

**Jaakko Hakala**

**SPM INTELLINOVA PARALLEL -KUNNOSSAPITO- JA DIAGNOS-  
TIKKAJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO MODBUSRTU-YH-  
TEYDELLÄ ABB 800XA -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN**

**Laakerien ja siipipyörien ennakoiva kunnonvalvonta**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Maaliskuu 2019**

**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Maaliskuu 2019	<b>Tekijä/tekijät</b> Jaakko Hakala
<b>Koulutusohjelma</b> Tietotekniikka		
<b>Työn nimi</b> SPM INTELLINOVA PARALLEL -KUNNOSSAPITO- JA DIAGNOSTIIKKAJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖNOTTO MODBUSRTU-YHTEYDELLÄ ABB 800XA -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄÄN Laakerien ja siipipyörien ennakoiva kunnonvalvonta		
<b>Työn ohjaaja</b> Hannu Ala-Pönttiö		<b>Sivumäärä</b> 55 + 5
<b>Työelämäohjaaja</b> Janne Käsäkoski		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli SPM Instrument Oy:n Intellinova Parallel -kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönotto ja testaaminen liittämällä se ABB 800xA -automaatiojärjestelmään. Työn toimeksiantaja oli Centria-ammattikorkeakoulu. Toteutuspaikkana oli koulun Chemplant II -koetehdas (prosessilaboratorio). Työ oli osa vuosien 2015–2017 ÄLLI-hanketta (Älykäs automaatio ja teollinen internet).</p> <p>Intellinova-järjestelmän (laitteen) kunnonvalvonta perustuu erilaisiin värähtely- ja iskusysäys-kiihtyvyyssanturimittaustekniikoihin/-menetelmiin, joilla mitattavan kohteen kuntoa havainnollistetaan. Tyyppillisiä valvontakohteita ovat erityisesti laakerit ja siipipyörät, joiden kuntoa työssä keskityttiin mittaamaan. Teoriaosiossa on selostettu yleisesti asennusympäristöstä, laakerien sekä siipipyörien kunnonvalvonnasta ja työssä käytettävistä laitteistoista sekä niiden ohjelmistoista.</p> <p>Työ koostui pitkälti laitteiston fyysisestä asentamisesta, laitteiden asetuksien säätämisistä ja ohjelmoinnista ”Structured text” -ohjelmointikielellä ABB Control Builder M -konfigurointiohjelmassa. Työvaiheet on kuvattu kronologisessa järjestyksessä. Intellinova-laitteen kiihtyvyyssanturit asennettiin sähkömoottoripumpun laakerin ja siipipyörän lähetyville runkoon. Näiden kuntoa havainnollistettiin eri mittausmenetelmillä, kuten värähtelynopeudella (velocity, mm/s). Lisäksi asennettiin kierrosnopeusanturi (induktiivinen lähestymisanturi) mittaamaan sekoitinsäiliön sekoitinakselin kierrosnopeutta.</p> <p>Lopputuloksena saatiin kiihtyvyyssantureiden mittaustulokset siirrettyä Intellinova-laitteelta ModbusRTU-rekisteriarvoina sarjaliikennetiedonsiirtona ABB 800xA -automaatiojärjestelmään. Tärkeimmät rekisteriarvot muunnettiin luettavaan mittaustulosmuotoon ja lisättiin Chemplant II -prosessivalvomonäkymään katseltaviksi automaattisesti päivittyvinä viivadiagrammikuvaajina. Osa mittauksista ei toiminut. Niiden toimintaan laittaminen olisi vaatinut enemmän perehtymistä mittaus- ja skaalausasetuksiin sekä laakerien ja siipipyörien ominaisuus- ja vikataajuuksiin. Perehtyminen näihin ei kuulunut työn tavoitteisiin. Kierrosnopeusanturin käyttöönotto Intellinova-laitteen kanssa vaikutti monimutkaiselta hyötyn nähden, joten se asennettiin suoraan ABB 800xA -automaatiojärjestelmään.</p>		

<b>Asiasanat</b> 800xA, ABB, Anturi, CBM, Intellinova, Laakeri, ModbusRTU, Pumppu, Rekisteri, Siipipyörä
---

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> March 2019	<b>Author</b> Jaakko Hakala
<b>Degree programme</b> Information Technology		
<b>Name of thesis</b> INTRODUCING SPM INTELLINOVA PARALLEL CONDITION MONITORING AND DIAGNOSTIC SYSTEM USING MODBUSRTU CONNECTION TO ABB 800XA AUTOMATION SYSTEM Bearing and impeller condition monitoring		
<b>Instructor</b> Hannu Ala-Pöntiö	<b>Pages</b> 55 + 5	
<b>Supervisor</b> Janne Käsäkoski		
<p>The aim of the thesis was to assemble and test the Intellinova Parallel condition monitoring and diagnostic system made by SPM Instrument Oy (Ltd.) by connecting it to the ABB 800xA automation system. The work was commissioned by Centria University of Applied Sciences. It was implemented in its Chemplant II test factory (Process Laboratory). The work was part of the ÄLLI-hanke (INTELLIGENT project), (Intelligent automation and industrial internet) from 2015 to 2017.</p> <p>Intellinova system's (device) condition monitoring is based on various vibration and shock pulse acceleration sensor measurement techniques/measurement methods to illustrate the condition of the object being measured. Typical targets for monitoring are bearings and impellers, which in this work were focused on measuring. In the theory section, the installation environment, bearing, and impeller control and work equipment, as well as their software, were described in general terms.</p> <p>The work consisted largely of the physical installation of the hardware, the adjustment of the device settings and the programming with the Structured text programming language in the ABB Control Builder M program. The work steps are described in detail in chronological order. Intellinova's measuring sensors were connected near to an electric motor pump bearing and impeller. Those subjects' condition was illustrated by measurement methods, such as oscillation speed (velocity, mm/s). Additionally, a rotation sensor was mounted to measure the rotational speed of the mixer tank mixer shaft.</p> <p>The measurement results were transferred from Intellinova device via ModbusRTU serial communication traffic to the ABB 800xA automation system. The most important measurements were changed to readable format and added to the Chemplant II process view to be viewed as trend view. Some of the measurements did not work. To get these measurements working, it would have required more knowledge about the bearings' and impellers' characteristic frequencies/fault frequencies, hardware measurement and scaling settings. The installation of a speed sensor to Intellinova device seemed complicated for its benefit, so it was installed directly to the ABB 800xA automation system.</p>		

<p><b>Key words</b> 800xA, ABB, Bearing, CBM, Impeller, Intellinova, ModbusRTU, Pump, Register, Sensor</p>
--

## KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ABB	Monikansallinen teollisuuskonserni, jonka toimialaan kuuluvat automaatio- ja sähkövoimatekniikka.
AIC Control Module	(Analog Input Calculate) Control Module on CBM-ohjelmassa yksi useista BMI-tyyppikirjasto-moduleista. CM:t sisältävät valmiita ominaisuuksia, kuten ohjelmakoodeja, parametriasetuksia, faceplaten ja trendin. AIC CM -modulia käytetään ohjelman sisäisenä analogitulona, esimerkiksi, kun halutaan laskea analogista mittausarvoa ja esittää se trendinäkymässä.
Anturi	Anturit ovat laitteita, joilla mitataan tiettyä suuretta. Anturi on tyypillisesti kytkettynä esimerkiksi kunnonvalvonta-/automaatiojärjestelmään tai mittalaitteeseen, johon mitatun suureen arvo välitetään.
Aspect	Ovat osa objektien kokonaisuutta ABB Plant Explorer Workplace -ohjelmassa. Aspekti voi olla esimerkiksi objektiin (ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteistoon liitetyn laitteen tai muun kohteen) liittyvä toiminto, kuten faceplate, trendinäkymä, hälytyslista, tapahtumalista tai manuaali.
Barrieri	Englanniksi termi on electrical safety barrier. Sähkölaite, jolla johdetaan ylimääräinen sähköenergia maadoitukseen. Näin estetään mahdollinen kipinäinti ja ylikuumentuminen Ex-/ATEX-tiloissa sijaitsevilla laitteilla.
Bool	Datatyypin (muuttuja) ohjelmointikielissä, tällä on kaksi tilaa ”true/false” tai 1/0, eli tosi tai epätosi.
CBM	(Control Builder M) ABB-ohjelma, jota käytetään ABB 800xA -laitteiston konfigurointiin, kuten asetusten muuttamiseen, hälytys-/ilmoituskriteerien asettamiseen, ohjelmointiin, vianhakuun, testaamiseen ja mittaustulosten tarkkailuun (online-tila).

Ch	(Channel) Kanava. Opinnäytetyön yhteydessä viitataan enimmäkseen kiihtyvyyssanturikanaviin, ellei toisin mainita.
COM	Nimitys RS232-sarjaliikenneportille, jolla erotetaan tietty portti, varsinkin, jos niitä on useampia, esimerkiksi tietokoneessa COM1 ja COM2. Portin fyysinen liitännä on tyypillisesti DE-9M-uros, mutta se voi vaihdella.
DE-9	9-nastainen D-liitin. Tyypillisesti käytetään RS232- ja RS485-tiedonsiirroissa fyysisenä liitännänä. F- tai M-lisäkirjain luvun perässä kertoo liittimen sukupuolen (Female/Male).
DIN-kisko	Standardi metallinen liitännäkisko, tyypillisesti 35 mm:n levyinen versio.
Dint	(Double Integer) Datatyyppi (muuttuja) ohjelmointikielissä, sen 32-bittinen kokonaislukuarvo voi olla välillä $-2^{31} \dots 2^{31} - 1$ eli -2,147,483,648 ... 2,147,483,647
DIP-kytkin	(Dual In-line Package) Kytkin koostuu yleensä useasta pienoiskytkimestä samassa koteloinnissa. Näillä muutetaan yleensä laiteasetuksia.
Ex	Räjähdysvaarallisen tilan vanha tunnus, nykyään ATEX (ATmosphere EX-plosible). Tiloiksi luokitellaan esimerkiksi tilat, joissa on palavia nesteitä, kaasuja tai räjähdysvaarallisia pölyjä. Tilassa käytettävien laitteiden tulee täyttää Ex-/ATEX-vaatimukset.
Exi	”Luonnostaan vaaraton rakenne”, jonka virtapiirin energia on rajoitettu niin alhaiseksi, ettei se pysty sytyttämään räjähdysvaarallista seosta (vikatapauksissakaan). Virtapiirin muodostavat Exi-laite (Ex-/ATEX-tilassa), kaapelit ja liitännäislaite (turvallisella alueella).

Faceplate	ABB Plant Explorer Workplace -ohjelmassa luotava tai muokattava ”säätö-paneeli”-aspekti, jota käytetään valvomonäkymissä. Siihen on mahdollista liittää muita aspekteja. Käytännössä nämä ovat tietyn laitteen tai muun kohteen erilaisia toimintoja, joita esimerkiksi operaattori voi valvomonäkymän kautta katsella ja muokata kyseisessä laitteessa.
Function Block	”Valmiita ohjelmakoodikokonaisuuksia”, joihin on lisättävä muuttujat.
IEPE	(Integrated Electronics Piezo-Electric) Standardi pietsosähköilmiötä hyödyntäville antureille.
Induktiivinen (anturi)	Esimerkiksi metallipintoja tunnistava lähestymisanturi.
I/O	(Input/Output) Sisääntulo/Ulostulo. Käytännössä tarkoitetaan laiteliitännöiden tiedonsiirron kulkusuuntaa.
Juottaminen	Metallien liittämistä toisiinsa yleensä tinalangalla kuumentuen juotoskollilla. Tyypillisiä käyttökohteita ovat elektroniikkakomponenttien juottaminen piirilevyille ja johdinliitoksien yhdistäminen.
”Kirjastot”, Libraries	CBM-ohjelmassa olevia valmiita toimintokokonaisuuksia, jotka sisältävät esimerkiksi datatyyppejä, funktioita ja funktioblokkeja.
KK1	(KytKentäKaappi 1), jossa sijaitsee ABB 800xA -laitteisto.
Laakeri	Mekaaninen osa, joka mahdollistaa pyörivän liikkeen kahden elementin välillä suhteessa toisiinsa vähentäen kitkaa ja rasiutusta. Käytetään esimerkiksi pyörittämään akseleita.
”Linkitys”	CBM-ohjelmassa luodun globaalin muuttujaosion (Data Type) avulla pystyy käyttämään esimerkiksi tietyn laitteen mittaustuloksia muissa ABB-ohjelmistoissa. Toisin sanoen ”linkittää” ohjelmien välillä, esimerkiksi ABB Control Builder M- (CBM), ABB Plant Explorer Workplace- ja ABB Process Graphich Builder -ohjelmien välillä.

ModbusRTU	Tiedonsiirron sarjaliikenneprotokolla.
ModbusTCP	Tiedonsiirron verkkoliikenneprotokolla.
Modulebus	ABB-väyläliitäntäteknikka, jolla esimerkiksi ABB 800xA -laitteiston I/O DIN-moduulit ovat kytkettyinä prosessoriyksikön pohjalevyyn ja toisiinsa. Ei tule sekoittaa nimitystä Modbus-protokolliin.
Moduuli	Laitteistokokonaisuuden yksittäinen laiteosa. CBM-ohjelmassa olevat ”control modulet” ovat CBM:llä luodun projektikokonaisuuden osia (ohjelmassa).
Muuttuja (ohjelmointi)	Varastoitava tieto, jonka tallennettavan arvon tyyppi määräytyy käytettävän datatyypin mukaan. Tyypillisesti tätä tietoa hyödynnetään ohjelmakoodaamisessa.
NAMUR	Anturistandardi, jonka käyttöjännite on 8.2 Vdc.
Object	ABB Plant Explorer -ohjelmalla luotu objekti edustaa tiettyä ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteistoon kytkettyä laitetta tai muuta liittyvää kohdetta. Esimerkiksi pumput, moottorit, venttiilit ja anturit näytetään objekteina. Voivat sisältää useanlaisia aspekteja (toimintoja), jotka liittyvät laitteeseen tai kohteeseen.
Offline-tila (CBM:ssä)	CBM-ohjelman oletustila, jossa muokkaustoiminnot ovat käytössä.
Ohjelmakoodi	Ohjelmointikielillä kirjoitettu toimintaohjelauseke.
Ohjelmointi	Tietokoneelle tai vastaavalle laitteelle annettavia toimintaohjeita, esimerkiksi ohjelmointikielen avulla.
Online-tila (CBM:ssä)	CBM-ohjelmassa käytettävä tila-asetus, jonka päällä ollessa voi tarkkailla ABB 800xA -laitteiston sekä siihen kytkettyjen laitteiden toimintaa ”ohjelmallisesti”, esimerkiksi miten ohjelmakoodit ja muuttujat toimivat (tilamutokset). Muokkaustoiminnot eivät ole käytettävissä tai ovat rajalliset.

Reaktori	Prosessilaboratorion käyttämä nimitys sekoitinsäiliöstä.
Real	Datatyypin (muuttuja) on realilukujen esitystapa ohjelmointikielissä. Sen 32-bittinen liukuluku (Floating point) on 7-desimaalinen ja arvoalueen koko riippuu ohjelmointikielen kääntäjän toteutuksesta. Esimerkiksi ”Structured text” -ohjelmointikielessä alue on $-10^{-38} \dots +10^{+38}$ .
Rekisteri, ”kirjoittava”	Modbus-protokollamäärittelyn mukaan ”kirjoitettavat” ja luettavat ulostulorekisterien (Function 03 (FC03) Read Holding Registers) osoitteet ovat välillä 40000–49999. Laitevalmistajan tulisi käyttää tällä välillä olevia arvoja ohjelmoidessaan, mitä muuttuja-arvoja/datatyyppiä ne edustavat ja mitä arvoja käyttäjä voi vaihtaa (”kirjoittaa”).
Rekisteri, luettava	Modbus-protokollamäärittelyn mukaan luettavat sisääntulorekisterien (Function 04 (FC04) Read Input Registers) osoitteet ovat välillä 30000–39999. Laitevalmistajan tulisi käyttää tällä välillä olevia arvoja ohjelmoidessaan, mitä muuttuja-arvoja/datatyyppiä ne edustavat.
RJ45	Liitinstandardi. Tyypillisesti käytetään internetverkkokaapeleille. F- tai M-lisäkirjain luvun perässä kertoo liittimen sukupuolen (Female/Male).
RPM	(Rounds Per Minute) Kierrosta minuutissa.
RS232	Sarjaliikennestandardi (tiedonsiirto). Mahdollistaa kahden laitteen välisen tiedonsiirron. Tyypillinen käyttökohde ovat tietokoneet tai päätteet, DTE (Data Terminal Equipment) ja niiden oheislaitteet, DCE (Data Communication Equipment), joihin yhteys otetaan. RS232-liitintyyppien DTE ja DCE välillä on sisäisiä I/O-kytkentäeroja. Standardista on erilaisia versioita, jotka voidaan ilmoittaa esimerkiksi lisäkirjaimella (RS232C).
RS485	Sarjaliikennestandardi (tiedonsiirto). Mahdollistaa useamman laitteen liittämisen ”ketjuttamalla”. Käytetään enimmäkseen teollisuuslaitteissa.



SCM	(Single Control Module) CBM-ohjelman osio, johon tehdään esimerkiksi ohjelmakoodit, muuttujat ja funktioblokit.
Senkkausterä	Kartiomainen poranterä, jolla tehdään viistomainen syvennys.
Siipipyörä	Esimerkiksi keskipakopumpuissa oleva osa, joka ohjaa nesteen kulkua.
SPM	SPM Instrument Oy, jonka toimiala on keskittynyt kunnonvalvontaan. SPM = Shock Pulse Method (iskusysäys menetelmä).
String	Datatyypin (muuttujan) ohjelmointikielessä, joka sisältää tietyn verran merkkejä. String [40]:een mahtuu 40 merkkiä enimmillään. Mitä isompi muuttujan koko [xx], sitä enemmän muuttuja vie tilaa (muistia) järjestelmän laitteistossa. Käytettävissä olevat merkit määräytyvät sen perusteella mitä merkistöä ohjelma käyttää (esimerkiksi ASCII).
Taajuusmuuntaja	Sähkölaite, jolla ohjataan esimerkiksi sähkömoottorin pyörintänopeutta. Nopeuden muutos tapahtuu tasaisesti kiihdyttämällä tai hidastamalla, jolloin sähkömoottori ei rasitu tarpeettomasti erityisesti käynnistäessä tai sammuttaessa.
”Taskit”, Tasks	ABB 800xA -laitteiston "taski-ajastukset", eli järjestys, jossa laitteiston prosessoriyksikkö suorittaa toimintonsa ("työjärjestys").
Time	Datatyypin (muuttujan) ohjelmointikielessä, joka sisältää esimerkiksi tietyn sekunti-, minuutti- tai tuntimäärän.
Trendinäkö	Näkö, jolla esitetään esimerkiksi tallennettujen tai reaaliaikaisten mittaus tulosten muodostama viivadiagrammikuvaaja tietyllä aikavälillä.
USB	(Universal Serial Bus) Sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi laitteiden välille.

TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 KUNNONVALVONTAYMPÄRISTÖ, -JÄRJESTELMÄT JA -LAITTEET .....	2
2.1 Centria-ammattikorkeakoulun Chemplant II -koetehdas (prosessilaboratorio) .....	2
2.2 Laakerien ja siipipyörien kunnonvalvonta .....	2
2.3 ABB 800xA -automaatiojärjestelmä .....	3
2.3.1 ABB 800xA -laitteisto.....	3
2.3.2 ABB Control Builder M -laitteiston konfigurointiohjelma .....	4
2.3.3 ABB Plant Explorer Workplace -järjestelmän konfigurointiohjelma .....	5
2.3.4 ABB Process Graphich Builder -valvomonäkymän muokkausohjelma .....	6
2.3.5 ABB Operator Workplace -valvomonäkymän katseluohjelma .....	7
2.4 SPM Intellinova Parallel -kunnossapito- ja diagnostiikkajärjestelmä .....	8
2.4.1 SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaite .....	8
2.4.2 PRO230-konfigurointiohjelma.....	10
2.4.3 MBM Labview -konfigurointi- ja diagnostiikkaohjelma .....	11
2.5 Emerson CSi 2130 -kannettava kunnonvalvonta-/diagnostiikkalaite .....	12
2.6 Sarjaliikennemuuntimet .....	13
2.6.1 Westermo MDW-45LV RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin.....	13
2.7 Barrierit .....	14
2.7.1 SPM VIB Transducer Ex Interface 17640 -kiihtyvyyssanturi-barrieri.....	14
2.7.2 Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrieri .....	15
2.8 Anturit.....	16
2.8.1 SPM DuoTech Accelerometer SLC244TB-M8 -kiihtyvyyssanturi.....	16
2.8.2 SPM 15168 -kaapelipistoke SPM Duotech -kiihtyvyyssanturille .....	17
2.8.3 Turck BI5-M18-Y1X-H1141 -induktiivinen lähestymisanturi (kierrosnopeusanturi).....	17
3 TYÖN KULKU .....	18
3.1 Intellinova-laitteiston kokoonpano ja asennus .....	18
3.1.1 Intellinova-laitteiston osiin tutustuminen ja asennuksien suunnittelu.....	18
3.1.2 Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kytkeminen ABB 800xA -laitteistoon .....	22
3.1.3 Intellinova-kaapeleiden ja kiihtyvyyssantureiden asennukset PM505-pumpulle .....	24
3.2 Intellinova- ja ABB 800xA -järjestelmien konfigurointi ja ohjelmointi .....	27
3.2.1 Yhteyden muodostus Intellinova- ja ABB 800xA -järjestelmien välille.....	27
3.2.2 Ch1-Mittausten toimintaan laittaminen, PM505-pumpun laakeri .....	30
3.2.3 Ch1-Mittaustulokset prosessivalvomonäkymään, PM505-pumpun laakeri .....	36
3.2.4 Ch1-Mittaukset, PM505-pumpun laakeri.....	38
3.2.5 Ch1-Rekisterienluentaongelmia, PM505-pumpun laakeri.....	39
3.2.6 Ch2-Mittaukset, PM505-pumpun siipipyörä.....	41
3.3 Kierrosnopeusanturin käyttöönotto .....	43
3.3.1 Kierrosnopeusanturin asennus DC-700-reaktoriin .....	43
3.3.2 Kierrosnopeusanturin testaus Intellinova- ja ABB 800xA -järjestelmissä.....	45
4 TULOKSET.....	49
4.1 Asennukset .....	49
4.2 Mittaukset .....	51

## 5 LOPPUPÄÄTELMÄ .....54

## LÄHTEET .....55

### LIITTEET

LIITE 1. ABB 800xA -Automaatiojärjestelmän periaatekuva, Chemplant II. Centria-ammattikorkeakoulu

LIITE 2. SPM INTELLINOVA Parallel INSMB4V -Kunnossapito- ja diagnostiikkajärjestelmän kytkentäkaavio, Chemplant II. Centria-ammattikorkeakoulu

LIITE 3. Käyttönottotarkastuspöytäkirja, Exi-piirin varmentaminen: VIB1 ja VIB2 Pumpun PM-505 värähtelymittauspiiri (SPM VIB Transducer Ex Interface 17640, SPM DUOTECH SLC244TB-M8)

LIITE 4. Käyttönottotarkastuspöytäkirja, Exi-piirin varmentaminen: RPM1 Reaktorin DC-700 sekoittimen RPM (ABB DI890, Turck BI5-M18-Y1X-H1141)

LIITE 5. Käyttönottotarkastuspöytäkirja, Exi-piirin varmentaminen: RPM1 Reaktorin DC-700 sekoittimen RPM (Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W, Turck BI5-M18-Y1X-H1141)

### KUVAT

KUVA 1. ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteisto (isoin PM861A/TP830, 5-moduuli DI890)...	4
KUVA 2. Esimerkki ABB Control Builder M (CBM) -laitteiston konfigurointiohjelmasta.....	5
KUVA 3. Esimerkki ABB Plant Explorer Workplace -järjestelmän konfigurointiohjelmasta .....	6
KUVA 4. Esimerkki ABB Process Graphich Builder -valvomonäkymän muokkausohjelmasta.....	7
KUVA 5. Esimerkki ABB Operator Workplace -valvomonäkymän katseluohjelmasta .....	8
KUVA 6. SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaite .....	9
KUVA 7. Esimerkki PRO230-konfigurointiohjelmasta .....	11
KUVA 8. Esimerkki MBM Labview -konfigurointi- ja diagnostiikkaohjelmasta .....	12
KUVA 9. Emerson CSi 2130 -kunnonvalvonta-/diagnostiikkalaite ja CSi 404B -infrapuna-anturi .....	12
KUVA 10. Westermo MDW-45LV RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin.....	13
KUVA 11. SPM VIB Transducer Ex Interface 17640 -kiihtyvyyssanturi-barrieri.....	14
KUVA 12. Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrieri .....	15
KUVA 13. SPM DuoTech Accelerometer SLC244TB-M8 -kiihtyvyyssanturi.....	16
KUVA 14. SPM 15168 -kaapelipistoke osineen SPM Duotech -kiihtyvyyssanturille .....	17
KUVA 15. Turck BI5-M18-Y1X-H1141 -induktiivinen lähestymisanturi (kierrosnopeusanturi).....	17
KUVA 16. Kytkentäkaappi 1:sen (KK1) alkutilanne ennen asennuksia .....	19
KUVA 17. SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturitestistä .....	19
KUVA 18. DC-700-reaktori (sekoitinsäiliö) .....	21
KUVA 19. JAMAK-kaapelointia kaapelisuojaputkien kautta PM505-pumpulle (turkoosi/keltainen) ..	24
KUVA 20. Lämpileikkauskuva lähes vastaavasta PM505-pumpun mallista .....	25
KUVA 21. JAMAK-kaapelijohtimien kytkemistä kiihtyvyyssanturikaapelipistokkeen liittimiin .....	26
KUVA 22. PM505-pumppu antureineen, Ch1-laakerimittaus päällä, Ch2-siipipyörämittaus sivulla....	26
KUVA 23. ABB AC 800M PM861A/TP830 COM3-portin ModbusRTU-tiedonsiirtoasetukset (CBM)28	
KUVA 24. ModbusRTU-, pulssigeneraattori- ja datatyypimuunnosfunktioblokit CBM:ssä.....	29
KUVA 25. ModbusRTU-yhteyden muodostusmuuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä .....	29
KUVA 26. ModbusRTU-yhteyden muodostusmuuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä (online-tila) .....	30
KUVA 27. PRO230-ohjelman asetukset Intellinova-laitteen kiihtyvyyssanturikanava 1:lle (Ch1) .....	31
KUVA 28. RS232C (DTE) RJ45M – RS232 (DCE) DE-9M -kaapelijohdinkyt kenttä.....	32
KUVA 29. Ch1-rekisterien lukemisen muuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä.....	33
KUVA 30. Ch1-rekisterien lukemisen muuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä (online-tila) .....	34
KUVA 31. Ch1-rekisterien Dint to Real -datatyypimuunnosfunktioblokit CBM:ssä (online-tila).....	35
KUVA 32. Ch1-mittaustulosten linkitys prosessivalvomonäkymään CBM:ssä .....	36
KUVA 33. “PM505 Kunto” -faceplaten luominen ABB Plant Explorer Workplacessa .....	37

KUVA 34. “PM505 Kunto” -faceplaten painonapin luominen ABB Process Graphics Editorissa .....	38
KUVA 35. Ch1-trendinäkymä, PM505-pumpun laakerimittaukset 2 tunnilta .....	39
KUVA 36. Tasks, “taskiajoitusten” säätönäkymä CBM:ssä .....	41
KUVA 37. Ch2-trendinäkymä, PM505-pumpun siipipyörämittaukset 2 tunnilta .....	43
KUVA 38. Kierrosnopeusanturi DC-700-reaktorin sekoitinakselikiilan vieressä.....	44
KUVA 39. Kierrosnopeus (M700) -mittauksen DI890-moduuliasetukset (moduuli 5, Ch7) CBM:ssä.	45
KUVA 40. Kierrosnopeus (M700) -mittauksen muuttajat ja ohjelmakoodit CBM:ssä .....	46
KUVA 41. Kierrosnopeus (M700) -mittauksen parametriasetukset CBM:ssä.....	47
KUVA 42. Kierrosnopeus (M700) -mittaus prosessivalvomonäkymässä ja CBM online-tilassa .....	48
KUVA 43. Kytkenäkaappi 1:sen (KK1) lopputilanne Intellinova-laitteisto asennuksien jälkeen .....	49
KUVA 44. PM505-pumppu antureineen, Ch1-laakerimittaus päällä, Ch2-siipipyörämittaus sivulla....	50
KUVA 45. Kierrosnopeusanturi DC-700-reaktorin sekoitinakselikiilan vieressä.....	50
KUVA 46. Trendinäkymät, PM505-pumpun laakeri- ja siipipyörämittaukset 2 tunnilta .....	52
KUVA 47. Trendinäkymäesimerkki liikkuvasta kumulatiivisesta keskiarvosta (CMA) .....	53
KUVA 48. Trendinäkymäesimerkki prosentuaalisesta muutoksesta.....	53

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli SPM Instrument Oy:n Intellinova Parallel -kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönotto ja testaus. Erityisesti haluttiin selvittää, miten Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmä voidaan liittää ABB 800xA -automaatiojärjestelmään, jota käytetään Centria-ammattikorkeakoulun Chemplant II -koetehtaassa (prosessilaboratoriossa).

Työn toimeksiantaja oli Centria-ammattikorkeakoulu. Työ oli osa Centria-ammattikorkeakoulun ja Kokkolan yliopistokeskus Chydeniuksen vuosien 2015–2017 ÄLLI-hanketta (Älykäs automaatio ja teollinen internet). Hankkeen tavoitteena oli etsiä erilaisia ratkaisuja ja sovelluksia tehostamaan teollisuudessa käytettäviä prosesseja ja erityisesti kunnonvalvontaa.

Prosessilaboratoriossa Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönotto ja testaus toteutettiin sähkömoottoripumpulle ja myöhemmin Intellinova-järjestelmä voidaan mahdollisesti laajentaa koskemaan muita prosessilaboratorion vastaavia laitteita. Tavoitteena oli myös testata Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmän toimivuutta ja ominaisuuksia ABB 800xA -automaatiojärjestelmän kanssa, jonka kautta mittaustulokset oli saatava Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonäkymään katseltaviksi (tässä tapauksessa tietokonenäytölle). Lisätavoitteeksi muodostui työn edetessä kierrosnopeusanturin (induktiivisen lähestymisanturin) käyttöönotto ja testaus molempien järjestelmien kanssa.

Intellinova-järjestelmän kunnonvalvonta perustuu erilaisiin värähtely- ja iskusysäys-kiihtyvyyssanturimittaustekniikoihin/-menetelmiin, joilla havainnollistetaan mitattavan kohteen kuntoa. Tyypillisiä valvontakohteita ovat erityisesti laakerit (kuten moottoreissa), siipipyörät (kuten pumpuissa) ja hammaspyörät (kuten vaihdelaatikoissa). Värähtelytekniikkaan perustuvia menetelmiä ovat esimerkiksi kiihtyvyyss-, nopeus- ja siirtymämittaukset. Iskusysäystekniikkaan perustuvia menetelmiä ovat esimerkiksi SPM:n patentoidut HD (High Definition) -mittaukset, jotka on tarkoitettu vierintälaakerien kunnonvalvontaan. Tässä työssä keskityttiin mittaamaan laakerin ja siipipyörän kuntoa värähtelymenetelmillä.

Teoriaosiossa on selostettu yleisesti asennusympäristöstä, laakerien, siipipyörien kunnonvalvonnasta ja työssä käytettävistä laitteistoista sekä niiden ohjelmistoista. Työvaiheosiossa työvaiheet on kuvattu kronologisessa järjestyksessä, johon kuuluvat suunnittelut, asennukset, laitteistojen asetusten konfiguroinnit, ohjelmoinnit ja testaukset. Lopussa esitellään keskeisimmät asennus- ja mittaustulokset tiivistetysti sekä loppupäätelmä työstä.

## **2 KUNNONVALVONTAYMPÄRISTÖ, -JÄRJESTELMÄT JA -LAITTEET**

Tässä pääluvussa käsitellään yleisesti opinnäytetyön asennusympäristöä sekä yleistä tietoa laakerien ja siipipyörien kunnonvalvonnasta. Lisäksi työssä käytettävät laitteistot ja ohjelmistot esitellään tiivistystyö opinnäytetyön kannalta keskeisiin asioihin liittyen.

### **2.1 Centria-ammattikorkeakoulun Chemplant II -koetehdas (prosessilaboratorio)**

Chemplant II -koetehtaalla (prosessilaboratoriossa) tehdään lähinnä kemiaan liittyviä kokeita sekä erilaisten järjestelmien ja laitteistojen testausta. Prosessilaboratorion ympäristö vastaa käytännössä todellista tehdasta pienemmässä mittakaavassa. Ympäristö on turvallinen ja erinomainen edellä mainittuihin kokeisiin ja testeihin, joita enimmäkseen opiskelijat toteuttavat. Osa prosessilaboratorion projekteista tulee ulkopuolisilta yhteistyökumppaneilta ja yrityksiltä. (Centria-ammattikorkeakoulu 2018, 6)

Prosessilaboratoriosta löytyy useita eri laitteita, kuten sähkömoottoripumppuja ja sekoitinsäiliöiden akseleita, jotka vaativat kunnonvalvontaa. Edellä mainitut kohteet olisivat hyviä kunnonvalvontakohteita Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmälle.

### **2.2 Laakerien ja siipipyörien kunnonvalvonta**

Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmän ideana on helpottaa kunnonvalvontaa esimerkiksi tehtailla, joissa on pyörivää laitteistoa pitkienkin etäisyyksien päässä toisistaan. Ilman tämänkaltaista kunnonvalvontajärjestelmää kunnossapidosta vastaava henkilö joutuu kiertelemään ympäri tehdasta kannettavan mittalaitteiston kanssa, kuten Emerson CSi 2130 (LUKU 2.5), tietyin tarkistusväliajoin mittaamassa jokaisen laitteen luona esimerkiksi laakerien ja siipipyörien kuntoa. Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmällä pystyy automaattisesti ennakoimaan tulevia laitteiden vikoja ilman edellä mainittua ylimääräistä työtä ja vielä kokoaikaisesti esimerkiksi lähettämällä mittaustuloksia isäntäjärjestelmälle (LUKU 2.4). Tallennetuista mittaustuloksista pidemmältä aikaväliltä on apua arvioitaessa, milloin laite tarvitsee huoltoa, koska liian aikainen huolto tai liian myöhään jätetty huolto voi aiheuttaa turhia käyttökustannuksia. Myös mahdollisia työtaturmia voidaan välttää tai ainakin vähentää kunnossapitohenkilön tarkistustöiden vähentyessä.

Laakerit ovat yleisesti ottaen kulutustavaraa, joita pitää tietysin väliajoin voidella tai vaihtaa. Kuivuneet tai kuluneet laakerit eivät enää pyöri sulavasti ja alkavat aiheuttamaan värähtelyä laitteen runkoon, jossa Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturi on kiinni. Kiihtyvyyssanturi reagoi laitteessa ilmaantuvaan liian suureen värähtelyyn, jolloin tulee hälytys. Hälytyksen tasosta riippuen se tarkoittaa, että laakeri olisi voideltava tai vaihdettava. Mikäli laakereita ei voidella tietysin väliajoin, se nopeuttaa niiden kulumista. Mikäli kuluneita laakereita ei vaihdeta ajoissa, ne voivat pahimmillaan haljeta laitteen pyöriessä aiheuttaen kalliimpia remontteja tai uuden laitteen hankinnan.

Siipipyöriä käytetään esimerkiksi keskipakopumpuissa nesteiden siirtämiseen. Tyypillisesti siipipyörä on kiinni pumpun akselissa, joka on kiinni sähkömoottorissa. Siipipyörät harvemmin vikaantuvat, tosin niiden materiaali vaikuttaa asiaan. Vikaantuminen voi ilmetä esimerkiksi yhden siiven vääntymisenä, halkeiluna tai irtoamisena. Tämän vuoksi siipipyörä ei ole enää ”tasapainossa” ja voi aiheuttaa värähtelyä pumpun runkoon, jossa kiihtyvyyssanturi on kiinni reagoiden liian suureen värähtelyyn aiheuttaen hälytyksen. Tässä tilanteessa siipipyörä olisi vaihdettava uuteen tai korjattava, jos on mahdollista. Pahimmillaan viallinen siipipyörä voi aiheuttaa kalliimman remontin pumpulle tai uuden pumpun hankinnan.

### **2.3 ABB 800xA -automaatiojärjestelmä**

ABB System 800xA (eXtended Automation) on monipuolinen automaatiojärjestelmä, jolla voidaan tehdä monenlaisia asioita, esimerkiksi laitteiden ohjaamista, mittauksien keräämistä ja valvomonäkyvien käyttämistä. Tässä luvussa käsitellään järjestelmää yleisellä tasolla.

#### **2.3.1 ABB 800xA -laitteisto**

ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteisto muodostuu erityyppisistä DIN-moduuleista. Laitteiston ohjainkokonaisuus AC 800M muodostuu prosessoriyksiköstä sekä pohjalevystä ja mahdollisesti siihen CEX-Bus-väylällä liitetystä tiedonsiirtomoduleista (tuki useanlaisille standardeille tai protokollille, kuten ModbusRTU/-TCP, HART, Profibus). Laitteistoon voi kytkeä useanlaisia I/O-moduuleita suoraan prosessoriyksikön pohjalevyn kautta Modulebus-väylällä tai edellä mainittujen tiedonsiirtomodulien kautta. Edellä mainittujen väylien myötä laitteisto on laajennettavissa erilaisiin käyttötarkoituksiin. (ABB 2013, 29–34.)

Opinnäytetyöhön liittyivät seuraavat moduulimallit (KUVA 1):

- PM861A-prosessoriyksikkö (laitteiston päämoduuli)
- TP830-pohjalevy prosessoriyksikölle (keskimmäinen COM3-portti tukee ModbusRTU:ta)
- DI890 8Ch kahdeksankanavainen digitaalitulomoduuli Modulebus-väylällä.



KUVA 1. ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteisto (isoin PM861A/TP830, 5-moduuli DI890)

### 2.3.2 ABB Control Builder M -laitteiston konfigurointiohjelma

ABB Control Builder M (CBM) -ohjelmaa käytetään ABB 800xA -laitteiston konfigurointiin, kuten asetusten muuttamiseen, hälytys-/ilmoituskriteerien asettamiseen, ohjelmointiin, vianhakuun, testaamiseen ja mittaustulosten tarkkailuun (online-tila).

Kuvan 2 esimerkissä on avattu ”Prosessilaboratorio”-projektitiedosto, jonka vasemman laidan lista alasioineen sisältää kaikki ABB 800xA -laitteistolle ladatut toiminnot, kuten asetukset ja ohjelmakoodit. Näiden mukaan laitteisto toimii halutulla tavalla siihen kytkettyjen laitteiden tai muiden kohteiden kanssa. Oikealla on avattuna kierrosnopeusmittauksen (M700) ”FAST”-niminen ”Single Control Module” (SCM) -osio, jossa ovat muuttujat ja ohjelmakoodi ”Structured text” -ohjelmointikielellä. Näiden mukaan kierrosnopeusanturi (induktiivinen lähestymisanturi) laskee kierrosnopeutta. Kuvassa 2 on myös globaali muuttujaosio (Data Type), jonka avulla mitattua kierrosnopeusarvoa voidaan käyttää muissa ABB-ohjelmistoissa (toisin sanoen ”linkittää” ABB-ohjelmien välillä). Lisätietoa kyseisestä kierrosnopeusmittauksesta (M700) löytyy luvusta 3.3.2.



The screenshot displays the ABB Control Builder M Professional interface. On the left, a project tree shows the hierarchy: **Prosessilaboratorio** (Offline System) -> **Applications** -> **Chemplant - (AC1.Chemplant\_Normal)** -> **Data Types**. The tree lists various control modules like AIC, AIS, AOC, AOS, DIC, DIS, DOC, DOS, FAST, and hardware components like PM861/TP830, CF Reader, Ethernet, Com, IP, and ModuleBus.

