sekä tiedonkeräysyksikkö jatkavat yhä omana itsenäisenä osanaan kuormituskehää. Suunnittelussa tuli huomioida, että ohjelmoitava logiikka ja tiedonkeräysyksikkö tarvitsevat molemmat tunkkien voima- ja siirtymätiedot. Tiedonkeräysyksikkö käsittelee ohjelmoitavan logiikan tarvitsemien signaalien lisäksi ulkoisten siirtymäantureiden, sekä venymäliuskojen keräämää tietoa. Mittausdatan käsittelyä ja käyttöä voitiin helpottaa laitteiston päivittämisen myötä. Catman-ohjelmisto voitiin asentaa samalle tietokoneelle kuormituskehän käyttöliittymän kanssa.

3.1.1 Piirikaaviot

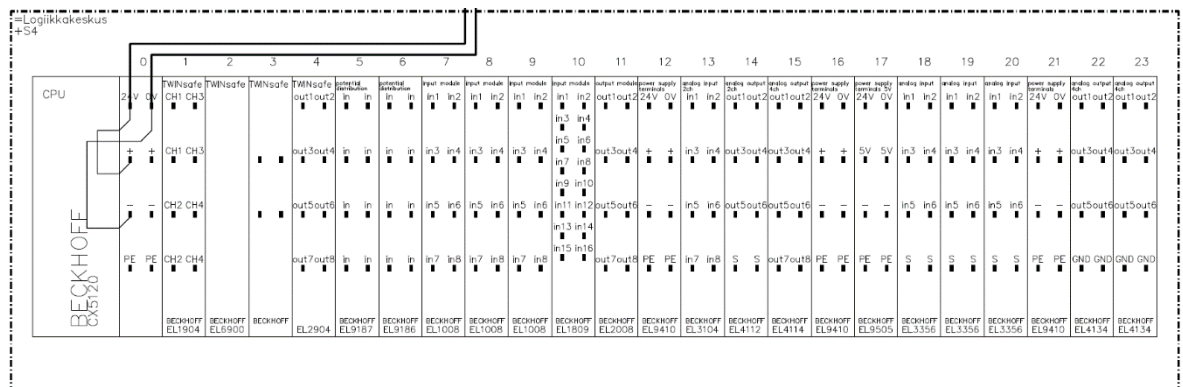
Suunnitteluvaiheessa oli selvää, että vanhaa sähköjärjestelmää joudutaan muokkaamaan. Luonnollisesti uusista kytkennöistä tehtiin selkeät dokumentit. Uusia piirikaavioita voidaan käyttää apuna myöhemmin järjestelmää korjatessa tai päivittäessä.

Matertestin laatimat piirikaviot kuormituskehästä olivat vaikeaselkoiset. Piirikaavioissa yksi ohjauspiiri oli levitetty useammalle sivulle, vaikka se olisi mahtunut yhdelle. Vanhat piirikaaviot piirrettiin ensin puhtaaksi CADS-sähkösuunnitteluohjelmiston avulla. Puhtaaksi piirretyistä piirikaavioista oli helppo karsia turhat elektroniikkayksikön tarvitsemat releet ja ohjauspiirit pois. Piirikaavioista myös saatiin helposti selville, mitä ohjauskytkimiä ja riviliittimiä voitiin käyttää apuna ohjelmoitavan logiikan kytkennässä osaksi järjestelmää. Puhtaaksi piirrettyjen piirikaavioiden pohjalta oli helppo suunnitella uudet piirikaaviot, joiden mukaan uusi logiikka kytkettiin osaksi järjestelmää. Uusista piirikaavioista selviävät kaikki kuormituskehään vaikuttavat kytkennät sekä niiden sijainnit.

3.1.2 Ohjelmoitava logiikka

Kuormituskehän tarpeisiin sopi parhaiten sulautettuun PC-järjestelmään pohjautuva CX5120 -ohjelmoitava logiikka. Sulautettuun PC-järjestelmään pohjautuva ohjelmoitava logiikka antaa hyvän suorituskyvyn sekä mahdollisuudet järjestelmän laajentamiseen ja kehittämiseen. Järjestelmä on myös helposti liitettävissä muihin laitteistoihin.

Ohjelmoitavalta logiikalta vaadittiin kykyä käsitellä analogisia jännitetuloja. Logiikkaan tarvittiin myös kyky käsitellä tavallisia päälle tai pois päältä ohjattavia tuloja ja lähtöjä. Servoventtiilien ohjausta varten logiikalle tarvittiin lähtöterminaali, joka pystyi lähettämään analogista virta-arvoa. Ohjelmoitavan logiikan kokoonpanossa tuli huomioida kauko-ohjauksen tarvitsemat tuloterminaalit. Ohjelmoitavaan logiikkaan tarvittiin loppujen lopuksi 23 erilaista terminaalia. 23 terminaalin joukkoon on myös laskettu logiikan oman väylän vahvistamiseen tarvittut terminaalit.