The main window is split into two panes. The top pane, titled "Data Type - Chemplant.AIC\_Type", shows a table of data types:

Name	Data Type	Attributes	Initial Value	ISP Value	Description
3 M700_SPEED	AISData	retain			M700 Sekoittajan nopeus
4 UIQ101	AISData	retain			Reaktori DC100 lämmitys/jäähdytyspiirin teho
5 UIQ701	AISData	retain			Reaktori DC700 lämmitys/jäähdytyspiirin teho
6 M700_Calculated_Rounds	AISData	retain			M700 Sekoittajan nopeus Turck Namur anturin laskemana

The bottom pane, titled "Single Control Module - Chemplant.FAST", shows a table of variables and their properties:

Name	Data Type	Attributes	Initial Value	Description
1 M700_Measured_RPM	bool	retain	false	
2 Rounds_dint	dint	retain		
3 Rounds_real	real	retain		
4 Time5s	time	retain hidden	5s	
5 Time60s	time	retain	0s	
6 Timer_in	bool	retain		
7 Timer_InstRst	bool	retain		
8 Timer_Q	bool	retain	false	
9 Timer_PTON	time	retain	60s	
10 Timer_ST	time	retain	0s	
11 Counter_reset	bool	retain		
12 Counter_reset2	bool	retain		
13 M700_Measured_RPM_IO	BoolIO	retain hidden		
14 M700_Measured_RPM_IO_Value_Old	bool	retain hidden		
15 M700_Measured_RPM_Timer	Timer	retain hidden		
16 M700_Measured_RPM_Count	dint	retain hidden		
17 Testbit	bool	retain		

Below the table, the ladder logic editor shows the following code:

```

(*****
*) M700 Mitattu RPM *)
(*****

(*Turck NAMUR anturi kytketty DI890, kortti 5, kanava 7
Tuodaan IO-tieto suoraan muuttujalla tähän scm:ään *)
IF IO.Reaktori_DC_700.M700.ActSpeed.Signal.IOValue <> 0 OR TESTBIT THEN
  TimerStart(M700_Measured_RPM_Timer);
ELSE
  TimerReset(M700_Measured_RPM_Timer);
END_IF;

IF M700_Measured_RPM_IO.Value AND NOT M700_Measured_RPM_IO_Value_Old THEN
  M700_Measured_RPM_Count := M700_Measured_RPM_Count + 1;
END_IF;

IF TimerElapsed(M700_Measured_RPM_Timer) > Time5s THEN
  IO.AIC.M700_Calculated_Rounds.Signal.IOValue := M700_Measured_RPM_Count * 12;
  M700_Measured_RPM_Count := 0;
  TimerReset(M700_Measured_RPM_Timer);
END_IF;

M700_Measured_RPM_IO_Value_Old := M700_Measured_RPM_IO.Value;

IF IO.Reaktori_DC_700.M700.ActSpeed.Signal.IOValue = 0.0 THEN IO.AIC.M700_Calculated_Rounds.Signal.IOValue := 0;
END_IF;

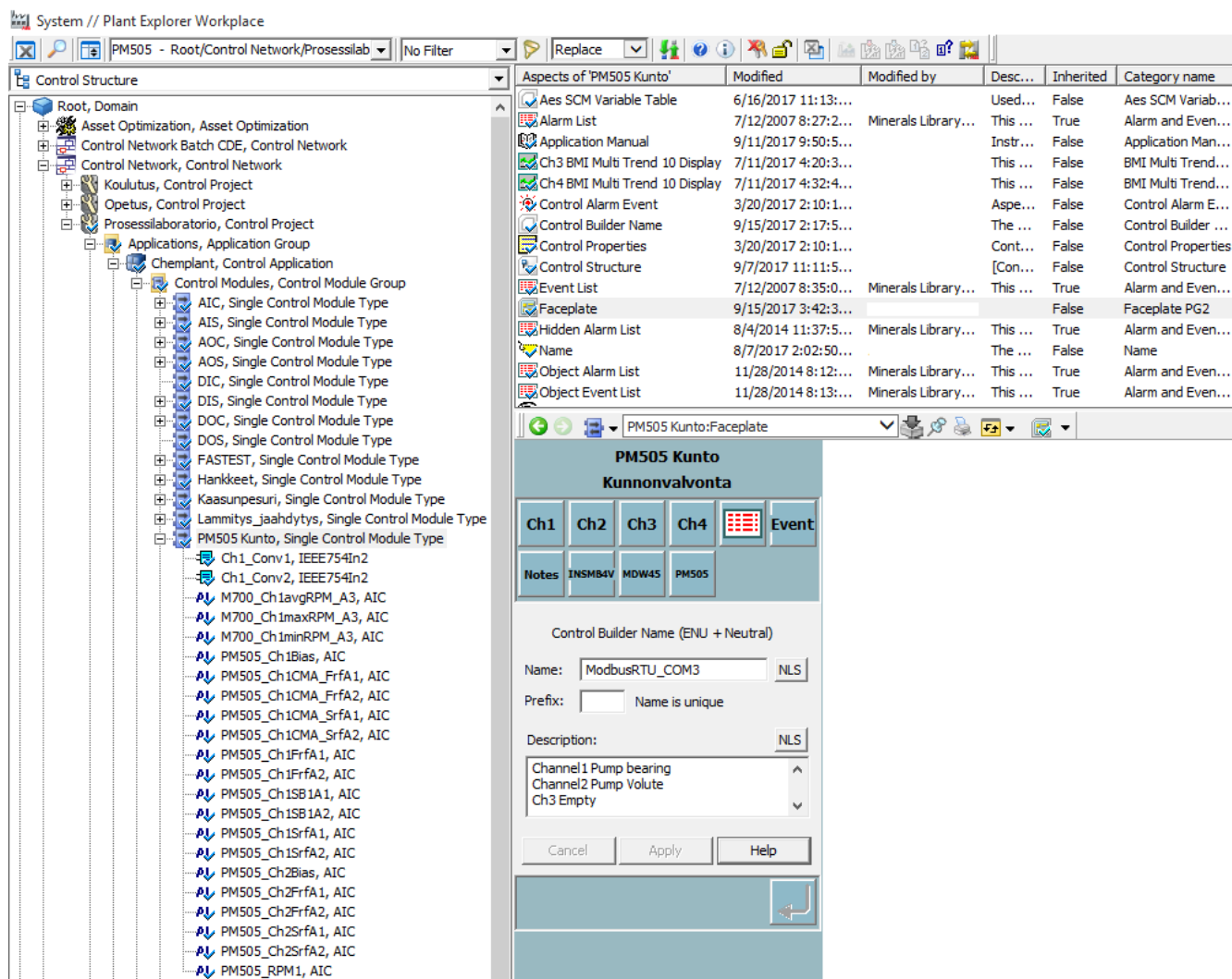
```

KUVA 2. Esimerkki ABB Control Builder M (CBM) -laitteiston konfigurointiohjelmasta

### 2.3.3 ABB Plant Explorer Workplace -järjestelmän konfigurointiohjelma

ABB Plant Explorer Workplace -ohjelmalla esimerkiksi luodaan objektit ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteistoon kytketyistä laitteista tai muista liittyvistä kohteista. Objekteja voivat olla esimerkiksi pumput, moottorit venttiilit ja anturit. Objektiin voidaan lisätä useanlaisia aspekteja eli toimintoja, kuten faceplate, trendinäkömä (esitetään esimerkiksi mittaustulosten muodostama viivadiagrammikuvaaja tietyllä aikavälillä), hälytyslista, tapahtumalista (ilmoitukset) tai manuaali liittyen kyseiseen objektiin (laitteeseen tai muuhun liittyvään kohteeseen). Aspekteihin voidaan linkittää CBM:stä esimerkiksi kyseisen laitteen mittaustulokset trendinäkömään, joita voidaan linkittää valvomonäkymiin ABB Process Graphich Builder -ohjelmalla. Valvomonäkymiä voi katsella Operator Workplace -ohjelmalla sekä käyttää niissä olevia tietyn objektin aspekteja kuten faceplateja, jotka voivat sisältää esimerkiksi painonapeista avautuvia kyseisen objektin muita aspekteja, kuten edellä lueteltuja toimintoja.

Kuvan 3 esimerkissä on PM505-pumpun (mittauskohdeobjekti) ”PM505 Kunto” -faceplate (aspekti) muokattu valmiiksi erilaisilla painonappitoiminnoilla valvomonäkymässä käytettäväksi.

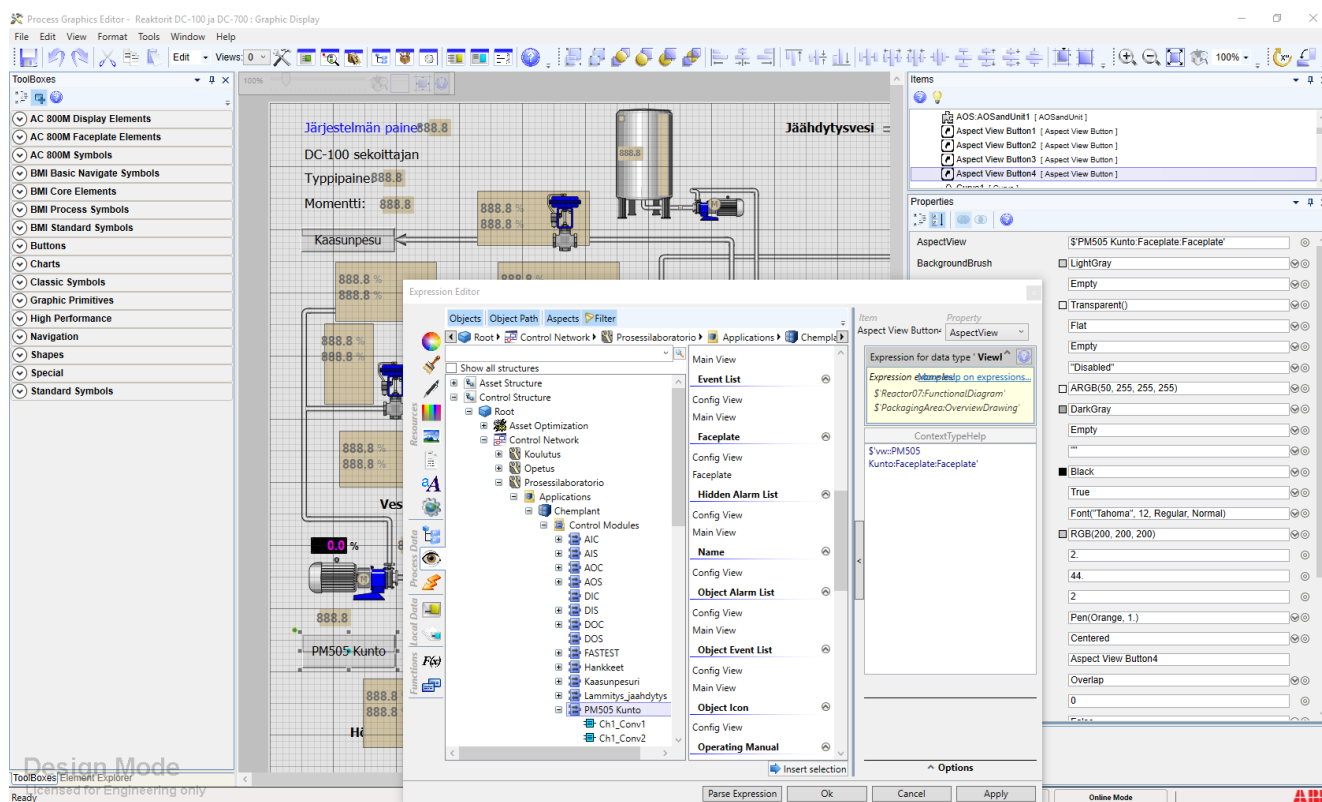


KUVA 3. Esimerkki ABB Plant Explorer Workplace -järjestelmän konfigurointiohjelmasta

### 2.3.4 ABB Process Graphich Builder -valvomonäkymän muokkausohjelma

ABB Process Graphich Builder -ohjelmaa käytetään esimerkiksi prosessivalvomonäkymien luontiin ja muokkaamiseen. Ohjelmasta löytyy vakiona monenlaisia kuvakkeita, muun muassa moottoreita, antureita, säiliöitä, putkia, painonappeja sekä teksti- ja numerokenttiä. Näille kaikille voi asettaa useanlaisia ominaisuuksia, esimerkiksi laitteen tiettyssä tilanteessa kuvake muuttaa väriä, numerokentässä näkyy laitteen mittaustulos ja painonapista avautuu laitteeseen liittyvä faceplate, mihin voi linkittää objektien aspekteja ABB Plant Explorer Workplacesta.

Kuvan 4 esimerkissä on luotu ”PM505 Kunto” -painonappi ja sille määritetään PM505-pumppuun liittyvän faceplaten avaustoiminto (faceplaten linkitys painonappiin ABB Plant Explorer Workplacesta).

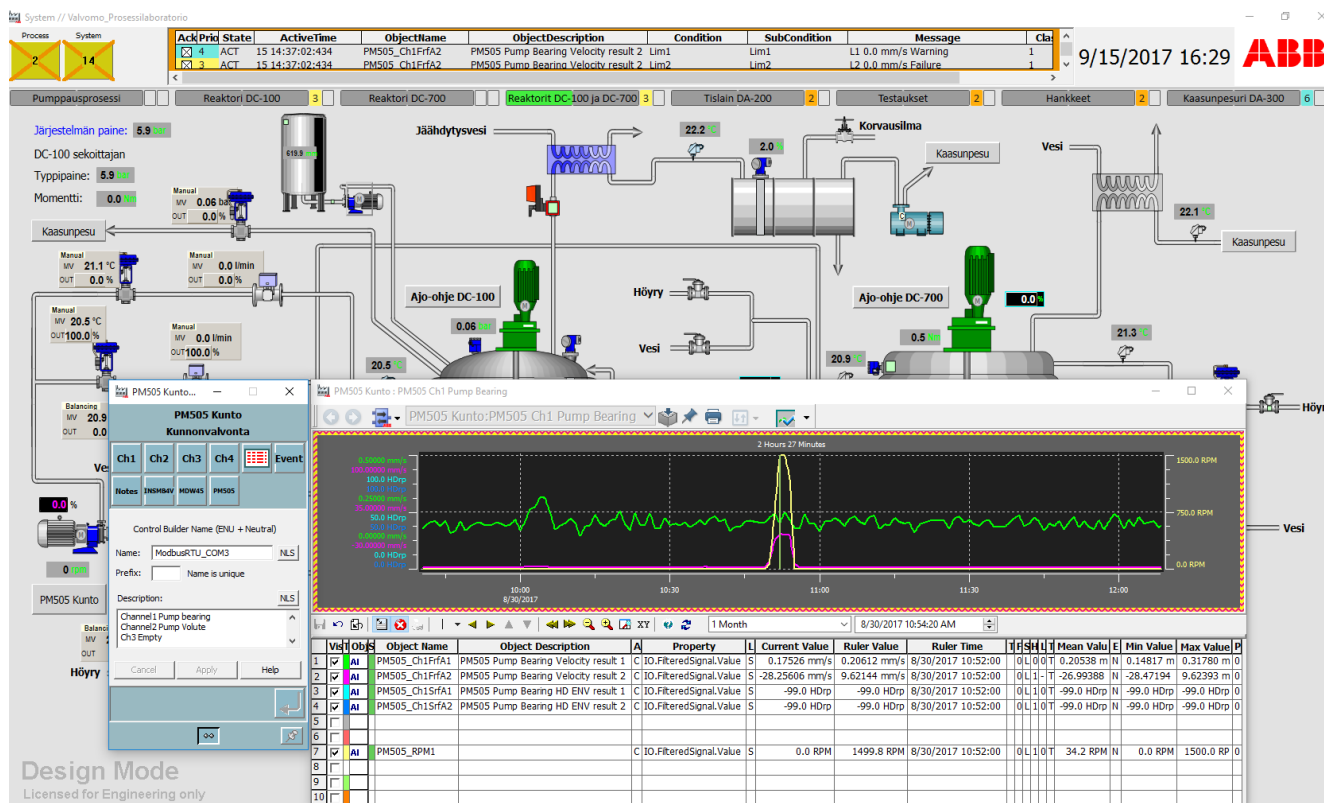


KUVA 4. Esimerkki ABB Process Graphich Builder -valvomonäkymän muokkausohjelmasta

### 2.3.5 ABB Operator Workplace -valvomonäkymän katseluohjelma

ABB Operator Workplace -ohjelmalla nähdään prosessin kokonaiskuva, joka on luotu ABB Process Graphich Builder -ohjelmalla. Prosessin kokonaiskuva voi koostua esimerkiksi yhdestä isosta valvomonäkymästä tai pienemmistä ja yksityiskohtaisemmista valvomonäkymistä. Valvomonäkymästä nähdään esimerkiksi laitteiden nykytilat (mittausarvot/toimintatilat), hälytykset, ilmoitukset ja asetukset, joita voi myös muuttaa yleensä laitteen kuvakkeesta tai painonapista avautuvasta faceplatesta.

Kuvan 5 esimerkissä on avattu DC-100- ja DC-700-reaktoreiden Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonäkymä, josta on avattu ”PM505 Kunto” -faceplate ”PM505 Kunto” -painonapista. ”PM505 Kunto” -faceplaten Ch1-painikkeesta on avattu PM505-pumpun laakerin kunnonvalvontatrendinäkymä, jossa mittausarvot esitetään automaattisesti päivittyvinä viivadiagrammikuvaajina. Tarkemmat tiedot kyseisestä Ch1-trendinäkymästä löytyvät luvusta 3.2.4.



KUVA 5. Esimerkki ABB Operator Workplace -valvomonäkymän katseluohjelmasta

## 2.4 SPM Intellinova Parallel -kunnossapito- ja diagnostiikkajärjestelmä

Luku sisältää yleistä-/teknistä tietoa Intellinova-kunnonvalvontalaitteesta. Lisäksi luettelo käytettävistä mittaustekniikoista/-menetelmistä ja tietoa käytettävistä ohjelmistoista.

### 2.4.1 SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaite

SPM Intellinova Parallel INSMB4V on kompaktin kokoinen kunnonvalvontalaite (KUVA 6) ennaltoivaan kunnonvalvontaan, joka tukee useanlaisia värähtely- ja iskusyösyys-kiihtyvyyssanturimittaustekniikoita/-menetelmiä mitattavan kohteen kunnon havainnollistamiseen. Laitetta voi käyttää yksistään, jolloin LEDit ilmaisevat ”karkeasti”-mittaustulokset. Tarkemmat mittaustulokset ovat luettavissa suoraan laitteelta MBM Labview -ohjelmalla tai tietynlaisella mittalaitteella. ModbusRTU-sarjaliikenne-protokollaa tukevaan master-isäntälaitteeseen tai -järjestelmään liitettynä Intellinova-kunnonvalvontalaite toimii tässä tilanteessa slave-orjalaitteena. Mittaustuloksien tallentaminen pidemmältä ajanjaksolta ja hälytyksien ilmoittaminen onnistuu esimerkiksi master-isäntäjärjestelmään.



KUVA 6. SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaite (Spminstrument)

SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaitteen pääominaisuudet:

- Neljä kiihtyvyyssanturikanavaa rinnakkain (parallel), joiden mittausalueet: värähtely  $> 50$  g peak to peak (käyttäessä 100 mV/g antureita), iskusysäys 0...75 dB, resoluutio  $7 \mu\text{g} / \sqrt{\text{Hz}}$  0.5 - 40 KHz (käyttäessä 100 mV/g antureita) ja spectrum viivat 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800.
- Kaksi pyörintänopeuskanavaa, joiden mittausalue: 1-120 000 RPM (kun 1 pulssi/kierros).
- Tuetut kiihtyvyyssanturimallistot: SLD, SLC DuoTech tai muu IEPPE-standardinen.
- Jokaiselle kiihtyvyyssanturikanavalle voi asettaa kolme erilaista mittaustoimintoa (mittausmenetelmää) yksilöllisin asetuksin.
- Kiihtyvyyssanturikanava LEDit voi asettaa ilmaisemaan eri väreillä mittauskohteen kuntoa ”karkeasti” mittaustulosten perusteella. Lisäksi ”S”-LEDi ilmoittaa laitteen senhetkistä toimitilaa.
- Kuusi kappaletta digitaalituloja tai -lähtöjä (valittavissa, kumpia ovat). Nämä voi laittaa aktivoitumaan esimerkiksi tietyssä hälytyksessä, ja niiden avulla voi ohjata muita laitteita.
- Tiedonsiirto ModbusRTU-sarjaliikenneprotokollan mukaisesti käyttäen RS485 (2-johdin) -sarjaliikennestandardia (tiedonsiirto).
- Toimintatilan valitseminen valintakytkimillä (talttapääruuvimeisselillä).
- Kaikkien asetusten lataaminen COM-portin (3.5 mm jakkiliitin) kautta kerralla PRO230-konfigurointiohjelmalla (LUKU 2.4.2) käyttäen SPM 15484 USB -kaapelia (+firmware PRO240).
- Yksittäisten asetusten muuttaminen etänä ModbusRTU master -laitteen/järjestelmän kautta.
- Mittaustuloksien luenta MBM Labview -konfigurointiohjelmalla (LUKU 2.4.3) RS232-sarjaliikennestandardin (tiedonsiirto) mukaisesti. Tarvitsee RS232-RS485-sarjaliikennemuuntimen.
- ”OUT”-BNC-liitäntään voi kytkeä tietyntyylisiä mittalaitteita, joilla voi lukea kiihtyvyyssanturikanavien mittaustuloksia.
- KEY-painonapilla nollataan hälytyksiä tai valitaan kanava, jota edellä mainittu mittalaite lukee.
- Tarvitsee erillisen käyttöjännitteen +24 Vdc (+15...36 Vdc).
- Asennus 35 millimetrin DIN-kiskolle.

- Kotelo alumiinia. Suositeltava asennettavaksi vähintään koteloluokan IP54 omaavaan kotelointiin tai kaappiin.
- Ympäristönlämpötilasopivuus 0 °C ... +50 °C.

Käytettävät mittaustekniikat/-menetelmät neljälle edellä mainitulle kiihtyvyyssanturikanavalle:

Värähtelytekniikan mittausmenetelmät (Spminstrument):

- ACC (Acceleration, Kiihtyvyys).
- Velocity (Nopeus).
- Displacement (Siirtymä).
- HD ENV (High Definition Enveloping) Hammaspyörä- ja laakerivikojen havaitsemiseen jo varhaisessa vaiheessa.

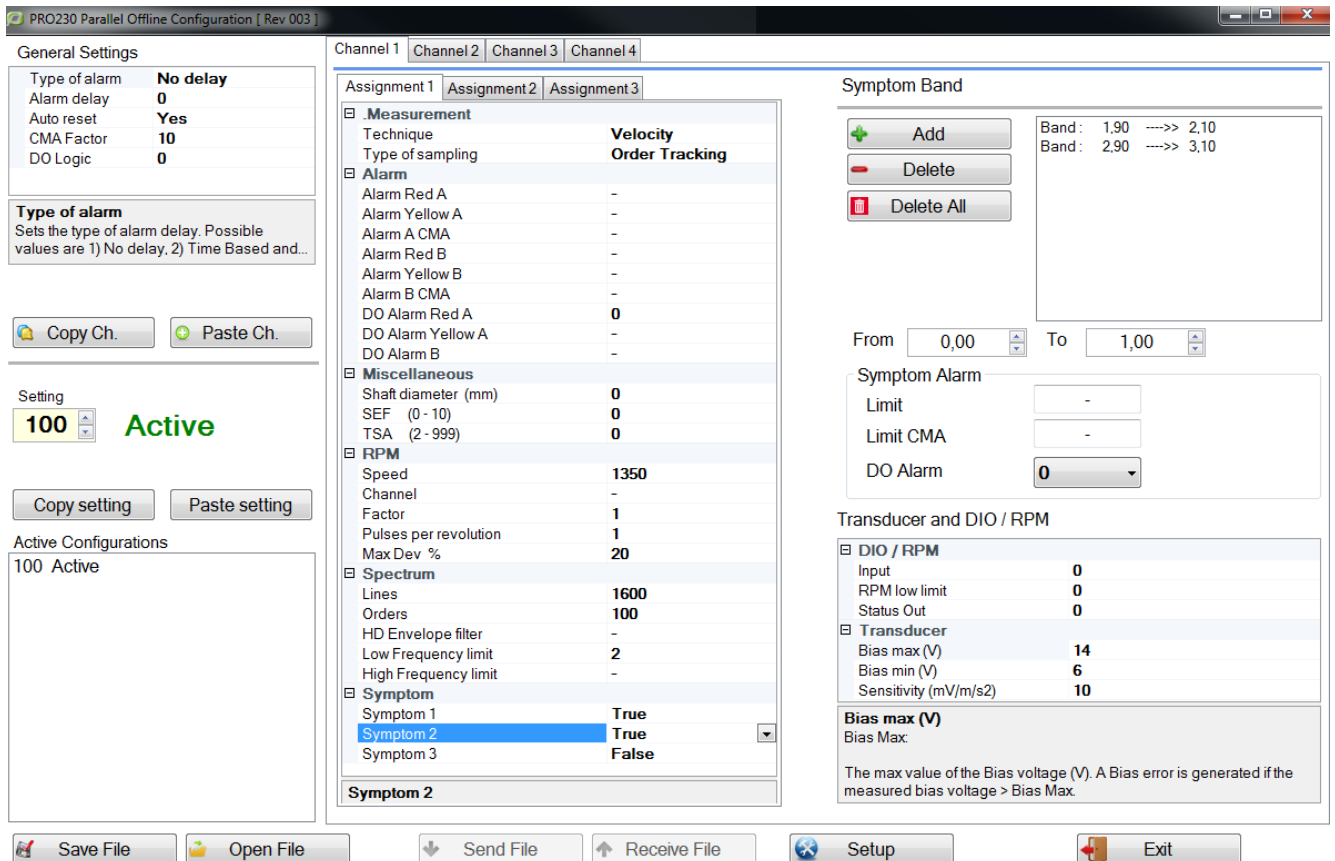
Iskusäystekniikan mittausmenetelmät (Spminstrument):

- HDm/HDc (High Definition) Vierintälaakerin valvontaan.
- LR/HR HD (Low-/High Rate Definition) Vierintälaakerin voitelukalvon paksuuden arviointiin.

## 2.4.2 PRO230-konfigurointiohjelma

PRO230-ohjelmalla tehdään ja ladataan (SPM 15484 USB -kaapelin avulla) mittausasetukset Intellinova-kunnonvalvontalaitteen jokaiselle kiihtyvyyssanturi- ja pyörintänopeuskanavalle, ja ohjelmalla ladataan ja tehdään myös kanavien yhteiset asetukset. Intellinova-kunnonvalvontalaitteeseen aiemmin ladatut asetukset voi ladata talteen, sillä muuten uusien asetusten lataus korvaa edelliset. Jokaiselle kiihtyvyyssanturikanavalle voi asettaa enintään kolme erilaista mittaustoimintoa (mittausmenetelmää) yksilöllisin asetuksin, esimerkiksi ACC, Velocity ja Displacement. Yksi kiihtyvyyssanturi voi siis mitata kolme eri arvoa yhtä aikaa. Mittausasetuksissa asetetaan useita kriteereitä, kuten millä värähtelytaajuusalueilla kiihtyvyyssanturi alkaa mittaamaan ja minkä arvojen ylittyessä tulee hälytys tai jokin digitaalituloista tai -lähdöistä vaihtaa tilaa päälle/pois. Osalla asetuksista vaikuttaa mittauksien tarkkuuteen, mutta mitä tarkempi asetus, sitä hitaampi on mittausaika. Osa mittausmenetelmistä vaatii pyörintänopeuden erilliseltä kierrosnopeusanturilta tai ”kiinteän” kierroslukumäärän asettamisen mittausasetuksiin. (SPM 2016, 10–15.)

Kuvan 7 esimerkissä on Intellinova-manuaalin mukaiset pumpun laakerin mittaussuositusasetukset kiihtyvyyssanturikanava 1:lle (Ch1). Ensimmäisen mittaustoiminto on asetettu mittaamaan velocityä eli nopeutta (”värähtelynopeus”).

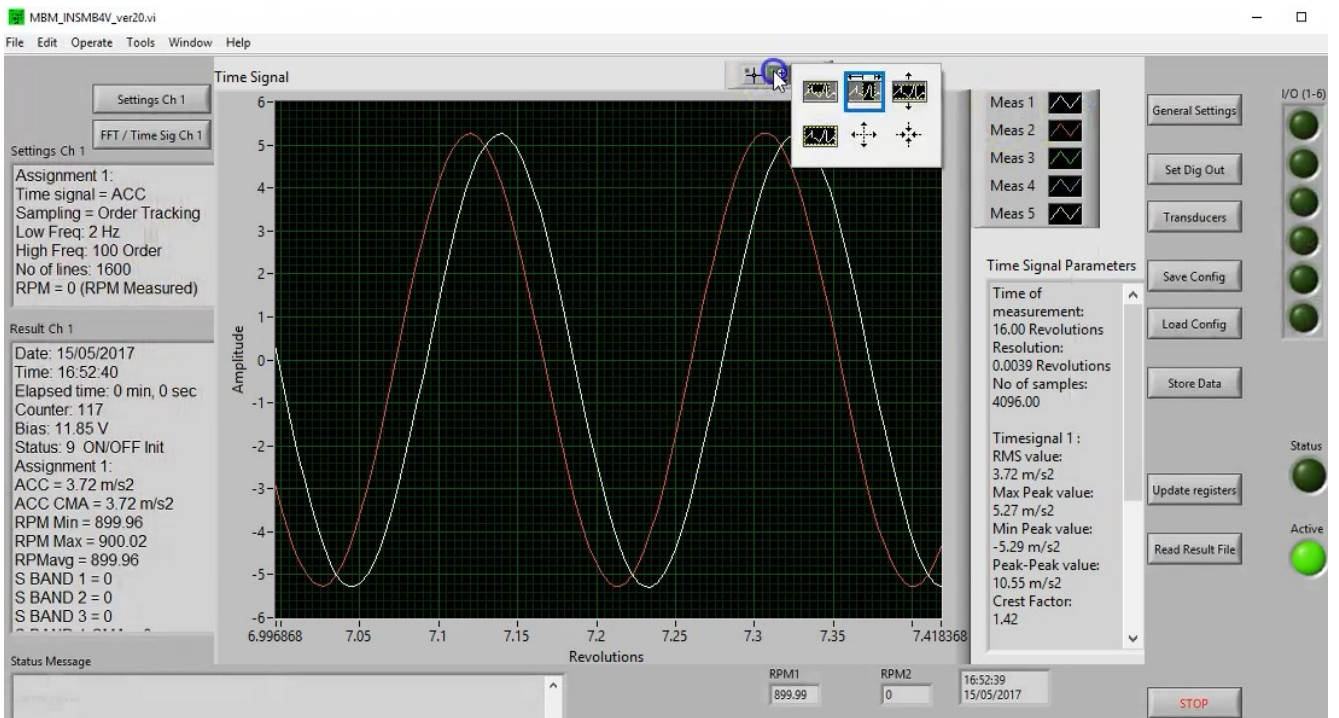


KUVA 7. Esimerkki PRO230-konfigurointiohjelmasta

### 2.4.3 MBM Labview -konfigurointi- ja diagnostiikkaohjelma

MBM Labview -ohjelmalla voidaan ladata omat mittausasetukset Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle RS232-RS485-sarjaliikennemuuntimen avulla (esimerkiksi Westermo MDW-45LV). Asetukset eivät korvaa PRO230-ohjelman asetuksia. MBM Labview -asetuksien mukaisten mittauksien luenta ei toimi ModbusRTU-tilassa etänä, vaan pelkästään luettavana MBM Labview -ohjelmalla kytkettynä RS232-RS485-sarjaliikennemuuntimella Intellinova-kunnonvalvontalaitteeseen. Ohjelmalla voidaan lukea mitausarvot lähes välittömästi luettavassa muodossa ja myös ”Time signal”- ja ”Spectrum”-mittausarvot voidaan lukea melko nopeasti. Lisäksi ohjelma muodostaa näistä graafiset viivadiagrammikuvaajat. Kyseisiä ”Time signal”- ja ”Spectrum”-mittauksia voi käyttää edellisillä sivulla lueteltujen mittaustoimintojen kanssa saadakseen vielä yksityiskohtaisempia mittaustuloksia.

Kuvan 8 esimerkissä on nähtävissä kiihtyvyyssanturikanava 1:n mittausasetukset ja -tulokset. Näistä jälkimmäiset päivittyvät automaattisesti tietyin aikaväleihin. Esimerkissä on myös kyseisen kiihtyvyyssanturikanavan ”Time Signal” -mittausarvoista (rekisteriarvoista) muodostettu viivadiagrammikuvaaja.



KUVA 8. Esimerkki MBM Labview -konfigurointi- ja diagnostiikkaohjelmasta

## 2.5 Emerson CSi 2130 -kannettava kunnonvalvonta-/diagnostiikkalaite

Emerson CSi 2130 Machinery health analyzer (KUVA 9) on akullinen kannettava kunnonvalvontalaite, jolla pystyy mittaamaan monenlaisia suureita. Laite tukee useanlaisia mittaustekniikoita/-menetelmiä, joita varten sille on saatavana erilaisia ”mittapäitä”, kuten CSi 404B Phototach -infrapuna-anturi, jolla voidaan mitata esimerkiksi akselin kierrosnopeutta. Edellä mainitussa kierrosnopeusmittauksessa on mitattavaan akseliin kiinnitettävä oikeanlevyinen pala heijastinteippiä, jota vasten infrapuna-anturi on asetettava mahdollisimman lähelle sopivassa kulmassa.



KUVA 9. Emerson CSi 2130 -kunnonvalvonta-/diagnostiikkalaite ja CSi 404B Phototach -infrapuna-anturi (Emerson)



## 2.6 Sarjaliikennemuuntimet

Sarjaliikennemuuntimilla muunnetaan tietty sarjaliikennestandardi (tiedonsiirto) toiseksi. Malleista riippuen tiedonsiirtoasetukset tehdään esimerkiksi DIP-kytkimillä, jumppereilla tai tietokoneella ohjelmallisesti.

### 2.6.1 Westermo MDW-45LV RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin



KUVA 10. Westermo MDW-45LV RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin (Imc)

- Laitteasetukset valitaan DIP-kytkimien avulla.
- Tarvitsee erillisen käyttöjännitteen +12...48 Vdc.
- Asennus 35 millimetrin DIN-kiskolle.
- Koteloluokitus IP21.
- Ympäristönlämpötilasopivuus -40 °C ... +70 °C.

Muuntimen etupuolella olevat LEDit ilmaisevat muuntimen toimintaa ja tiedonsiirtosignaalien tiloja:

PWR	Power	Muunnin päällä
TD	Transmitted Data	Lähetetty Data
RD	Received Data	Vastaanotettu Data
RTS	Request to send	“Lähetysten vaatimus”
CTS	Clear to send	“Valmiina lähetettäväksi”

## 2.7 Barrierit

Englanniksi termi on electrical safety barrier. Kyseessä on sähkölaite, jolla johdetaan ylimääräinen sähköenergia maadoitukseen. Näin estetään mahdollinen kipinäointi ja ylikuumentuminen räjähdysvaarallisissa Ex-/ATEX-tiloissa sijaitsevilla laitteilla.

### 2.7.1 SPM VIB Transducer Ex Interface 17640 -kiihtyvyyssanturi-barrieri



KUVA 11. SPM VIB Transducer Ex Interface 17640 -kiihtyvyyssanturi-barrieri

- Mahdollistaa neljän Ex-/ATEX-tilassa olevan kiihtyvyyssanturin liittämisen ei Ex-/ATEX-tilassa olevaan laitteistoon.
- Soveltuu käytettäväksi kaikkien kiihtyvyyssantureiden kanssa, joissa on vastaavanlaiset IS-parametrit.
- Erittäin pieni kapasitanssi (sähkövaraus).
- Suojattu hyvin sähkömagneettisilta häiriöiltä (EMC).
- Mahdollisuus asentaa useampi barrieri päällekkäin erillisillä kiinnikkeillä, mikä voi säästää tilaa.
- Ei tarvitse erillistä käyttöjännitettä.
- Asennus 35 millimetrin DIN-kiskolle (erillisillä kiinnitysraudoilla).
- Koteloluokitus IP54.
- Ympäristönlämpötilasopivuus -40 °C ... +70 °C.
- Ex-/ATEX-tila-yhteensopivuus.

## 2.7.2 Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrieri



KUVA 12. Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrieri (Tehran-tejarat)

- Mahdollistaa kahden Ex-/ATEX-tilassa olevan NAMUR-standardisen anturin (8.2 Vdc) liittämisen ei Ex-/ATEX-tilassa olevaan laitteistoon.
- Digitaalitulojen pulssi/paussi suhde  $\geq 20$  ms /  $\geq 20$  ms.
- Relelähtöjen energisoitu-/energisoimaton viive noin 20 ms.
- Kytkeätaajuus  $\leq 10$  Hz.
- LEDit ilmaisevat laitteen olotiloja kuten lähtöjen.
- Laitteasetukset valitaan DIP-kytkimen avulla.
- Tarvitsee erillisen käyttöjännitteen +24 Vdc.
- Asennus 35 millimetrin DIN-kiskolle.
- Koteloluokitus IP20.
- Ympäristönlämpötilasopivuus -20 °C ... +60 °C.
- Ex-/ATEX-tila-yhteensopivuus.
- SIL 2 (Safety Integrity Level) -yhteensopivuus.

## 2.8 Anturit

Anturit ovat laitteita, joilla mitataan tiettyä suuretta. Anturi on tyypillisesti kytkettynä esimerkiksi kunnonvalvonta-/automaatiojärjestelmään tai mittalaitteeseen, johon mitatun suureen arvo välitetään.

### 2.8.1 SPM DuoTech Accelerometer SLC244TB-M8 -kiihtyvyyssanturi



KUVA 13. SPM DuoTech Accelerometer SLC244TB-M8 -kiihtyvyyssanturi

Käytettävät mittaustekniikat/-menetelmät:

Värähtelytekniikan mittaamenetelmät (Spminstrument):

- ACC (Acceleration, Kiihtyvyys).
- Velocity (Nopeus).
- Displacement (Siirtymä).
- HD ENV (High Definition Enveloping) Hammaspyöriä- ja laakerivikojen havaitsemiseen jo varhaisessa vaiheessa.

Iskusysästekniikan mittaamenetelmät (Spminstrument):

- HDm/HDC (High Definition) Vierintälaakerin valvontaan.
- LR/HR HD (Low-/High Rate Definition) Vierintälaakerin voitelukalvon paksuuden arviointiin.
- Herkkyys 9.93 mV/m/s<sup>2</sup>.
- Mittausalue, värähtely 600 m/s<sup>2</sup> = 60 g.
- Mittausalue, shock pulse (iskusysäys) -12 ... 75 dB.
- Taajuusalue, värähtely 2 Hz - 10 kHz (± 3 dB).
- Tarvitsee erillisen IEPE-käyttöjännitteen +19...24 Vdc (IEPE bias point +10 ... 13 ±1 Vdc).
- 2-pinninen kierrettävä liitin sopivuus (MIL-tyylinen).
- Kiinnityskanta M8, UNC 5/16".
- Koteloluokitus IP67, haponkestäväteräs.
- Ympäristönlämpötilasopivuus -40 °C ... +100 °C.
- Ex-/ATEX-tila yhteensopivuus.

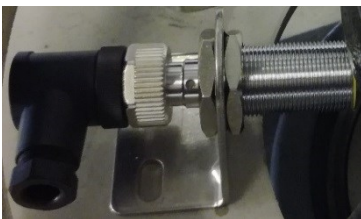
### 2.8.2 SPM 15168 -kaapelipistoke SPM Duotech -kiihtyvyyssanturille



KUVA 14. SPM 15168 -kaapelipistoke osineen SPM Duotech -kiihtyvyyssanturille

- 2-pinninen kierrettävä liitin (MIL-tyylinen).
- Sopii käytettäväksi kierretyn pari- tai koaksiinikaapelin kanssa (käytettävä isompaa ”kultaliittintä”).
- Tiivisteet kahdelle eri kaapelikoolle 4-4,5 mm ja 4,5-5,2 mm.
- Kaapelijohtimien liittäminen onnistuu sopivalla puristustyökälulla tai juottamalla, mikä mahdollistaa useamman käyttökerran.
- Koteloluokitus IP66, Viton-kumitiivisteet IP67.
- Ympäristönlämpötilasopivuus -40 °C ... +125 °C.
- Ex-/ATEX-tila-yhteensopivuus.

### 2.8.3 Turck BI5-M18-Y1X-H1141 -induktiivinen lähestymisanturi (kierrosnopeusanturi)



KUVA 15. Turck BI5-M18-Y1X-H1141 -induktiivinen lähestymisanturi (kierrosnopeusanturi)

- Erottelutaajuus 1 kHz (laskentanopeus 1000 pulssia/s).
- Tunnistusetäisyys  $S_n = 5$  mm.
- Tilamuutosmerkkivalo.
- NAMUR-standardinen, käyttöjännite 8.2 Vdc.
- M12x1 kierrettävä 4-pinninen liitin.
- Koteloluokitus IP67.
- Ympäristönlämpötilasopivuus -25 °C ... +70 °C.
- Ex-/ATEX-tila-yhteensopivuus.

### 3 TYÖN KULKU

Tässä pääluvussa käydään läpi opinnäytetyön työvaiheet, kuten osiin tutustuminen, asennuksien suunnittelu, fyysiset asennukset, laitteistojen asetuksien konfigurointia, ohjelmointia, ongelmien selvittelyä ja mittauksien tulkitsemista yksityiskohtaisesti kronologisessa järjestyksessä. Luku sisältää hieman yleistä tietoa erilaisista työn kannalta oleellisista asioista, kuten laitteista ja ohjelmista.

#### 3.1 Intellinova-laitteiston kokoonpano ja asennus

Luku sisältää laitteistojen osiin tutustumista, asennuksien suunnittelua ja asentamista. Lisäksi luvussa on kuvia asennusympäristöstä ja asennustyövaiheista.

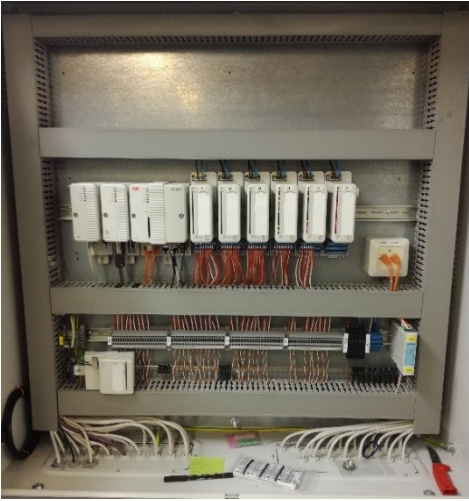
##### 3.1.1 Intellinova-laitteiston osiin tutustuminen ja asennuksien suunnittelu

Työni alkoi laitteiston osien saavuttua Centria-ammattikorkeakoululle. Intellinova-kunnonvalvontalaitteen lisäksi tuli neljä kiihtyvyyssanturia, kiihtyvyyssanturi-barrieri ja kierrosnopeusanturi (induktiivinen lähestymisanturi) kiinnityksineen. Kiihtyvyyssanturi-barrierista puuttui DIN-kiinnitysraudat. Myöhemmin selvisi, että ne olivat erikseen myytäviä lisävarusteita. Osien tilaaja tai myyjä ei ollut ilmeisesti huomionnut tätä. Aloin tehdä listaa tilaajalle siitä, mitä puuttuvia osia pitäisi ensi kerralla tilata. Kierrosnopeusanturille löytyi jo Centria-ammattikorkeakoulusta sopiva barrieri sekä muita asennustyöhön tarvittavia osia ja työkaluja.