Kuvio 12. Ruutukaappaus kuormituskehän uusista piirikaavioista. Kuviossa on nähtävissä terminaalien järjestys ja logiikan rakenne.

3.1.3 Turvalogiikka

Elektroniikkayksikössä hätä-seis-painikkeet oli kytketty sarjaan normaalitilassa suljettuun piiriin. Hätä-seis-painikkeet ohjasivat suoraan relettä ohjauspiirissä, mikä piti järjestelmän käynnissä. Elektroniikkayksikön hätä-seis-piiri ei myöskään vaatinut kuittausta toiminnan varmistamiseksi.

Turvalogiikan tuli olla osana järjestelmän valvovaa piiriä. Turvalogiikan tavoite on parantaa järjestelmän turvallisuutta. Turvalogiikan tulisi olla laajennettavissa, mikäli kuormituskehän turvallisuutta halutaan joskus parantaa entisestään.

Turvalogiikaksi tuli Beckhoffin KL6900-turvalogiikka. Uudet kytkennät suunniteltiin siten, että hätä-seis-painikkeet kytkettiin jokainen omaan kanavaan turvalogiikalle. Turvalogiikan lähtöön kytkettiin rele, jonka täytyy olla kytkettynä, jotta järjestelmä voi toimia. Turvalogiikka myös vaatii erillisen kuittauksen kun kuormituskehä käynnistetään. Tämä päätettiin tehdä kauko-ohjaimen avulla, tällä voidaan myös varmistua kauko-ohjauksen olevan käytössä ja hallinnassa. Turvalogiikka valvoo sen lähtöön kytkettyä relettä. Releen kelan vastusta mitataan jatkuvasti, jotta voidaan olla varmoja sen toiminnasta. Mikäli turvalogiikka havaitsee jonkin häiriön kauko-ohjauksessa, releessä tai hätä-seis-painikkeessa, se asettuu vikatilaan ja estää järjestelmän käytön. Vikatila täytyy myös erikseen kuitata pois päältä.

Turvalogiikan sekä hätä-seis-painikkeiden kytkennät on esitetty uusissa piirikaavioissa.

3.1.4 Kauko-ohjaus

Kuormituskehällä oli ennestään käytettävissä lähiohjauskotelo, joka oli kytketty elektroniikkayksikköön pitkällä kaapelilla. Kotelosta voitiin asemoida tunkkeja ennen testaustilannetta. Sylintereiden asemointi tapahtui potentiometriä sekä vipukytkimien avulla. Lähiohjauskotelon kytkimet eivät olleet selkeitä, lisäksi kotelo oli epäkäytännöllinen pitkän johtonsa kanssa.

Uuden lähiohjauksen tuli olla helppokäyttöinen, turvallinen ja selkeä. Uudessa lähiohjauksessa pitää olla hätä-seis-painike, sekä testausmenetelmän pysäytys- ja aloitus-painikkeet. Ennen kaikkea lähiohjauksen tulee tapahtua langattomasti. Helppokäyttöinen langaton lähiohjaus lisää turvallisuutta asemoitaessa tunkkeja isoja testauskappaleita varten. Langatonta kauko-ohjainta voidaan pitää jatkuvasti käsillä ja keskeyttää testausmenettely ongelmien ilmetessä.

Scanrobot Oy toimitti uuden lähiohjausjärjestelmän. Langattomaan kauko-ohjaukseen vaadittavia laitteistoja valmistaa IMET, italialainen yritys, joka on erikoistunut

teollisuuden kauko-ohjausjärjestelmien valmistukseen. Kuormituskehälle käyttöön tuleva kauko-ohjain on malliltaan IMET M550S wave.

Vanhassa lähiohjauksessa ei ollut mitään, mitä olisi voinut hyödyntää uudessa järjestelmässä. Uuden kauko-ohjausjärjestelmän vastaanotin kytkettiin ohjelmoitavan logiikan tuloterminaaleihin. KytKentä on hyvin yksinkertainen. Kuormituskehän turvalogiikka tarvitsee kauko-ohjaimelta kuittauksen toimiakseen. Kauko-ohjaimessa on myös sirullinen avain, jonka poistaminen estää kuormituskehän toiminnan. Kauko-ohjaimen sammuttaminen tai vieminen pois vastaanottimen vaikutuspiiristä estää kuormituskehän käytön. Kauko-ohjaimesta löytyy kaksiportainen nopeussäätö, joka on riippuvainen siitä, kuinka syväälle ohjauspainiketta painetaan. Edellä mainitut seikat parantavat kuormituskehän turvallisuutta.