Ennen asennuksien suunnittelua varmistin laitteiston osien väliset yhteensopivuudet Exi-varmentamalla, että laitteiden virta-, jännite-, teho-, kapasitanssi- ja induktanssiarvot ovat sallituissa rajoissa. Myös erilaisten Ex-/ATEX-tilaluokituksien ja lämpötilaluokitukset tulisi olla riittävät prosessilaboratorioon. Myöhemmin asennuksien jälkeen tein näistä käyttöönottopöytäkirjat (LIITE 3, LIITE 4 ja LIITE 5).

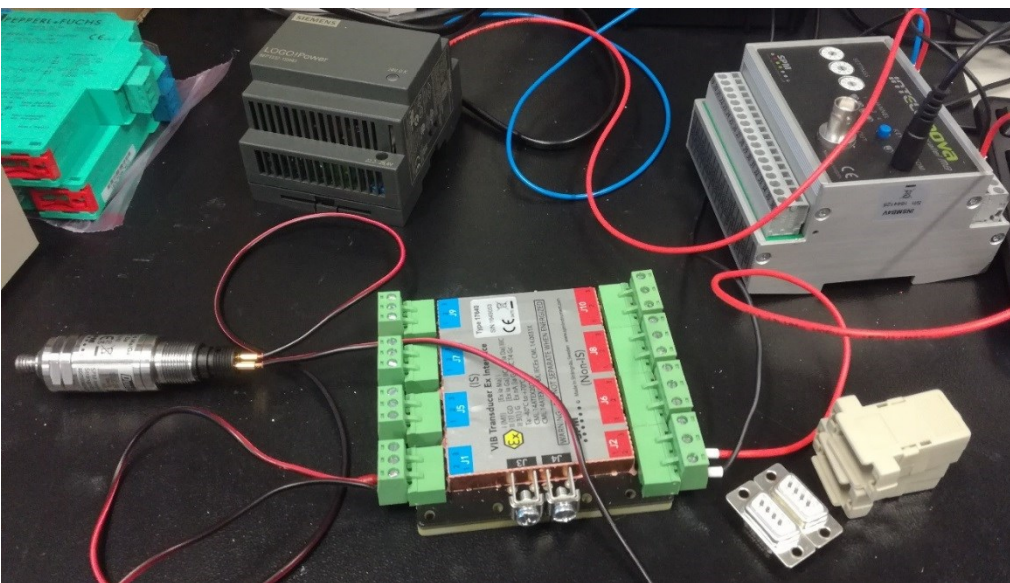
Alkaessani suunnitella asennuksia oli ilmiselvää, että Intellinova-laitteisto tulisi asentaa kytkentäkaappi 1:seen (KK1), jossa ABB 800xA -laitteisto sijaitsi, koska sen kautta Intellinova-kunnonvalvontalaitteen mittaustulokset tulisi saada Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonäkymään katseltaviksi (tässä tapauksessa tietokoneen näytölle). KK1:sen yläosa oli tuolloin vapaana (KUVA 16), mikä helpotti asiaa.

Olisi vain lisättävä pala DIN-kiskoa, johon Intellinova-laitteiston saisi kiinni, ja porattava lisää läpivientireikiä kaapeleita varten.



KUVA 16. KytKentäkaappi 1:sen (KK1) alkutilanne ennen asennuksia

Ennen Intellinova-laitteiston kiinnittämistä kaappiin testasin Intellinova-kunnonvalvontalaitetta, kiihtyvyyssanturi-barrieria ja kiihtyvyyssantureita valmistajalta mukana tulleella PRO230-ohjelmalla (KUVA 17). Virtalähteenä käytin Siemens Logo! Power +24 Vdc -moduulia. Testi onnistui heti. Intellinova-kunnonvalvontalaitteessa oli ilmeisesti valmiiksi jonkinlaiset mittaasetukset ladattuna. Kun Intellinovan kiihtyvyyssanturikanavaan kytkemääni kiihtyvyyssanturia ravisti kädessä, kiihtyvyyssanturikanavan LED-merkkivalo muuttui vihreästä punaiseksi. Samalla tuli valittua sulakekoot Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle sekä barriereille, ja huomioitiin mahdollinen maksimivirrankulutus antureiden kanssa.



KUVA 17. SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturitestit

Boliden Kokkola Oy:ltä kävi edustaja vierailulla Centria-ammattikorkeakoulussa. Edustajalta saimme ohjeita siitä, mihin anturit olisi hyvä sijoittaa, ja muuta tietoa niistä. Edustajan mielestä minun ja ohjaajani alkuperäinen suunnitelma kiinnittää anturit DC-700-reaktoriin olisi huono, koska reaktori oli puntareiden varassa. Edustaja ehdotti asentamista PM505-pumppuun, joka oli kiinteästi maahan pultatussa jalustassa. Siihen pystyi asentamaan ainakin kaksi kiihtyvyyssanturia: yksi pumpun laakerin lähelle ja toinen pumpun siipipyörän lähelle. Näillä mitattaisiin pumpun laakerin ja siipipyörän kuntoa. Kolmas kiihtyvyyssanturi voitaisiin asentaa pumpun sähkömoottorin kylkeen. Sähkömoottorissa oli kaksi laakeria, mutta koska sähkömoottori oli melko pieni ja laakerit suhteellisen lähellä toisiaan, yksi kiihtyvyyssanturi riittää puoleenväliin mittaamaan molempien kuntoa. Edustajan mukaan kiihtyvyyssanturit tulisi asentaa mieluiten kohtisuoraan mitattavaan kohteeseen nähden, mikäli mahdollista sekä olisi hyvä tietää laakerien ja siipipyörän ominaisuus-/vikataajuudet.

Kierrosnopeusanturinkin mittauskohdetta mietittiin, mutta emme keksineet muuta mittauskohtaa kuin PM505-pumpun sähkömoottorin akselista ("tuuletinpäästä"). Kierrosnopeusanturin kiinnittäminen tämän lähelle vaikutti hankalalta. Tämä ei kuitenkaan ollut tarpeellista, koska PM505-pumpun nopeustieto saatiin jo sen sähkömoottorin taajuusmuuntajalta. Päätimme lopulta, että ainakin kiihtyvyyssanturit asennettaisiin PM505-pumppuun.

Myöhemmin SPM:ltä saapui vierailija-asiantuntija, joka kertoi Intellinova-järjestelmästä ja kiihtyvyyssanturimittaustekniikoista/-menetelmistä. Asiantuntija käsitteli syvällisesti myös erityyppisten laakerien ominaisuuksia. Katselimme vielä uudelleen antureiden paikkoja. SPM:n asiantuntijan mukaan kiihtyvyyssanturit voitaisiin sittenkin asentaa DC-700-reaktoriin, koska se ei ole pelkästään puntareiden varassa. Tämä siis tarkoitti, että kaksi kiihtyvyyssanturia tulisi kiinteisiin reaktorin tukirungon kohtiin mittaamaan sekoitinakselin laakereita (ks. kuvasta 18 punaiset nuolet). Toiset kaksi tulisivat mittaamaan reaktorin sekoittimen sähkömoottorin laakereita (ks. kuvasta 18 siniset nuolet).

Lisäksi kierrosnopeusanturi mittaisi sekoitinakselin kierrosnopeutta jostain kohdasta sekoitinakselia. Mahdollisesti näin selviäisi, luistaako kiilahihna esimerkiksi sekoittaessa "jähmeämpää" nestettä reaktorissa. Näin kierrosnopeusanturin laskema kierros määrä näyttäisi vähemmän kuin laskennallinen kierrosnopeusarvo. Oletettavasti laskennallinen kierrosnopeusarvo oli saatu muodostumaan sekoitinakselin sähkömoottorin taajuusmuuntaja-arvon ja hihnapyörien välityksen perusteella, joka luistamistilanteessa todennäköisesti näyttäisi edelleen samaa kierrosnopeusarvoa. Kuvassa 18 on DC-700-reaktorin hihnapyöräkotelon paikoillaan (ylhäällä kuvassa). Hihnapyörästä on kuvat ilman hihnapyöräkoteloa sivuilla 44



(KUVA 38) ja 50 (KUVA 45), missä kierrosnopeusanturi on asennettuna. Lisätietoa kierrosnopeusanturin asennuksesta ja testaamisesta löytyy alkaen luvusta 3.3.



KUVA 18. DC-700-reaktori (sekoitinsäiliö)

Tutkittuani mahdollisuuksia asentaa anturit DC-700-reaktoriin tulin siihen tulokseen, että kiihtyvyyssantureita ei pystynyt asentamaan reaktorin tukirunkoon, koska ainoat kohdat, johon ne olisi voinut sijoittaa, olisivat tulleet reaktorin luukun tielle. Reaktorin sekoittimen sähkömoottorissa olisi ollut muutamia hyviä kohtia, mutta niihin ei olisi mahtunut porakoneella tekemään kiihtyvyyssantureille paikkoja sähkömoottorin ollessa paikoillaan. Sähkömoottorin irrottaminen olisi ollut todella monimutkainen operaatio, kuten myös viereisten putkilinjojen poisto. Kaiken lisäksi olisi joutunut työstämään uudet kaapeliensuojaputket ja siirtämään kaapelit PM505-pumpulta DC-700-reaktorille. Olin jo ehtinyt asentaa ne PM505-pumpulle, jonka parissa työskentely jatkui. Lisätietoa kyseisistä asennuksista löytyy luvusta 3.1.3.

### **3.1.2 Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kytkeminen ABB 800xA -laitteistoon**

Aloin selvittämään, miten Intellinova-kunnonvalvontalaitteen pystyisi yhdistämään ABB 800xA -laitteistoon. Alun perin luulin, että Intellinovan pystyisi kytkemään ABB 800xA -laitteistossa olevan ABB CI867 -moduulin kautta, mutta tämä tuki vain ModbusTCP:tä eikä tarvittavaa ModbusRTU:ta. Käsitin myös, että Intellinovan käyttämä sarjaliikennestandardi (tiedonsiirto) RS485 olisi muunnettava RS232:ksi, jotta tiedonsiirto toimisi Intellinova- ja ABB 800xA -laitteistojen välillä. Löysin internetistä erilaisia sarjaliikennemuuntimia, esimerkiksi Moxa Nport 5100 -sarjaisia, jotka vaikuttivat sopivilta.

Varmistettuani ABB:n tekniseltä tuelta, millainen sarjaliikennemuuntimen olisi tarkalleen oltava, kysyin muita tapoja kytkeä Intellinova-kunnonvalvontalaite ABB 800xA -laitteistoon. Yhdistäminen oli mahdollista kahdella tavalla: joko hankkimalla ABB CI853 ModbusRTU-moduulin tai yhdistämällä ABB AC 800M PM861A -prosessoriyksikkö moduulin TP830-pohjalevyn COM3-porttiin, joka tuki ModbusRTU:ta. Molemmissa tapauksissa tarvitaan RS232-RS485-sarjaliikennemuunninta. ABB:n tukihenkilö suositteli Westermo MDW-45-mallia, josta heillä oli hyviä kokemuksia. MDW-45 vaikutti käyttäjävälisemmältä verrattuna muihin löytämiini malleihin, joissa käyttäjän olisi muutettava asetukset PC-ohjelman kautta. MDW-45:ssä oli vain DIP-kytkimet asetusten muuttamisiin. Varmistettuani MDW-45:n yhteensopivuuden Intellinova-kunnonvalvontalaitteen ja ABB AC 800M PM861A/TP830-pohjalevyn COM3-portin välillä eli sen, että tiedonsiirtoasetukset saa asetettua vastaamaan toisiaan, aloin tehdä tarjouspyyntöjä muutamalle yritykselle MDW-45LV:stä. Valitsin LV-version +12...48 Vdc-käyttöjänniteellä, koska kytkentäkaappi 1:seen (KK1) tuli +24 Vdc-syöttöjännite. Paras tarjous tuli Westermo Data Communications AB Suomen sivuliikkeeltä. Liike lähetti ilmaisen testikappaleen sillä ehdolla, että opinnäytetyöllä ei ole salassapitovelvoitetta ja että he voivat mainostaa, että laitetta käytettiin tällaiseen työhön.

Odotellessani MDW-45LV-sarjaliikennemuuntimen saapumista Centria-ammattikorkeakoululle aloin asentamaan ja kytkemään muuta Intellinova-laitteistoa KK1:seen poraruuveilla lisäämäni DIN-kiskoon, jota kiinnitettäessä suojasin ABB 800xA -laitteiston yläpuolen paperilla mahdollisilta metallihiileiltä. Intellinova-kunnonvalvontalaite meni ongelmitta paikoilleen, mutta sen kiihtyvyyssanturi-barrierista puuttui DIN-kiinnitysraudat. Sain idean muokata DIN-kiskon päätypuristimesta kiinnikkeen barrierille. Reiät oli porattava tismalleen oikeisiin kohtiin, koska osan sisällä oli osittain metallia yhteydessä DIN-kiskoon. Sopivilla pulteilla ja muttereilla kiinnitin päätypuristimen barrierin puhkaistaviin reikiin. Sähköturvallisuuden varmistin yleismittarilla, jolla tein jatkuvuudenmittauksen varmistaakseni, että puldit eivät ole yhteydessä edellä mainitun metallin kautta DIN-kiskoon tai barrierin kytkentäpisteisiin. Pysyitin heti kiinnittämään barrierin tukevasti DIN-kiskolle ja aloittamaan barrierin johdinten kytkemiset, jolloin ei tarvinnut odotella erikseen tilattavia DIN-kiinnitysrautoja. Sarjaliikennemuunninta odotellessani aloitin myös asentamaan kiihtyvyyssantureiden JAMAK-instrumentointikaapeleita (LUKU 3.1.3).

MDW-45LV-sarjaliikennemuuntimen saavuttua säädin DIP-kytkimillä muuntimeen Intellinova-manuaalin mukaiset asetukset ja asensin sen KK1:seen. Valmistin omatekoisen RS232C (DTE) RJ45M – RS232 (DCE) DE-9M -kaapelin, jonka avulla MDW-45LV-muuntimen saisi yhdistettyä ABB AC 800M PM861A -prosessoriyksikkö moduulin TP830-pohjalevyn RJ45F-liitäntäiseen COM3-porttiin sekä MDW-45LV-muuntimen DE-9F-liitäntään. Selvitin ABB 800xA- ja MDW-45LV-manuaaleista, millainen kaapelijohdinkytken tulisi olla. Ainakin TD (lähtevä data)-, RD (vastaanottava data)- ja SG (maadoitus) -signaalit olivat pakollisia. Kaapeliksi valitsin urosliitäntäisen RJ45M (T568B) -internetverkkokaapelin, jonka toisen pään katkaisin ja josta kuorein tarvittavat johtimet (TD, RD, GND) esille. Nämä juotin ”tee-se-itse”-kasattavan DE-9M-uroslittimen sisäisiin liitäntänaostoihin. Lisäksi selvitin MDW-45LV- ja Intellinova-manuaaleista, millainen näiden välinen RS485-johdinkytke tulisi olla. Kytkentöjä jouduin myöhemmin muuttamaan pariin kertaan, kun ModbusRTU-rekisteriarvojen tiedonsiirto ei toiminutkaan Intellinova- ja ABB 800xA -laitteistojen välillä. Lopullinen toimiva kytkentäkaavio esitellään sivulla 32 (KUVA 28).

Intellinova-kunnonvalvontalaitteen, kiihtyvyyssanturi-barrierin ja MDW-45LV-sarjaliikennemuuntimen yhdistämisessä KK1:sen +24 Vdc-syöttöön oli lisättävä mustia sulakeriviliittämiä (+24 Vdc) ja sinisiä riviliittämiä (0 V). Niiden lisäämisen ja johdinkytkeiden ajaksi otin KK1:sen sähköt pois pääsähkökaapin (MK) sulakkeen F102 avaamisella. Varmistin etukäteen sopivan ajankohdan tälle toimenpiteelle, jotta se ei haitannut muita prosessilaboratoriossa työskenteleviä.

### 3.1.3 Intellinova-kaapeleiden ja kiihtyvyyssantureiden asennukset PM505-pumpulle

Kiihtyvyyssantureiden kytkemistä varten hankittiin JAMAK-instrumentointikaapelia. Mitoitin kaapelit noin 12 m +1,5 m yläkanttiin per kiihtyvyyssanturi (KK1:ltä PM505-pumpulle). KK1:seen oli porattava lisää läpivientireikiä kaapeleita varten. Kaapeleille oli mitoitettava, taivutettava ja kiinnitettävä kaapelisuojausputkia teräspalkkiin C-kiskojen sekä kiristimien avulla. JAMAK-instrumentointikaapelit vedin katon rajassa olevan kaapelikourun ja kiinnittämieni kaapelisuojausputkien kautta alakertaan PM505-pumpulle (KK1 sijaitsi yläkerran kävelytasolla, kuvasta 19 katsoen vasemman alanurkan yllä).

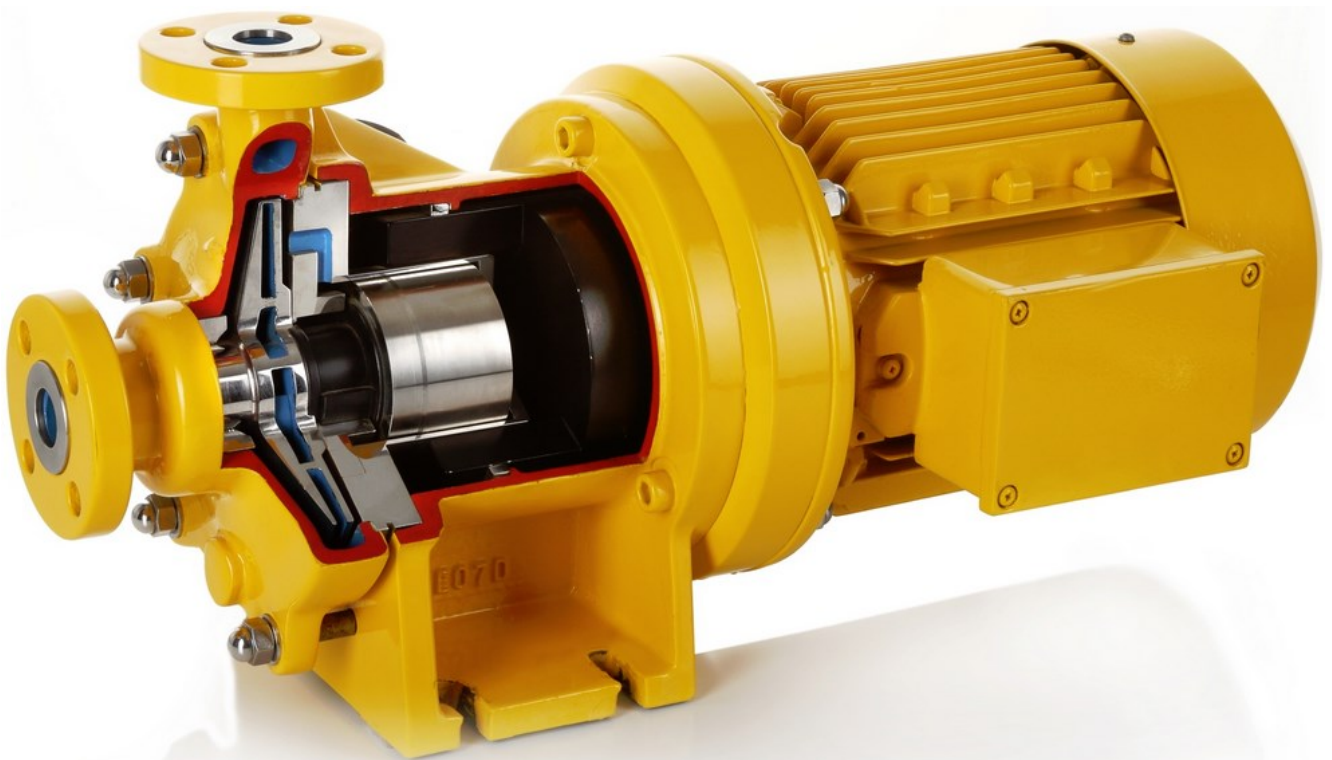


KUVA 19. JAMAK-kaapelointia kaapelisuojausputkien kautta PM505-pumpulle (turkoosi/keltainen)

Kiihtyvyyssantureiden asentamiseen PM505-pumpun runkoon tarvittiin asennusohjeen mukaan erikoisporaterä-asennussarja. Päätimme ohjaajani kanssa, että kiihtyvyyssanturipaikat voidaan tehdä tavallisilla työvälineillä: metallipiikillä (aloituskohdan merkintä), poranterällä (syvennys), senkkausterällä (45 asteen viiste syvennyksen alkuun, mikä tukevoi kiihtyvyyssanturia) ja kierretapilla (kierteet syvennykseen).