Kuvio 13. IMET wave 550 S -kauko-ohjain.

3.1.5 Käyttöliittymän vaatimukset

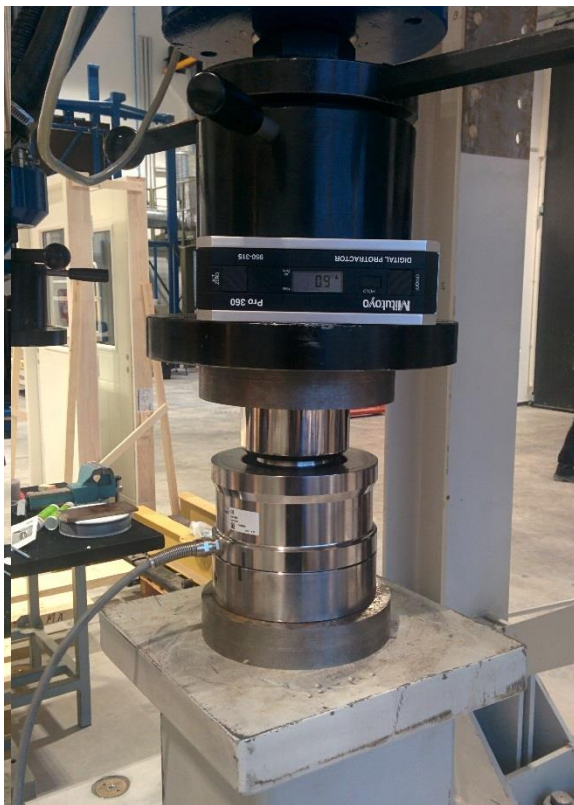
Uudesta käyttöliittymästä piti saada selkeä sekä yksinkertainen. Käyttöliittymässä tulisi olla mahdollisuus poistaa sekä ottaa käyttöön haluttuja tunkkeja. Käyttöliittymällä täytyy myös kyetä asemoimaan tunkkeja käsin. Myös voimaan tai siirtymään perustuvan ohjauksen tuli olla mahdollista. Käyttöliittymässä piti olla selkeät valintamahdollisuudet erilaisille testausmenetelmille. Ohjelmiston tuli näyttää selkeästi tunkeilta saatavaa mittaustietoa ja piirtää graafista kuvaa mittausdatan perusteella. Käyttöliittymän toimitti Scanrobot Oy.

Käyttöliittymä on ForceProof-tuoteperheeseen kuuluva ohjelmisto. Ohjelmisto on helppokäyttöinen ja tarkoitettu materiaalintestaukseen. Ohjelmistoon kuuluu myös mittausdatan analysointiin ja hallintaan tarkoitettuja sovelluksia. (ForceProof 2016.)

4 UUDEN JÄRJESTELMÄN TOIMINTA JA KÄYTTÖ

4.1 Kalibrointi

Kuormituskehän tunkkien voima-anturit pitää kalibroida säännöllisin väliajoin. Kuormituskehän viimeisin kalibrointi tehtiin 2015 vuoden joulukuussa digitalisointiprojektin ollessa käynnissä. Kalibrointiin käytettiin kuvion 14 mukaista voima-anturia. Kalibrointi toteutettiin neljällä erikokoisella voima-anturilla. Jokaisen anturin kuormitusta lähdettiin nostamaan hitaasti kyseisen anturin omaan kuormitushuippuun. Tietyn väliajoin kuormituskehän omien voima-antureiden antamia arvoja verrattiin kalibrointianturin antamiin arvoihin ja korjattiin Force Proof – Configure -sovelluksen avulla.



Kuvio 14. Kalibrointiin käytetty voima-anturi kuormituskehällä.

4.2 Rakenteiden testaus

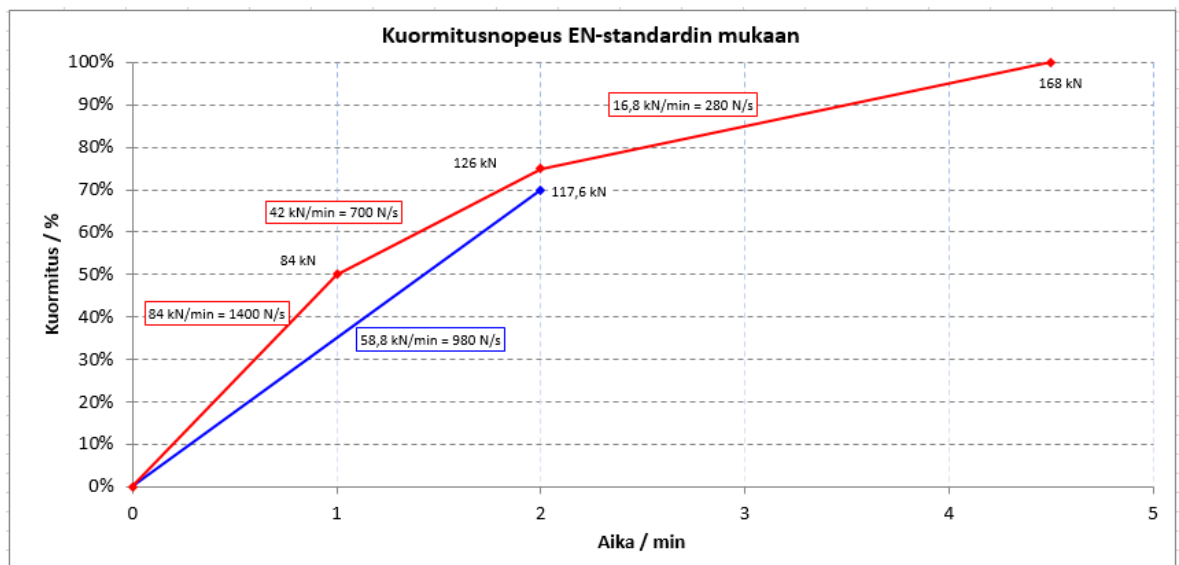
Kuormituskehällä voidaan testata ontelolaattarakenteita. Force Proof -käyttöliittymä on helppokäyttöinen työkalu testausmenetelmän hallintaan. Käyttöliittymässä voidaan helposti säätää kuormitusvaiheiden ajallista kestoa, maksimivoimaa, sekä kuormitusnopeuden tai voiman vaihtopistettä. Uusi käyttöliittymä myös mahdollistaa voiman pidon tietyssä arvossa. Kuormituskehän uusi ohjausjärjestelmä myös helpottaa samanlaisten testien tarkan toistamisen.

Standardin SFS EN 1168 + A3 mukainen ontelolaatan kuormitusmenetelmä toteutetaan kahdessa jaksossa. Standardissa esitetään myös ontelolaatan tuenta ja kuormituspisteet kuormituskehällä. Ensimmäisen jakson aikana laattaa kuormitetaan 70 %:lla mitoitetusta murtokuormasta. 70 %:lla murtokuorma tulee saavuttaa kahden minuutin aikana. Ensimmäisen jakson jälkeen aloitetaan toinen kuormitusvaihe palauttamalla kuormitusvoima lähelle nollaan. Toinen kuormitusjakso on kolmiportainen. Toinen kuormitusjakso aloitetaan 50 %:n kuormituksella mitoitetusta murtokuormasta. 50 % kuormitus tulee saavuttaa minuutin aikana. Seuraavassa kuormitusportaassa jatketaan suoraan 50%:n kuormituksesta 75 %:iin minuutin kuluessa. Viimeisessä kuormitusportaassa lisätään ontelolaatan kuormitusta yhden minuutin aikana 10 % mitoitetusta murtokuormasta. (Suomen standardisoimisliitto SFS 2012, 57.)

4.3 Testausmenetelmän eteneminen

Kuormitusvoimaa tarkkaillaan tunkkien päissä olevilla voima-antureilla. Force Groupin käyttöliittymään voidaan syöttää mitoitettu maksimikuorma. Käyttöliittymästä voidaan määrittää ensimmäisen jakson maksimikuormitukseksi 70 %. Kuvion 15 kuormitusmenetelmässä maksimikuorma on 168 kN, tällöin ensimmäisen jakson maksimikuorma on 117,6 kN ja tämä tulisi saavuttaa kahden minuutin aikana. Käyttöliittymä laskee ensimmäisen jakson kuormitusnopeudeksi 980 N/s, käyttöliittymä tallentaa tämän muuttujan logiikalla olevaan ohjelmaan. Logiikkaohjelmalla voidaan vertailla tunkilta tulevaa voimatietoa asetettuun maksimiarvoon ja lopettaa ensimmäinen jakso näiden arvojen täsmätessä.

Toinen kuormitusvaihe on kolmiportainen, käyttöliittymällä voidaan asettaa standardin vaatimat kuormituksen vaihtopisteet sekä kuormitusnopeudet kuten ensimmäisessä kuormitusvaiheessa. Myös tällöin logiikan toiminta on samanlainen kuin ensimmäisessä kuormitusvaiheessa. Käyttöliittymään voidaan asettaa suurin mahdollinen muutos tunkin asemassa tai suurin mahdollinen voima, jolloin testausmenetelmän halutaan päättyvän. Testausmenetelmän aikana kuormituskehän ohjelmoitavan logiikan ohjelma tarkkailee tunkin tai tunkkien asemaa. Mikäli suurin mahdollinen muutos tunkin asemassa ylittyy, ohjelma keskeyttää testausmenettelyn. Suurimmalla mahdollisella voimalla tai siirtymällä todetaan testattavan kappaleen rakenteen pettäminen tai suojataan testauslaitteistoa.