Ennen kiihtyvyyssantureiden paikkojen tekemistä varmistin oikeat asennuskohdat PM505-pumpun teknisestä piirustuksesta, jotta sijoitettavat kohdat olisivat tarpeeksi paksuja. Yksi takuuvarma kiinnityskohta oli pumpun ja sen sähkömoottorin välinen laippaliitoskohta (pumpun puoleinen), jonka lähellä oli pumpun (akselin) laakeri. Tämän kohdan syvyydeksi päättelin noin 3 cm, vaikkei teknisestä piirustuksesta löytynyt mittoja. Mittasin laippaliitoksen leveydeksi noin 2 cm. Tämä auttoi laippaliitoskohdan syvyyden arvioinnissa. Muita paikkoja ei vielä tehty.

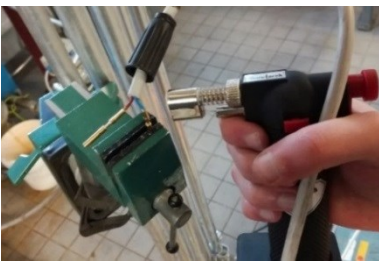
Työn loppuvaiheessa asennettiin vielä toinen kiihtyvyyssanturi PM505-pumpun siipipyörän lähelle. Pumpun teknisestä piirustuksesta päätellen pumpun kyljessä olevassa ”kyhmyssä” oli noin 3 cm paksuutta, mikä riitti reilusti kiihtyvyyssanturin paikalle. Internetistä löytämästäni läpileikkauskuvasta (KUVA 20) päätellen useassa kohdassa paksuus oli vain noin 1 cm. Kuvan pumpumalli on lähes vastaava kuin asennuskohteeni malli HMD Kontro GTI 25-25-160 CA1.



KUVA 20. Läpileikkauskuva lähes vastaavasta PM505-pumpun mallista (Avtump)

JAMAK-instrumentointikaapelin kytkeminen ensimmäisen kiihtyvyyssanturikaapelipistokkeeseen oli hankalaa, koska hankkimamme kaapeli oli muutaman millimetrin liian paksua mallia. Asia ratkaistiin poraamalla kaapelipistokkeiden aukot isommiksi. JAMAK-instrumentointikaapelista oli kuorittava hie- man ulkokuorta ja johtimia esille, jotka oli kiinnitettävä kaapelipistokkeen "kultaisiin" liitinpäihin. Liit-

tämisen pystyi ohjeiden mukaan tekemään kahdella tavalla: joko tietynlaisella puristimella tai juottamalla. Valitsin jälkimmäisen, koska se mahdollistaisi liitinpäiden uudelleen käytön jatkossakin, jos kaapelia vaihdetaan. Tavallinen juotoskolvi ei ollut tarpeeksi tehokas kuumentamaan liitinpäitä. Ratkaisuksi tähän ongelmaan päätin kokeilla leikata kolme noin 6 mm:n tinalangan palaa, jotka laitoin liitinpään sisälle, joka oli pienoisoruvipenkissä kiinni. Kuumensin nopeasti kaasupolttimen liekin kärjellä liitintä, jolloin sisällä olevat tinalangan palat sulivat nopeasti ja samalla työnsin johtimen ylhäältä päin liittimeen. Tinan jäähtyttyä tuli täydellinen liitos (KUVA 21). Sain luvan kaasupolttimen käyttöön prosessilaboratorion Ex-/ATEX-tilassa. Työn loppuvaiheessa nimesin kaapelit: ”VIB1” (Ch1) ja ”VIB2” (Ch2) VIB = vibration, viittaa KK1:sen SPM VIB Transducer Ex Interface 17640 -kiihtyvyyssanturi-barrieria.



KUVA 21. JAMAK-kaapelijohtimien kytkemistä kiihtyvyyssanturikaapelipistokkeen liittimiin



KUVA 22. PM505-pumppu antureineen, Ch1-laakerimittaus päällä, Ch2-siipipyörämittaus sivulla

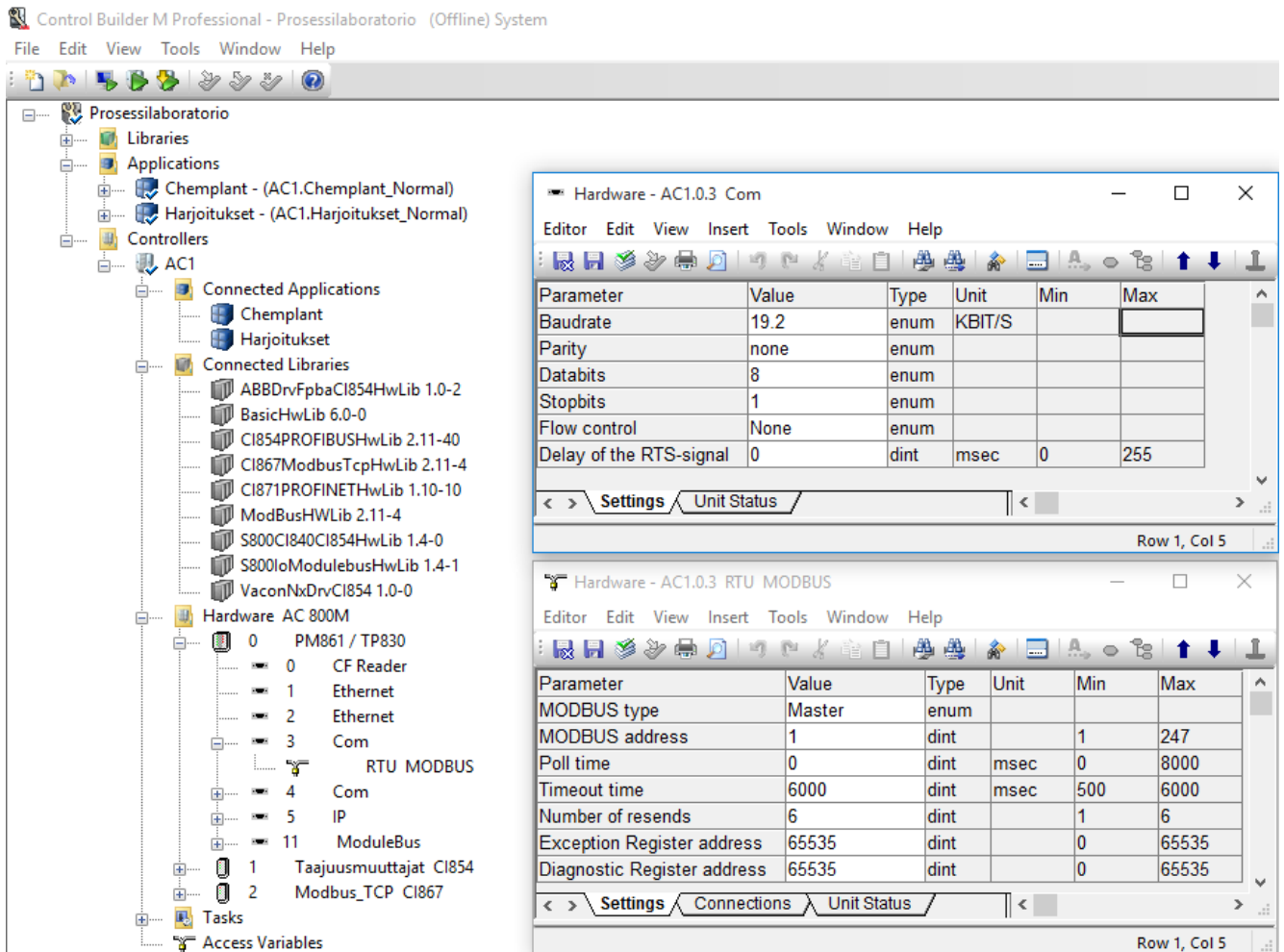
Lisätietoa Chemplant II -koetehtaan (prosessilaboratorion) laiteasennuksien sijoituksista löytyy LIITE 1:stä ja kytkennöistä LIITE 2:sta.

### **3.2 Intellinova- ja ABB 800xA -järjestelmien konfigurointi ja ohjelmointi**

Luku sisältää laitteiden välisten yhteyksien muodostamista, asetusten konfigurointia, ohjelmointia, ModbusRTU-rekisteriarvojen (kiihtyvyyssantureiden mittaustuloksien) luenta Intellinova-kunnonvalvontalaitteelta ja niiden tuomista Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonäkymään luettavassa muodossa.

#### **3.2.1 Yhteyden muodostus Intellinova- ja ABB 800xA -järjestelmien välille**

ModbusRTU-yhteys Intellinova-kunnonvalvontalaitteen ja ABB 800xA -laitteiston välille oli muodostettava ABB Control Builder M (CBM) -ohjelman kautta, jonka kautta myös tapahtuisi Intellinova-kunnonvalvontalaitteen mittaustuloksien lukeminen ja asetusten muuttaminen etänä ModbusRTU-rekisteriarvoina sarjaliikennetiedonsiirtona. Kaikki lisäykseni CBM:ssä oli tehtävä olemassa olevaan ”Prosessilaboratorio”-projektitiedoston eri alaosioiden. Niissä oli entuudestaan ”ohjelmallisesti kytkettynä” prosessilaboratorion laitteistoa, joka oli yhteydessä ABB 800xA -laitteistoon. CBM:n laitteistopuolen asetuksiin lisäsin ModBusHWLib-kirjaston. Tämä mahdollisti sen, että ABB AC 800M PM861A/TP830 COM3-liitäntäosion alle voitiin lisätä ModbusRTU-yhteyden muodostamiseen tarvittava säätövalikko, jonka nimesin RTU MODBUS:ksi (KUVA 23).



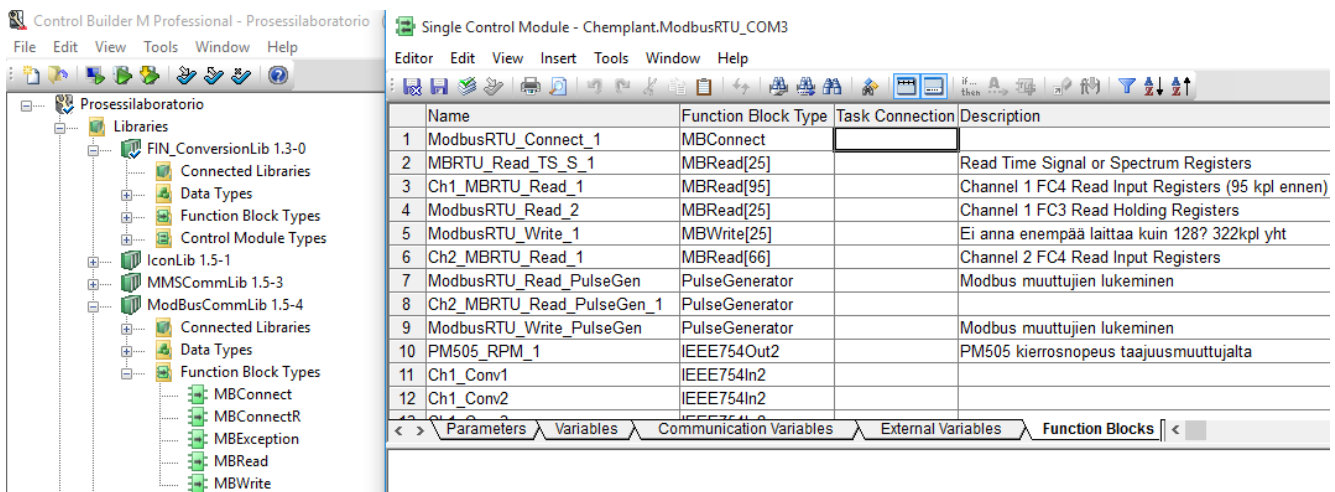
KUVA 23. ABB AC 800M PM861A/TP830 COM3-portin ModbusRTU-tiedonsiirtoasetukset (CBM)

Com (COM3) -asetukset laitoin Intellinova-manuaalin mukaisesti. RTU MODBUS -asetuksissa laitoin tyypiksi = Master ja osoiteeksi = 1. ABB 800xA -automaatiojärjestelmän laitteisto toimii siis ”master”-isäntälaitteena ja Intellinova-kunnonvalvontalaitte ”slave”-orjalaitteena. Intellinovalle määrittelin osoiteeksi 2 (Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kytkinten asetus 002).

Aloin luoda ohjelmakoodia CBM:ssä. Loin työlleni oman ”Single Control Module” (SCM) -osion ModbusRTU\_COM3 nimellä ”Prosessilaboratorio”-projektitiedoston alaosiioon ”Applications, Chemplant (AC1.Chemplant\_Normal)”. Luomaani SCM-osioon tulisi Intellinova-kunnonvalvontalaitteen tarvittavat ohjelmakoodit, jotta siihen kytkemiäni kiihtyvyyssantureiden mittaustulokset siirtyisivät ModbusRTU-rekisteriarvoina sarjaliikennetiedonsiirtona CBM:ään. Pääsin alkuun katsomalla mallia eräästä ”Prosessilaboration”-projektin ModbusTCP-ohjelmakoodista, koska ModbusRTU-ohjelmointi on melkein samanlaista. Hyödynsin ”Prosessilaboratorio”-projektin ”Libraries”-alaosiioon valmiiksi liitettyjä kirjastoja ModBusCommLib ja FIN\_ConversionLib. Näistä löytyi työhöni sopivia funktioblokkeja



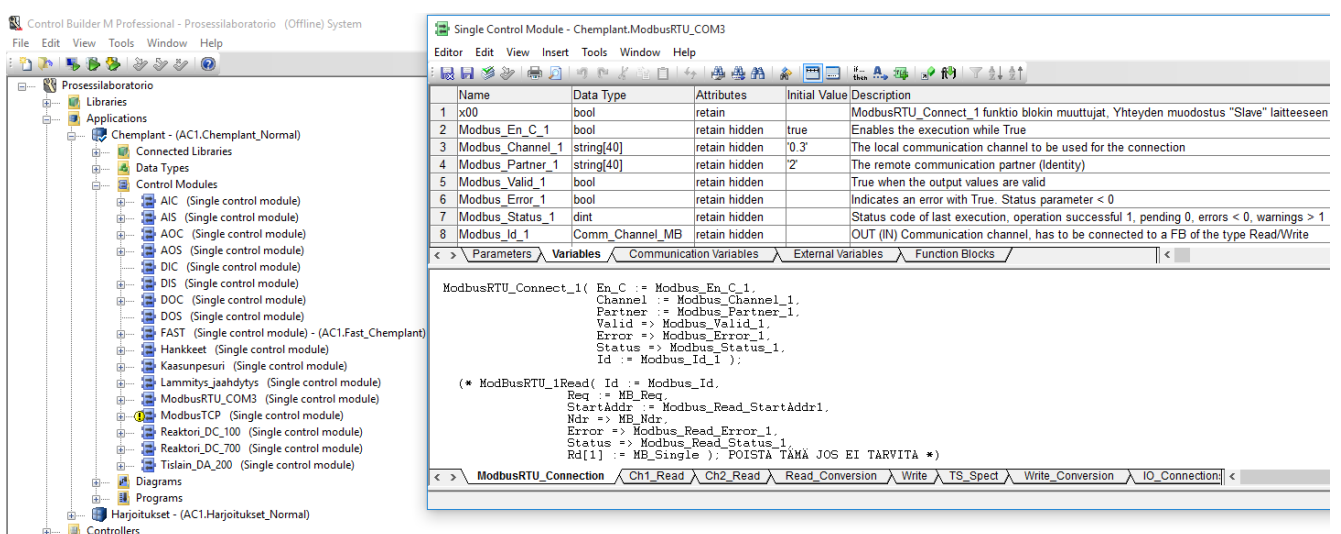
(KUVA 24) eli ikään kuin valmiita ohjelmakoodikokonaisuuksia, joihin vain lisäsin sopivat muuttujat. Ohjelmointikielenä käytin ”Structured textiä”.



KUVA 24. ModbusRTU-, pulssigeneraattori- ja datatyypinmuunnosfunktioblokit CBM:ssä

Intellinova- ja ABB-laitteistojen väliseen yhteyden muodostamiseen CBM:ssä käytin MBConnect-funktioblokkia (KUVA 25). Tärkeimpinä sen asetuksista olivat:

- EN\_C = true, eli yhteyden muodostaminen sallittu. Välillä kyseistä arvoa joutui käyttämään falsena, jos tein ModbusRTU\_COM3-SCM:ssa muutoksia ohjelmakodeihin tai muuttujiin. Tätä tapahtui erityisesti silloin, jos rekisteriarvojen lukemisen aloituskohtaa muutti (StartAddr).
- Channel = 0,3 Kyseinen luku tulee edellisen sivun kuvan 23 Hardware AC 800M - 0 PM861/TP830 - 3 COM:n mukaan (-0, -3).
- Partner = 2 INSMB4V slave-osoite (Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kytkinten asetus 002).



KUVA 25. ModbusRTU-yhteyden muodostusmuuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä

Kuvassa 26 on CBM online-tilassa, jossa näkyvät senhetkiset MBConnect-funktioblokin muuttujien ja ohjelmakoodien tilat.

Name	Current Value	Data Type	Attributes	Initial Value	I/O A	I/O D	Acc	Description
x00	false	bool	retain					ModbusRTU_Connect_1 funktio blokin muuttujat, Yhteyden muodostus "Slave" laitteeseen (SPM INTELLINOVA INSMB4V)
Modbus_En_C_1	true	bool	retain hidden	true				Enables the execution while True
Modbus_Channel_1	0.3	string[40]	retain hidden	0.3				The local communication channel to be used for the connection
Modbus_Partner_1	2	string[40]	retain hidden	2				The remote communication partner (identity)
Modbus_Valid_1	true	bool	retain hidden					True when the output values are valid
Modbus_Error_1	false	bool	retain hidden					Indicates an error with True. Status parameter < 0
Modbus_Status_1	1	dint	retain hidden					Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
Modbus_Id_1		Comm_Channel_MB	retain hidden					OUT (IN) Communication channel, has to be connected to a FB of the type Read/Write

```

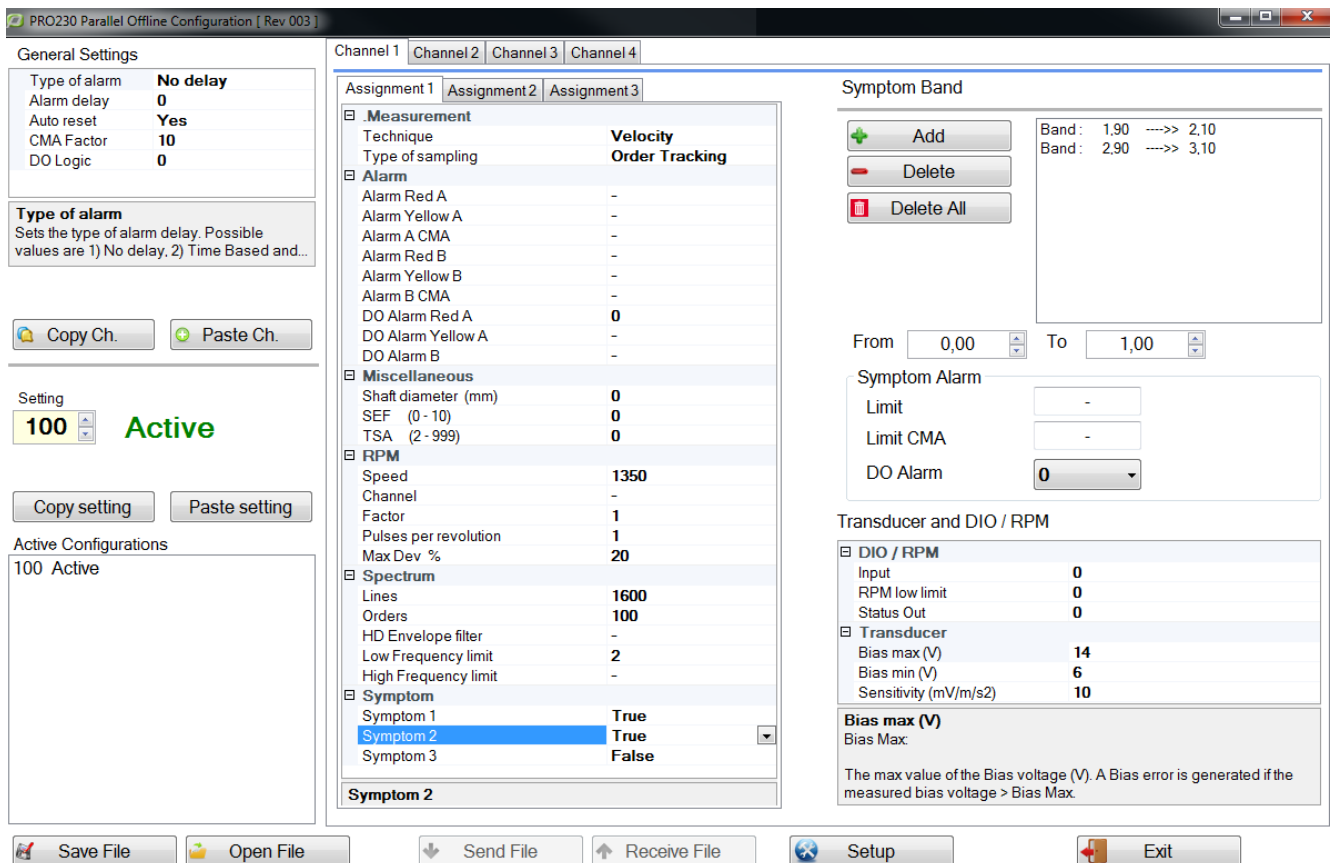
Yhteyden muodostus
ModbusRTU_Connect_1 ( En_C : = Modbus_En_C_1 .
Channel : = Modbus_Channel_1 [ 0.3 ] .
Partner : = Modbus_Partner_1 [ 2 ] .
Valid = > Modbus_Valid_1 .
Error = > Modbus_Error_1 .
Status = > Modbus_Status_1 [ 1 ] .
Id : = Modbus_Id_1 ;

```

KUVA 26. ModbusRTU-yhteyden muodostusmuuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä (online-tila)

### 3.2.2 Ch1-Mittausten toimintaan laittaminen, PM505-pumpun laakeri

Latasin kannettavalla tietokoneella Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanava 1:lle (Ch1) Intellinova-manuaalin mukaiset pumpun laakerin mittaussuositusasetukset PRO230-ohjelmalla (KUVA 27). Intellinova- ja ABB-laitteistojen välinen yhteys vaikutti toimivan osittain, mutta rekisteriarvoja ei tullut CBM:lle. Selvitin uudelleen omatekoista RS232C (DTE) RJ45M – RS232 (DCE) DE-9M -kaapelijohdinkytkentää. ABB 800xA -manuaaleissa mainittiin ABB TK212A TOOL CABLE -kaapeli, josta oli sisäisen johdinkytkentäkaavion (taulukko) kuva. Muokkasin kaapelijohdinkytkennän vastaavanlaiseksi, mutta se ei toiminut vielääkään. KytKentä aidolla TK212A-kaapelillakaan ei toiminut, kun löysin siihen tarvittavan DE-9M – DE-9F -liitinadapterin kiinnittäkseni sen MDW-45LV-sarjaliikennemuunttimeen. Huomasin laitettuani kaapelin kiinni ABB AC 800M PM861A/TP830 -pohjalevyn COM3:nteen, että sen RD- ja MDW-45LV:n TD-valot saattoivat vilahda. Vaikutti siltä, että Intellinova-kunnonvalvontalaite yritti lähettää jotakin tietoa ABB 800xA -automaatiojärjestelmään.