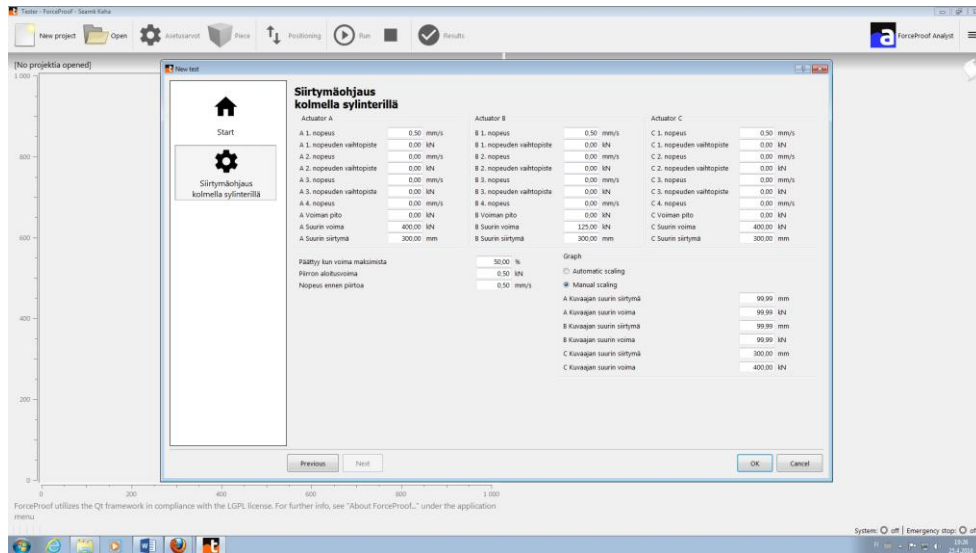


Kuvio 15. Ontelolaatan kuormitusmenetelmä esitettynä kaaviossa. (Tuomisto 2016)

4.4 Käyttöliittymän käyttäminen

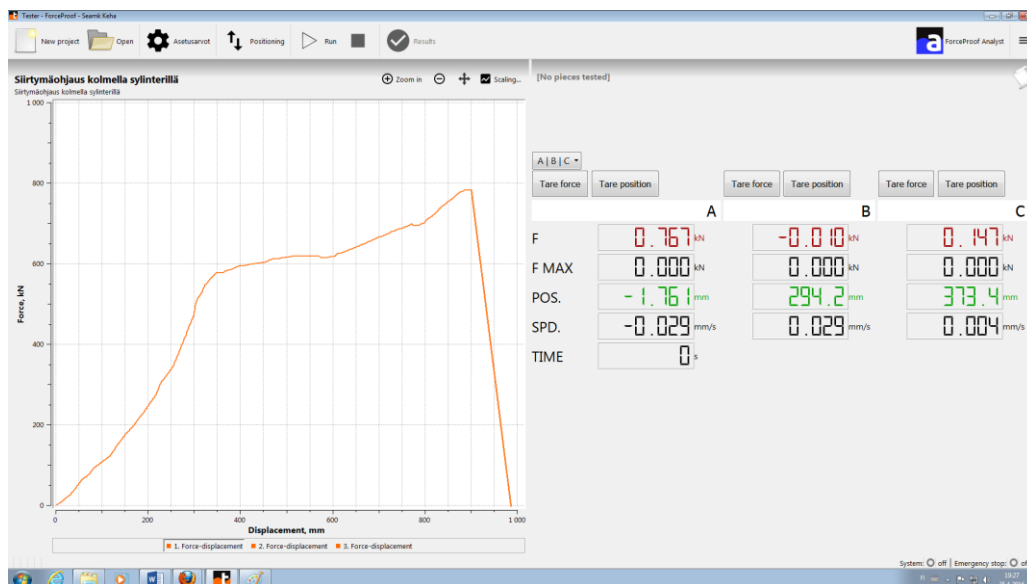
Kuormituskehän käyttöliittymänä toimii Force Proof -ohjelmisto. Ohjelmisto voidaan asentaa mille tahansa tietokoneelle. Järjestelmää on mahdollista käyttää lähes mistä tahansa, jos ohjelmoitavaan logiikkaan saadaan luotua Ethernet -yhteys.

Testausmenetelmään ja sen etenemiseen voidaan vaikuttaa Force Proofin tester-sovelluksen avulla. Sovelluksessa syötetään heti sen avauksen yhteydessä halutut vaatimukset testausmenetelmälle (kuvio16).



Kuvio 16. Force Proof-tester -sovelluksen asetusnäkymä.

Force Proof-tester -sovelluksen perusnäkymä on nähtävissä kuviossa 17. Perusnäkyssä on mahdollista asemoida sylintereitä manuaalisesti. Perusnäkyssä löytyy myös painikkeet testausmenettelyn aloittamiselle sekä keskeyttämiselle. Testaus keskeytyy myös, mikäli käyttäjän asettama suurin mahdollinen siirtymä tai puristusvoima ylittyy. Testauksen aikana sovellus piirtää graafista käyrää tuotetun voiman ja siirtymän suhteesta.



Kuvio 17. Force Proof -ohjelmiston testausnäkymä.

4.5 Kytkenät

Kuormituskehän sähköjärjestelmä käsittää useamman kytkentäkotelon ja kaksi isompaa sähkökeskusta. Kuormituskehän pääkeskus saa sähkövirran laboratoriorakennuksen omalta pääkeskukselta. Kuormituskehän pääkeskuksessa jaetaan jännitteet kuormituskehän toimilaitteille. Ohjauskytkennät sekä ohjelmoitava logiikka saavat jännitteensä pääkeskuksessa sijaitsevan muuntajan kautta. Muuntaja muuntaa kolmivaiheisen 400 voltin vaihtovirran 24 voltin tasajännitteeksi. Tämän projektin aikana muutoksia on tehty ainoastaan 24 voltin tasajännitteellä toimivaan sähköjärjestelmään.

Ohjelmoitava logiikka kytkettiin osaksi 24 voltin järjestelmää, mikäli kuormituskehän pääkytkimestä käännetään virrat pois, myös ohjelmoitava logiikka sammuu. Kuormituskehän sähköjärjestelmässä ei ole ulkoisia ohjauksia. Tunkeissa sijaitsevien siirtymäantureiden signaalien vahvistimet saavat virtansa tavallisesta pistorasiasta.

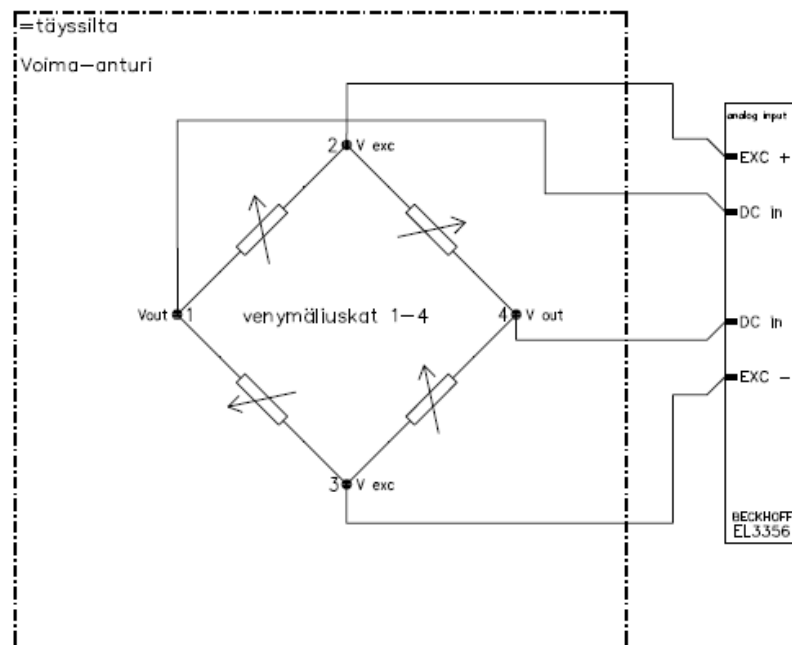
Vanhoissa ohjauskytkennöissä käytettiin paljon releitä. Tunkkien magneettiventtiilit kytkettiin releillä käyttöön, ja releitä ohjattiin kiertokytkimellä ohjauskeskuksen kanssa. Kiertokytkimillä ohjattavien releiden avulla vanha elektroniikkayksikkö sai tiedon käytössä olevista tunkeista. Elektroniikkayksikön avulla kuormituskehän vanhassa käyttöliittymässä voitiin näyttää toiminnassa olevat tunkit. Uusissa kytkennöissä kiertokytkin on kytketty suoraan logiikan tuloterminaaliin. Kiertokytkimen kääntäminen asettaa tuloterminaalin päälle-tilaan. Logiikka on ohjelmoitu ohjaamaan magneettiventtiili päälle, jos kiertokytkimen tuloterminaali on päällä.