## KUVA 27. PRO230-ohjelman asetukset Intellinova-laitteen kiihtyvyyssanturikanava 1:lle (Ch1)

Mittasin laitteiston jännitearvoja eri johdinliitäntäkohdista, ja ne vaikuttivat oikeilta. Otin yhteyttä ABB-tukihenkilöön, joka lisäsi ModbusRTU\_COM3-SCM:lleen etäyhteyden avulla pulssigeneraattorifunktio- ja ohjelmakoodin, mikä periaatteessa pakottaa ABB 800xA -laitteiston lukemaan Intellinova-kunnonvalvontalaitteen rekistereitä tietyin aikaväleihin ja tietyn ajan verran. Pulssigeneraattorista huolimatta Intellinova-kunnonvalvontalaitteelta ei tullut edelleenkään rekisteriarvoja CBM:lle.

Selvitettyäni tarkemmin omatekoisen RS232C (DTE) RJ45M – RS232 (DCE) DE-9M -kaapelijohdinkytettä tulikin siihen tulokseen, että RTS- sekä CTS-signaaleja ja muitakaan signaaleja ei tarvita. Kytettäni yksinkertaistui, mutta ei vielä kukaan toiminut, joten kysyin neuvoa SPM:n tuelta. Tuki neuvoi kokeilemaan RS485-johdinkytännän kääntämistä ristiin viitaten Wikipedian (englanninkielisen) RS-485-artikkelin “Signals” kohdassa mainittuun sarjaliikennestandardin aiheuttamaan epäselvyyteen:

However, due to the ambiguous standard (which refers to the A line as "non-inverting"), there is much confusion about which is which. (RS485 2019)

Käännettyäni MDW-45LV-sarjaliikennemuuntimen ja Intellinova-kunnonvalvontalaitteen väliset johtimet ristiin (KUVA 28) alkoi lopultakin rekisteriarvoja tulemaan Intellinovan Ch1:ltä (PM505-pumpun laakerimittaus) CBM:lle.

#### ABB AC 800M PM861A/TP830 (master)

##### COM3 Port

The COM3 is an RS-232C port with modem signals. This port is used for serial protocols such as Modbus, Siemens 3964R, COMLI or custom-design.

Table 6. TP830 COM3 Connections (RJ45 connector)

Pin	Designation	Direction	Description
1	RTS	Out	Request To Send
2	DTR	Out	Data Terminal Ready
3	TD	Out	Transmit Data
4	0V	-	Signal ground
5	0V	-	Signal ground
6	RD	In	Receive Data
7	DCD	In	Data Carrier Detect
8	CTS	In	Clear To Send
Housing	Shield	-	Shield

#### Westermo MDW-45LV RS-232 (DCE)

9-position	Direction	Description
No. 1	-	
No. 2	Out	Received Data (RD)
No. 3	In	Transmitted Data (TD)
No. 4	-	
No. 5	-	Signal Ground (SG)
No. 6	Out	Data Set Ready (DSR)
No. 7	In	Request To Send (RTS)
No. 8	Out	Clear To Send (CTS)
No. 9	-	

#### Westermo MDW-45LV RS-422/485 interface screw terminal

4-position	Direction*	Description
No. 1	In	R+ (A') line RS-422
No. 2	In	R- (B') line RS-422
No. 3	In/Out	T+ (A) line RS-422/485
No. 4	In/Out	T- (B) line RS-422/485

SPM INTELLINOVA  
parallel mb INSMB4V  
(slave)

RS-485 A  
RS-485 B

KUVA 28. RS232C (DTE) RJ45M – RS232 (DCE) DE-9M -kaapelijohdinkytkentä (ABB 2013, 85; Westercom, 11)

Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanava 1:n (Ch1) -mittausasetuksia pystyi muuttamaan etänä CBM:ssä luomani ModbusRTU\_COM3-SCM:ssa olevan MBWrite-funktioblokin avulla. MBWrite-funktioblokilla asetusten muuttaminen tapahtui omilla ”kirjoitusrekistereillä”. Tämän toimivuus jäi epäselväksi, koska kyseistä ominaisuutta ei tullut juurikaan käytettyä. PRO230-ohjelmalla oli mielestäni helpompaa ladata kerralla kaikki Intellinova-kunnonvalvontalaitteen asetukset kannettavalla tietokoneella. Kuvassa 29 on näkyvissä kiihtyvyyssanturikanava 1:n (Ch1) rekisterien lukemisen ohjelmakoodia ja muuttujia luomassani ModbusRTU\_COM3-SCM:ssa. Rekisterien luentaan käytin MBRead-funktioblokkia. Intellinovan Ch1:ltä oli luettava 95 kappaletta rekistereitä.

Single Control Module - Chemplant.ModbusRTU\_COM3

Editor Edit View Insert Tools Window Help

Name	Data Type	Attributes	Initial Value	Description
19 Ch1_MBRead_Error_1	bool	retain hidden		Indicates an error with True. Status parameter < 0
20 Ch1_MBRead_Status_1	dint	retain hidden		Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
21 Ch1_MBRead_StartAddr_1	string[40]	retain hidden	%IW31006	EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
22 Ch1_MBRead_Req_1	bool	retain hidden		Requests one operation on positive edge, True
23 Ch1_MBRead_Ndr_1	bool	retain hidden		True when New Data has been Received on each FB call after successful operation
24 Ch1_MBRead_Ndr_1_ready	bool	retain hidden	false	
25 x2	bool	retain hidden		ModbusRTU_Read_2 funktio blokin muuttujat, Kanava 1:n kirjoitus rekisterien lukeminen, EI KÄYTTÖSSÄ!
26 Modbus_Read_Error_2	bool	retain hidden		Indicates an error with True. Status parameter < 0
27 Modbus_Read_Status_2	dint	retain hidden		Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
28 Modbus_Read_StartAddr_2	string[40]	retain hidden	%MW40000	EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
29 MB_Req_2	bool	retain hidden		Requests one operation on positive edge, True
30 MB_Ndr_2	bool	retain hidden		True when New Data has been Received on each FB call after successful operation
31 x3	bool	retain hidden		ModbusRTU_Write_1 funktio blokin muuttujat, Kanava 1:n kirjoitus rekisterien kirjoitus, EI KÄYTTÖSSÄ!
32 Modbus_Write_Error_1	bool	retain hidden		Indicates an error with True. Status parameter < 0
33 Modbus_Write_Status_1	dint	retain hidden		Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
34 Modbus_Write_StartAddr_1	string[40]	retain hidden	%MW40000	EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
35 Modbus_Write_Done_1	bool	retain hidden		True when requested operation is done successfully
36 Modbus_Write_Req	bool	retain hidden		Requests one operation on positive edge, True
37 X33	bool	retain		Ch2_MBRTU_Read_1 funktio blokin muuttujat, Kanava 2:n rekisterien lukeminen
38 Ch2_MBRead_Error_1	bool	retain hidden		Indicates an error with True. Status parameter < 0
39 Ch2_MBRead_Status_1	dint	retain hidden		Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
40 Ch2_MBRead_StartAddr_1	string[40]	retain hidden	%IW31102	EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
41 Ch2_MBRead_Req_1	bool	retain hidden		Requests one operation on positive edge, True
42 Ch2_MBRead_Ndr_1	bool	retain hidden		True when New Data has been Received on each FB call after successful operation
43 x4	bool	retain hidden		Ch1_MBRTU_Read_1, Kanava 1:n rekisterien arvot
44 Ch1_MBRead_1_Value_31007	dint	retain hidden		Number of measurements made since start
45 Ch1_MBRead_1_Value_31008	dint	retain hidden		Not Used

< > Parameters Variables Communication Variables External Variables Function Blocks

(\* Lukeminen Ch1 \*)

(\*If StartAddr value is changed, put Modbus\_En\_C\_1 = false, then true, myös jokasen pienen muutokset takia, jos ei vieläkään lue, käy käyttämässä INSMB4V moduulin tilaa esim. 001 ja hetken päästä takaisin 002 (ModbusRTU slave address)\*)

```

ModbusRTU_Read_PulseGen( Enable := Modbus_Valid_1,
                        PeriodTime := Time4s,
                        PulseTime := Time2s );

Ch1_MBRTU_Read_1( Id := Modbus_Id_1,
                  Req := ModbusRTU_Read_PulseGen.Out,
                  StartAddr := Ch1_MBRead_StartAddr_1,
                  Ndr => Ch1_MBRead_Ndr_1,
                  Error => Ch1_MBRead_Error_1,
                  Status => Ch1_MBRead_Status_1,
                  Rd[1] := Ch1_MBRead_1_Value_31007,
                  Rd[2] := Ch1_MBRead_1_Value_31008,
                  Rd[3] := Ch1_MBRead_1_Value_31009,
                  Rd[4] := Ch1_MBRead_1_Value_31010,
                  Rd[5] := Ch1_MBRead_1_Value_31011,
                  Rd[6] := Ch1_MBRead_1_Value_31012,
                  Rd[7] := Ch1_MBRead_1_Value_31013
                );

```

< > ModbusRTU\_Connection Ch1\_Read Ch2\_Read Read\_Conversion Write TS\_Spect Write\_Conversion IO\_Connections

KUVA 29. Ch1-rekisterien lukemisen muuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä

MBRead-funktioblokin tärkeimmät muuttujat olivat:

- Error Näyttää true-arvoa, jos luennassa on vikaa.
- Status Näyttää funktioblokin viimeisimmän suorituksen tuloksen:  
Onnistunut 1, Odottaa 0, Virhe < 0, Varoitus > 1.
- StartAddr Mistä kohdasta alkaa rekisterien lukeminen, ja kohdan on oltava ensimmäistä luettavaa rekisteriä edeltävän rekisterin osoite.
- Req Käy truenä onnistuneen suorituksen jälkeen.
- Ndr Käy truenä, kun rekisterit luettu onnistuneesti.

Näiden lisäksi lisäksi myöhemmin vielä muuttujan Ch1\_MBRead\_Ndr\_1\_ready (LUKU 3.2.6).

Kuvassa 30 CBM on online-tilassa, jossa näkyvät senhetkisten Ch1-muuttujien/-rekisteriarvojen tilat.

Name	Current Value	Data Type	Attributes	Initial Value	I/O A	I/O D	Acc	Description
Ch1_MBRead_Error_1	false	bool	retain hidden					Indicates an error with True. Status parameter < 0
Ch1_MBRead_Status_1	1	dint	retain hidden					Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
Ch1_MBRead_StartAddr_1	%IW1006	string[40]	retain hidden	%IW31006				EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
Ch1_MBRead_Req_1	false	bool	retain hidden					Requests one operation on positive edge, True
Ch1_MBRead_Ndr_1	true	bool	retain hidden					True when New Data has been Received on each FB call after successful operation
Ch1_MBRead_Ndr_1_ready	true	bool	retain hidden	false				
x2	false	bool	retain hidden					
Modbus_Read_Error_2	false	bool	retain hidden					ModbusRTU_Read_2 funktio blokin muuttajat, Kanava 1:n kirjoitus rekisterien lukeminen, EI KÄYTTÖSSÄ!
Modbus_Read_Status_2	1	dint	retain hidden					Indicates an error with True. Status parameter < 0
Modbus_Read_StartAddr_2	%MW0	string[40]	retain hidden	%MW4000				Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
MB_Req_2	false	bool	retain hidden					EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
MB_Ndr_2	false	bool	retain hidden					Requests one operation on positive edge, True
x3	false	bool	retain hidden					True when New Data has been Received on each FB call after successful operation
Modbus_Write_Error_1	false	bool	retain hidden					ModbusRTU_Write_1 funktio blokin muuttajat, Kanava 1:n kirjoitus rekisterien kirjoitus, EI KÄYTTÖSSÄ!
Modbus_Write_Status_1	1	dint	retain hidden					Indicates an error with True. Status parameter < 0
Modbus_Write_StartAddr_1	%QW0	string[40]	retain hidden	%MW4000				Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
Modbus_Write_Done_1	false	bool	retain hidden					EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
Modbus_Write_Req_1	false	bool	retain hidden					True when requested operation is done successfully
X33	false	bool	retain hidden					Requests one operation on positive edge, True
Ch2_MBRead_Error_1	false	bool	retain hidden					Ch2_MBRTU_Read_1 funktio blokin muuttajat, Kanava 2:n rekisterien lukeminen
Ch2_MBRead_Status_1	0	dint	retain hidden					Indicates an error with True. Status parameter < 0
Ch2_MBRead_StartAddr_1	%IW1102	string[40]	retain hidden	%IW31102				Status code of last execution, operation successful 1, pending 0, errors < 0, warnings > 1
Ch2_MBRead_Req_1	false	bool	retain hidden					EDIT, the name of the "StartAddress" in remote system
Ch2_MBRead_Ndr_1	false	bool	retain hidden					Requests one operation on positive edge, True
x4	false	bool	retain hidden					True when New Data has been Received on each FB call after successful operation
Ch1_MBRead_1_Value_31007	5243	dint	retain hidden					Ch1_MBRTU_Read_1, Kanava 1:n rekisterien arvot
Ch1_MBRead_1_Value_31008	0	dint	retain hidden					Number of measurements made since start
								Not Used

```

Lukeminen Ch1
If StartAddr value is changed, put Modbus_En_C_1 = false, then true, myös jokaisen pienen muutokset takia,
jos ei vielä lue, käy käyttämässä INSMB4V moduulin tilaa esim. 001 ja hetken päästä takaisin 002 (ModbusRTU slave address)
ModbusRTU_Read_PulseGen ( Enable : =Modbus_Valid_1,
PeriodTime : =Time4s 0d0h0m4s0ms,
PulseTime : =Time2s 0d0h0m2s0ms );
Ch1_MBRTU_Read_1 ( Id : =Modbus_Id_1,
Req : =ModbusRTU_Read_PulseGen_Out,
StartAddr : =Ch1_MBRead_StartAddr_1 %IW1006,
Ndr : =Ch1_MBRead_Ndr_1,
Error : =Ch1_MBRead_Error_1,
Status : =Ch1_MBRead_Status_1 1,
Rd [ 1 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31007 5243,
Rd [ 2 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31008 0,
Rd [ 3 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31009 9,
Rd [ 4 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31010 0,
Rd [ 5 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31011 47186,
Rd [ 6 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31012 16734,
Rd [ 7 ] : = Ch1_MBRead_1_Value_31013 1601

```

KUVA 30. Ch1-rekisterien lukemisen muuttajat ja ohjelmakoodit CBM:ssä (online-tila)

Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanava 1:n (Ch1) rekisteriarvot olivat vielä niin sanotusti ”raakamuodossa” Dint-datatyyppejä. Rekisteriarvot eivät vielä kertoneet mitään muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, esimerkiksi rekisteriosoite 31007 näyttää suoraan, montako mittausta kyseinen kiihtyvyyssanturikanava (tässä tapauksessa Ch1) on tehnyt mittauksien aloittamisesta tai Intellinova-kunnonvalvontalaitteen uudelleen käynnistämisestä lähtien. Tärkeimmät rekisterit eli mittaukset, jotka oli esitettävä Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonäkymässä ja oli muutettava CBM:ssä Dint-datatyypistä luettavampaan Real-datatyypin muotoon. Suurin osa muunnettavista mittauksista koostui kahdesta rekisteriosoitteesta, esimerkiksi rekisteriosoitteet 31012 ja 31011 muodostavat Ch1-kiihtyvyyssanturin ”Result from last Bias measurement” – käytännössä tämä oli kiihtyvyyssanturin käyttöjännite (IEPE

bias point). Tähän tapaukseen sopiva muunnosfunktioblokki oli IEEE754In2, joka löytyi FIN\_ConversionLib-kirjastosta. Edellä mainitut rekisteriosoitteet syötetään funktioblokille, joka muuntaa niiden rekisteriarvot luettavampaan Real-datatyypin-muotoon.

Kuvassa 31 on muunnoksista esimerkkejä luomassani ModbusRTU\_COM3-SCM:ssa. Kuvanottohetkenä rekisteriosoitteiden 31012 ja 31011 rekisteriarvot muodostivat Ch1-kiihtyvyyssanturin käyttöjännitteen 13.868 Vdc. Toisena esimerkkinä rekisteriosoitteiden 31018 ja 31017 rekisteriarvot muodostivat Ch1-kiihtyvyyssanturille asetetun ensimmäisen mittausarvoituksen tuloksen. Tässä tapauksessa se oli asetettu mittaamaan velocityä eli nopeutta ("värähtelynopeus"), ja tulos oli sinä hetkenä 0,21412 mm/s.

Name	Current Value	Data Type	Attributes	Initial Value	I/O Address	I/O Description	Acc	Description
x88	false	bool	retain					Ch1 Pump Bearing example converted register values
Ch1_ConvReal1	13.868	real	retain hidden					Result from last Bias measurement.
Ch1_ConvReal2	0.21412	real	retain hidden					First result from assignment 1
Ch1_ConvReal3	-99.0	real	retain hidden					Second result from assignment 1

Parameters Variables Communication Variables External Variables Function Blocks

```

Muunnoksissa käytetty FIN_ConversionLibin IEEE754In2-funktiota (Function Blocks)
Ch1
Ch1_Conv1 ( InHigh : = Ch1_MBRead_1_Value_31012 [16733],
            InLow  : = Ch1_MBRead_1_Value_31011 [58196],
            RealValue = >Ch1_ConvReal1 [13.868] );
Ch1_Conv2 ( InHigh : = Ch1_MBRead_1_Value_31018 [15963],
            InLow  : = Ch1_MBRead_1_Value_31017 [16832],
            RealValue = >Ch1_ConvReal2 [0.21412] );
Ch1_Conv3 ( InHigh : = Ch1_MBRead_1_Value_31020 [49862],
            InLow  : = Ch1_MBRead_1_Value_31019 [0],
            RealValue = >Ch1_ConvReal3 [-99.0] );

```

ModbusRTU\_Connection Ch1\_Read Ch2\_Read Read\_Conversion Write TS\_Spect Write\_Conversion IO\_Conne

KUVA 31. Ch1-rekisterien Dint to Real -datatyypinmuunnosfunktioblokit CBM:ssä (online-tila)

Aloin suunnitella faceplatea ABB Plant Explorer Workplace -ohjelman avulla. Jotta saisin mittaustulokset (muunnetut rekisteriarvot) katseltaviksi trendinäkymissä faceplaten kautta, oli mittaustulokset ensiksi linkitettävä CBM:stä AIC Control Moduleiden avulla ABB Plant Explorer Workplaceen, jossa faceplaten luodaan. Faceplaten käyttöönottoa varten oli vielä ABB Graphics Builder -ohjelmalla lisättävä esimerkiksi painonappi Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonaäkymään PM505-pumpun kuvakkeen viereen, josta faceplaten pystyisi avaamaan. PM505-pumpun kuvakkeesta aukesi ennestään pumpun käyttöön liittyvä faceplate, josta se esimerkiksi käynnistetään, sammutetaan ja josta säädetään nopeus (käyttöaste). Tuleva faceplateni keskittyy ainoastaan PM505-pumpun laakerien ja siipipyörän kunnonvalvontaan.