4.5.1 Voima-anturi ja A/D-muunnos

Tässä esitetään voima-anturin kytkentä ohjelmoitavaan logiikkaan, siirtymää tarkkailevien antureiden kytkentä on samankaltainen. Kuviossa 18 on esitetty esimerkki, kuinka voima-anturi voidaan kytkeä osaksi ohjelmoitavaa logiikkaa. Kytkentä on tehty analogista signaalia vastaanottavaan tuloterminaaliin. Kuviossa on neljä kappaletta täyssiltaan kytkettyjä venymäliuskoja.

Kuormituskehän voima-anturit sisältävät neljä kappaletta täyssiltaan kytkettyä venymäliuskaa. Kuviossa 18 käytetään EL 3356 -terminaalia, terminaali on sama kuin kuormituskehällä käytetty voimanmittauksen terminaali.

EL 3356 on tarkoitettu erityisesti siltaan kytkettyjen venymäliuskojen mittaukseen ja havainnointiin. Terminaalissa on sisällä A/D-muunnin eli analogia-digitaalimuunnin. Muunnin muuttaa analogista mittaustietoa digitaaliseksi, jolloin se saadaan luettavaan muotoon ohjelmoitavan logiikan avulla. EL 3356 -terminaali muuntaa analogisen signaalin 16-bittiseksi digitaaliseksi signaaliksi 4–100 kertaa sekunnissa. (Beckhoff 2016g.) 16-bittisellä signaalilla voidaan esittää 2^{16} eli 65 536 eri tilaa.



Kuvio 18. Periaatekuva. voima-anturin kytkennästä logiikan analogiseen tuloterminaaliin.

4.5.2 Servoventtiili ja D/A-muunnos

Servoventtiilit kytkettiin logiikan analogisiin lähtöterminaaleihin EL 4112 ja 4114. Terminaalien ainoa ero on, että EL 4112 on kaksikanavainen ja EL 4114 neljäkanavainen.

Servoventtiilissä on kestmagnetoitu vääntömoottori, joka sisältää kaksi käämittyä kelaa. Kelat kytketään analogista virtasignaalia antavan lähtöterminaalin lähtöihin. Ohjelmoitavan logiikan ohjelmassa on kaava, jonka muuttujien avulla lasketaan oikea arvo servonventtiilin oikean aseman saavuttamiseksi. Laskenta tapahtuu digitaalisessa muodossa olevien muuttujien avulla.

Lähtöterminaalille annetaan digitaalimuotoinen ohjauskäsky, jonka se muuntaa digitaal-analogiamuunnoksena analogiseksi ohjauskäskyksi. Terminaali kykenee muuntamaan 16-bittistä signaalia kerran 40 mikrosekunnin aikana. Analoginen ohjaussignaali on sähköinen virta-arvo. (Beckhoff 2016h.)

5 POHDINTAA JA YHTEENVETO

Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa kuormituskehän digitalisointiprojekti ei ole vielä täysin valmis. Viimeisiä koekäyttöjä ja ohjelmistopäivityksiä ei ole vielä tehty. Kuormituskehän uudella järjestelmällä ei myöskään ole vielä päästy tekemään virallisia kuormituskokeita.

Digitalisointiprojekti on venynyt ja kestänyt odotettua kauemmin, projektin aikana on ilmennyt laitteistoon liittyviä haasteita sekä aikataulullisia haasteita. Yksi suurimmista haasteista on ollut servventtiilien ohjauspiirin säätäminen. Ohjauspiirin säätämisen tavoitteena on ollut tunkkien paikoillaanpysyminen.

Käytännön työhön, kytkentöjen suunnitteluun sekä tekemiseen on käytetty paljon aikaa. Sähköjärjestelmästä löytyy myös hyvät dokumentit. Sähköjärjestelmästä on poistettu kaikki ylimääräiset ohjaukset ja toimilaitteiden johdotukset on hyvin dokumentoitu.

Projektin lopputuloksena on saatu nykyaikainen, sulautettuun PC-järjestelmään pohjautuva järjestelmä, jota voidaan muokata sekä kehittää tarpeen vaatiessa helposti. Ohjausjärjestelmä on myös helppo ottaa nopeasti käyttöön. Järjestelmän tukena on selkeä ja helppokäyttöinen käyttöliittymä. Nykyisellään ohjausjärjestelmä on hyvin pitkäikäinen.

LÄHTEET

- Ansaharju, T. & Maaranen, K. 2004. Koneenasennus. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- Beckhoff Automation. 2016a. CX5100. [Verkkosivu] Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016].
Saatavana: https://www.beckhoff.com/english.asp?embedded_pc/cx5100.htm
- Beckhoff Automation. 2016b. TwinCAT 3 – XA Language Support: IEC 61131-3. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016]. Saatavana: <https://www.beckhoff.com/english.asp?twincat/twincat-3-xa-language-support-iec-61131-3.htm?id=1893323818933250>
- Beckhoff Automation. 2016c. EL1008. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016].
Saatavana: <https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el1008.htm>
- Beckhoff Automation. 2016d. EL2008. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016].
Saatavana: <https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el2008.htm>
- Beckhoff Automation. 2016e. EL4114. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016].
Saatavana: <https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el4114.htm>
- Beckhoff Automation. 2016f. EL3356. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016].
Saatavana: <https://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el3356.htm>
- Beckhoff Automation. 2016g. EL3356-00x0 - Technical data. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016]. Saatavana: <http://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/el3356/1942728587.html&id=>
- Beckhoff Automation. 2016h. EL4112, EL4112-0010, EL4122 - Technical data. [Verkkosivu]. Beckhoff Automation GmbH & Co. KG. [Viitattu 26.4.2016]. Saatavana: <http://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/el41xx/1714130059.html&id=>
- Bolton, W. 2015. Programmable Logic Controllers. 5. p. Oxford: Elsevier.
- ForceProof. 2016. ForceProof-ohjelmistoperhe. [Verkkosivu]. Scanrobot Oy. [Viitattu 26.6.2016]. Saatavissa: <http://forceproof.com/forceproof>

- HBM. ei päiväystä. Data Acquisition & Analysis Software. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.5.2016]b. Saatavissa: <http://www.hbm.com/en/2290/catman-data-acquisition-software/>
- HBM. ei päiväystä. MGCplus. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.4.2016]a. Saatavissa: <http://www.hbm.com/en/2261/mgcplus-modular-data-acquisition-system/>
- Hoffman, K. 1989. An Introduction to Measurements using Strain Gages. Darmstadt: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH.
- Huttunen, H. 2005. Signaalinkäsittelyn menetelmät. [Verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto. [Viitattu:26.4.2015]. Saatavana: <http://web.archive.org/web/20081119000642/http://www.cs.tut.fi/kurssit/SGN-1200/Moniste.pdf>
- Kauppalehti. 2016. Yrityshaku, Matertest Oy. [Verkkosivu]. Kauppalehti Oy. [Viitattu 2.5.2016]. Saatavana: <http://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/matertest+oy/09120789>
- Keinänen, T. & Kärkkäinen, P. 2009. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. Helsinki: WSOY Oy.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2009. Automaatiojärjestelmien logikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Liimatainen, K. 2015. Digitalisaatiota tutkineet ihmettelevät, mitä suomalaisille tapahtui: "Suomea vaivaa varovaisuuden kulttuuri". [Verkkosivu]. Helsingin Sanomat. [Viitattu 26.6.2016]. Saatavissa: www.hs.fi/talous/a1440815556072
- Malm, T. & Kivipuro, M. 2004. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät konesoveluksissa. [Verkkojulkaisu]. Tampere: VTT. [Viitattu:26.4.2015]. Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2264.pdf>
- Matertest Oy. 1999a. Testauslaitteisto FMT-SS-DYN-MULTI 2x400 kN + 150 kN. Käyttöohjeet I.
- Matertest Oy. 1999b. Testauslaitteisto FMT-SS-DYN-MULTI 2x400 kN + 150 kN. Käyttöohjeet II.
- MOOG. ei päiväystä. D761 Series Servovalves. [Verkkodokumentti]. Moog Inc. [Viitattu 26.4.2016]. Saatavissa: <http://www.moog.com/literature/ICD/d761seriesvalves.pdf>
- PLCopen. ei päiväystä. Status of the Standard. [Verkkosivu]. PLCopen. [Viitattu 26.6.2016]. Saatavissa: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/status_of_the_standard/

- Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy. 2015. SeAMK pähkinänkuoressa. [Verkkosivu]. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy. [Viitattu 26.4.2016]. Saatavana: <http://www.seamk.fi/fi/SeAMK-Info/SeAMK-toimii/SeAMK-numeroin>
- Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy. ei päiväystä. SeAMK Rakennustekniikan-laboratorio. [Verkkosivu]. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy [Viitattu 26.4.2016]. Saatavana: <http://www.seamk.fi/fi/Osaaminen/Oppimisymparistoja/Tekniikan-laboratoriot/Rakennustekniikan-laboratorio>
- Soft PLC Corporation. 2016. What is a soft PLC. [Verkkosivu]. Soft PLC Corporation. [Viitattu 26.4.2016]. Saatavissa: <http://www.softplc.com/products/controllers/features/>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS. 2012. SFS-EN 1168 + A3 Betonivalmisosat, ontelolaatat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto
- Tuomisto, J. 2016. Laboratorioinsinööri. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu Oy. Suullinen haastattelu 3.3.2016
- Valtiovarainministeriö. ei päiväystä. Digitalisaatio. [Verkkosivu]. Valtionvarainministeriö. [Viitattu 26.6.2016]. Saatavissa: vm.fi/digitalisaatio