### 3.2.3 Ch1-Mittaustulokset prosessivalvomonäkymään, PM505-pumpun laakeri

Jotta mittaustuloksia (muunnetut rekisteriarvot) pystyisi esittämään trendinäkylässä (automaattisesti päivittyvinä viivadiagrammikuvaajina) faceplaten kautta Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomonäkymässä, oli mittaustulosten linkitystä varten tehtävä työlleni oma globaali muuttujaosio ”Data Types” -alaoisioon ”ModbusRTU\_COM3\_Type”. Sinne oli jokaista linkitettävää mittausarvoa varten tehtävä omat AISData (Analog Input) -datatyyppimuuttujat. Suurin osa mittauksista oli analogitulotyyppisiä. Luomani ModbusRTU\_COM3-SCM:n alle oli lisättävä jokaiselle edellä mainitulle omat AIC Control Modulet. Näiden ”Connections”-asetuksiin oli laitettava mittausta vastaavat parametriasetukset, kuten mikä on esitettävä maksimiarvo, mittayksikkö ja desimaalien määrä. Sen sijaan IO-parametriin tuli laittaa, mikä mittaus on kyseessä. Nämä parametrit näkyisivät myöhemmin esimerkiksi trendinäkylässä mittaustuloksia esiteltäessä. ModbusRTU\_COM3-SCM:ään oli tehtävä ABB CBM- ja ABB Plant Explorer Workplace -ohjelmien välistä linkitystä varten IO-ohjelmakoodit, jotka määrittävät, mikä Real-datatyyppi-muotoon muunnettu mittausarvo on edellä mainitun IO-parametrin arvo (KUVA 32). External Variables -välilehdessä oli oltava IO\_Type-datatyyppimuuttuja, jotta edellä mainittuun globaaliin muuttujaosioon tallennettuja mittausarvoja voi linkittää ABB-ohjelmien välillä.

The screenshot displays the Control Builder M Professional interface. The left pane shows the project tree with 'ModbusRTU\_COM3' selected. The main editor window shows a table of connections for 'PM505\_Ch1FrA1'.

Name	Data Type	Attributes	Initial Value	ISP Value	Description
5 PM505_RPM_1	AISData	retain			PM505 kierosnopeus taajuusmuuttujalta
6 x00	bool	retain			Channel 1
7 PM505_Ch1Bias	AISData	retain			Ch1 Result from last Bias measurement.
8 PM505_Ch1FrA1	AISData	retain			Ch1 First result from Assignment 1
9 PM505_Ch1SfrA1	AISData	retain			Ch1 Second result from Assignment 1
10 PM505_Ch1CMA_FrA1	AISData	retain			Ch1 CMA First result from Assignment 1
11 PM505_Ch1CMA_SfrA1	AISData	retain			Ch1 CMA Second result from Assignment 1
12 PM505_Ch1SBIa1	AISData	retain			Ch1 The symptom value for S BAND 1 and assignment 1

The bottom window shows the IO configuration code for the 'ModbusRTU\_COM3' module:

```

IO ModbusRTU_COM3.PM505_RPM_1.Signal.IOValue := PM505_RPM_1.ConvReal1;
(*----- Ch1 Connections_AIC -----*)
IO ModbusRTU_COM3.PM505_Ch1Bias.Signal.IOValue := Ch1_ConvReal11;
IO ModbusRTU_COM3.PM505_Ch1FrA1.Signal.IOValue := Ch1_ConvReal12;
IO ModbusRTU_COM3.PM505_Ch1SfrA1.Signal.IOValue := Ch1_ConvReal13;
IO ModbusRTU_COM3.PM505_Ch1SBIa1.Signal.IOValue := Ch1_ConvReal10;
  
```

KUVA 32. Ch1-mittaustulosten linkitys prosessivalvomonäkymään CBM:ssä



ABB Plant Explorer Workplace -ohjelmalla (KUVA 33) tein PM505-pumppuun/Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmään liittyvät aspektit ja “PM505 Kunto” -faceplaten, johon lisäksi tekstikentän ja painonapit seuraavanlaisilla toiminnoilla:

Ch1, Ch2, Ch3, Ch4

”Punaset viivat”

Event

Notes

INSMB4V, MDW-45, PM505

Avaa mittauksien trendinäkymät kiihtyvyyssanturikanavittain.

Avaa hälytyslistan.

Avaa tapahtumalistan.

Avaa muistiinpanotekstikentän.

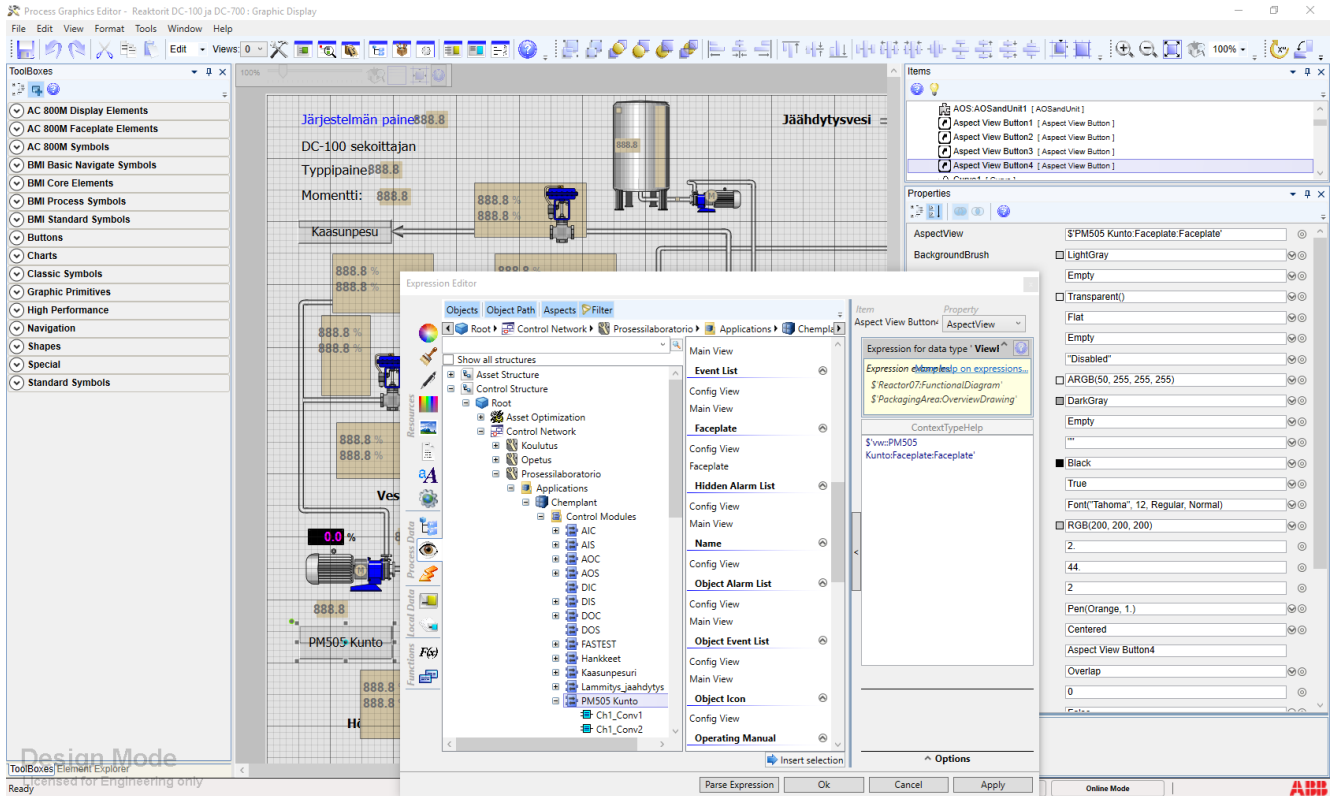
Avaa kyseisten laitteiden manuaaleja pdf-tiedostoina, jotka ovat linkitetty verkkoasemalta.

The screenshot displays the ABB Plant Explorer Workplace interface. On the left, the 'Control Structure' tree shows a hierarchy from 'Root, Domain' down to 'PM505 Kunto, Single Control Module Type'. The main area shows a table of 'Aspects of PM505 Kunto' with columns for 'Modified', 'Modified by', 'Desc...', 'Inherited', and 'Category name'. The 'Faceplate' aspect is selected. On the right, the 'PM505 Kunto Kunnnonvalvonta' dialog is open, showing buttons for 'Ch1', 'Ch2', 'Ch3', 'Ch4', 'Event', and 'Notes'. Below these are fields for 'Control Builder Name (ENU + Neutral)', 'Name' (set to 'ModbusRTU\_COM3'), 'Prefix', and 'Description' (set to 'Channel 1 Pump bearing', 'Channel 2 Pump Volute', 'Ch3 Empty').

Aspects of 'PM505 Kunto'	Modified	Modified by	Desc...	Inherited	Category name
Aes SCM Variable Table	6/16/2017 11:13:...		Used...	False	Aes SCM Variab...
Alarm List	7/12/2007 8:27:2...	Minerals Library...	This ...	True	Alarm and Even...
Application Manual	9/11/2017 9:50:5...		Instr...	False	Application Man...
Ch3 BMI Multi Trend 10 Display	7/11/2017 4:20:3...		This ...	False	BMI Multi Trend...
Ch4 BMI Multi Trend 10 Display	7/11/2017 4:32:4...		This ...	False	BMI Multi Trend...
Control Alarm Event	3/20/2017 2:10:1...		Aspe...	False	Control Alarm E...
Control Builder Name	9/15/2017 2:17:5...		The ...	False	Control Builder ...
Control Properties	3/20/2017 2:10:1...		Cont...	False	Control Properties
Control Structure	9/7/2017 11:11:5...		[Con...	False	Control Structure
Event List	7/12/2007 8:35:0...	Minerals Library...	This ...	True	Alarm and Even...
Faceplate	9/15/2017 3:42:3...			False	Faceplate PG2
Hidden Alarm List	8/4/2014 11:37:5...	Minerals Library...	This ...	True	Alarm and Even...
Name	8/7/2017 2:02:50...		The ...	False	Name
Object Alarm List	11/28/2014 8:12:...	Minerals Library...	This ...	True	Alarm and Even...
Object Event List	11/28/2014 8:13:...	Minerals Library...	This ...	True	Alarm and Even...

KUVA 33. “PM505 Kunto” -faceplaten luominen ABB Plant Explorer Workplacessa

Chemplant II -koetehtaan (prosessilaboratorion) prosessivalvomonäkymään, jossa näkyi PM505-pumppu (KUVA 34), lisäksi viereen ”PM505 Kunto” -painonapin. Asetin painonapista avautumaan edellisellä sivulla mainitsemani faceplaten.

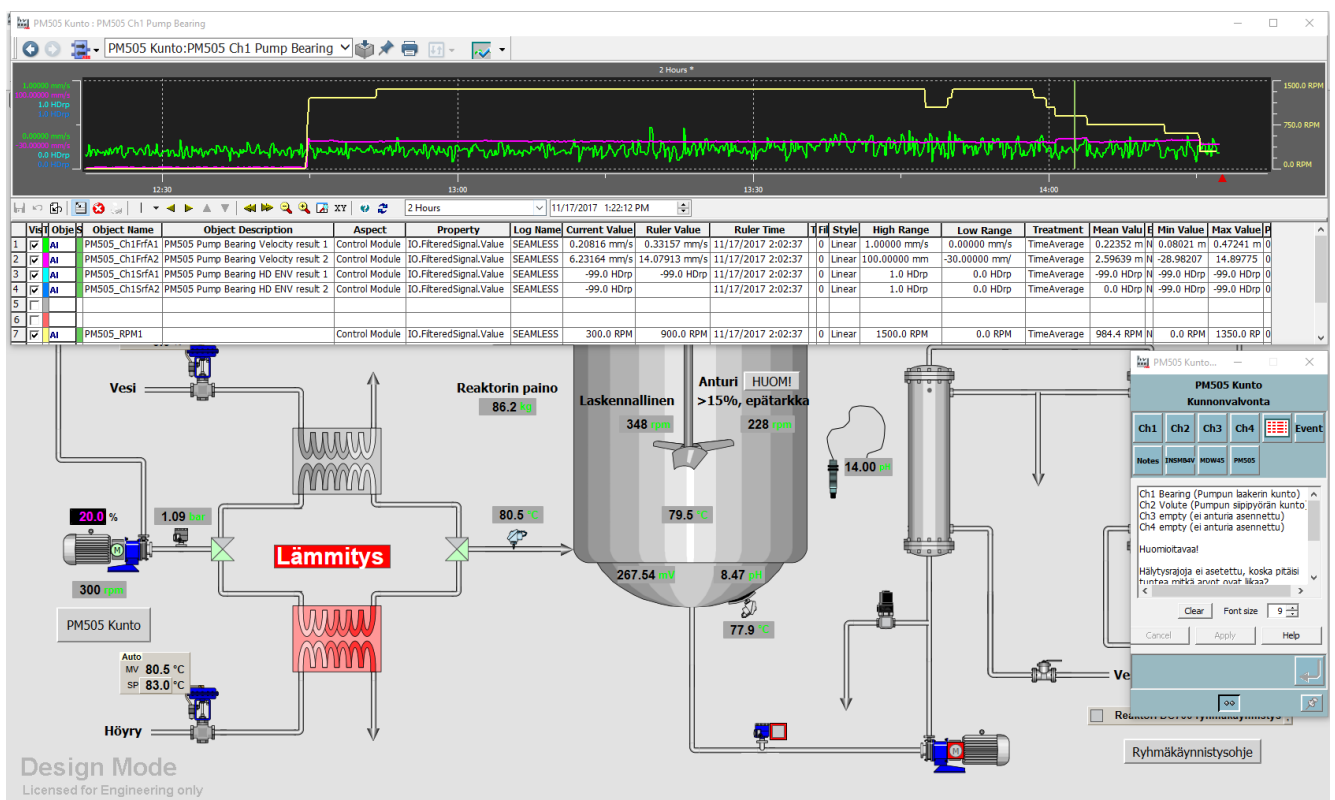


KUVA 34. ”PM505 Kunto” -faceplaten painonapin luominen ABB Process Graphics Editorissa

### 3.2.4 Ch1-Mittaukset, PM505-pumpun laakeri

Chemplant II -koetehtaan (prosessilaboratorion) prosessivalvomonäkymään lisäämästäni ”PM505 Kunto” -painonapista aukeaa luomani ”PM505 Kunnonvalvonta” -faceplate. Kuvassa 35 on Ch1-painikkeesta avattu trendinäkymä, johon lisäksi muutaman tärkeimmän linkittämäni mittauksen ja PM505-pumpun pyörintänopeuden, joka saatiin sen sähkömoottorin taajuusmuuntajalta. Käyttämäni mittauksien lyhenteet tarkoittavat esimerkiksi PM505\_Ch1FrA1 = PM505\_Channel1 First result from Assignment 1 (PM505\_Kanava1 Ensimmäinen tulos Arvo 1). PRO230-ohjelmalla tämä ja Arvo 2 oli asetettu mittaamaan velocityä eli nopeutta (”värähtelynopeus”). Trendinäkymästä päätellen pumpun laakeri oli ilmeisesti kunnossa, koska näiden mittauksien viivadiagrammikuvaajat pysyivät melko vakaina ilman suuria ”piikkejä”, vaikkakin pumpua käytettiin eri nopeuksilla 300–1350 RPM:n välillä (keltainen viiva). Ensimmäisen ”värähtelynopeusmittauksen” (PM505\_Ch1FrA1, vihreä viiva) keskiarvo oli noin

0,22 mm/s. Toisen ”värähtelynopeusmittauksen” (PM505\_Ch1FrA2, violetti viiva) keskiarvo pysyi erityisen vakaana noin 6,23 mm/s ja 14,08 mm/s. ”Värähtelynopeusmittaukset” ovat erittäin herkkiä (etenkin PM505\_Ch1FrA1), sillä vaikka pumppu ei ole päällä, mittaustuloksia tulee silti, koska kiihtyvyyssanturi reagoi prosessilaboratorion muiden laitteiden aiheuttamiin värinöihin lattian kautta. PM505\_Ch1SrA1 ja A2 HD ENV (High Definition Enveloping, hammaspyörä- ja laakerivikojen havaitsemiseen jo varhaisessa vaiheessa) -mittaukset antoivat jostain syystä -99 HDrp -arvoa koko ajan. Voi olla, että pumpun laakerin värähtelytaajuus ei ylittänyt tiettyä rajaa, jonka jälkeen mittaukset alkaisivat reagoimaan, tai PRO230-ohjelman asetuksissa oli jotain pielessä.



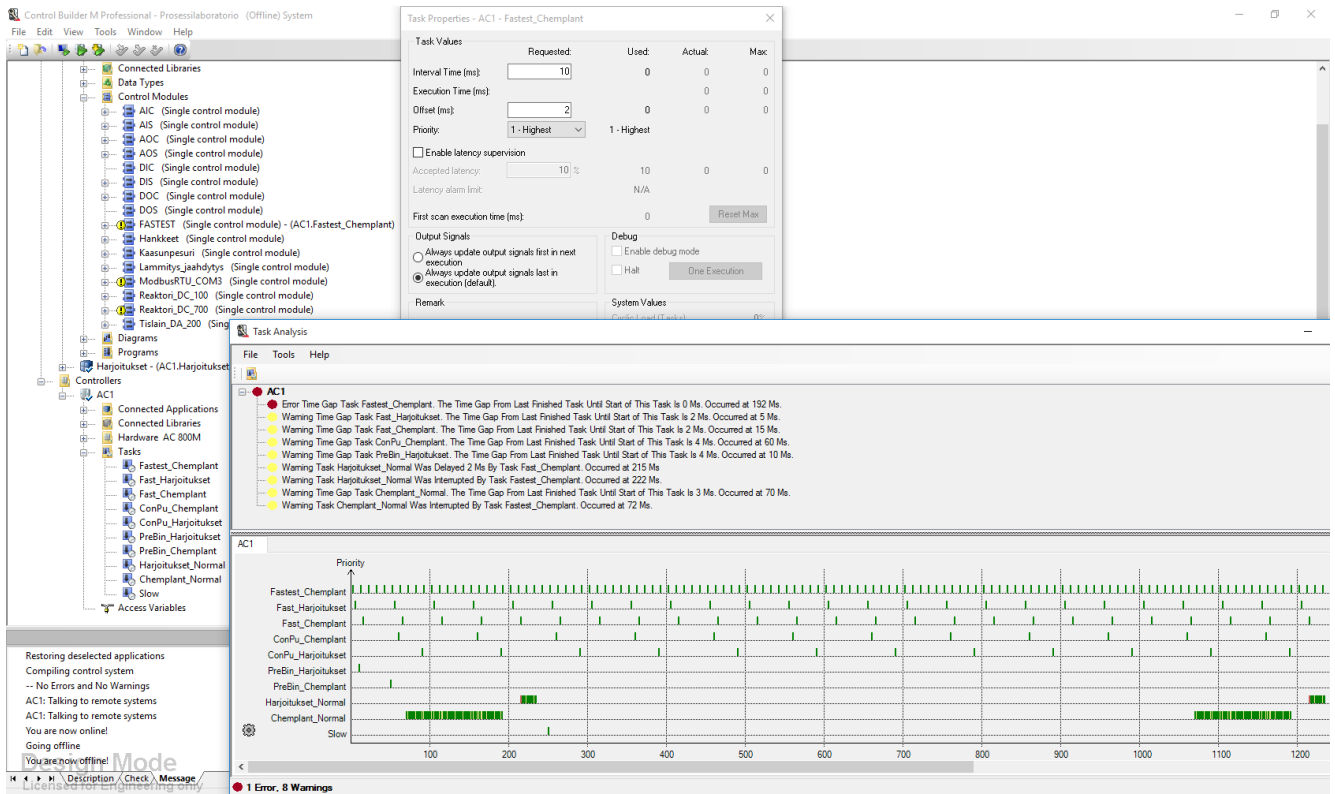
KUVA 35. Ch1-trendinäkömä, PM505-pumpun laakerimittaukset 2 tunnilta

### 3.2.5 Ch1-Rekisterienluentaongelmia, PM505-pumpun laakeri

Intellinova-kunnonvalvontalaitteen Ch1-rekisterien lukemisissa ilmeni taas ongelmia. Ne eivät enää päivittyneet parin sekunnin välein CBM:ssä. Testasin laitteistoa Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmän toisella ohjelmalla MBM Labview:llä, jonka asensin kannettavalle tietokoneelle. Kannettava tietokone oli yhdistettävä RS232-kaapelilla ja RS232-USB-muunnosadapterilla (esimerkiksi käyttämäni Siemens RS232 pg 7cx-cable 6es7705-0aa-7ba0 -kaapeli ja HP MT608-2 RS232-USB -muunnosadapteri) MDW-

45LV-sarjaliikennemuuntimeen, joka oli yhdistetty johtimilla Intellinova-kunnonvalvontalaitteen RS485-liitäntöihin. Tällä MBM Labview -ohjelmalla mittausarvot päivittyivät koko ajan, tosin ohjelma käytti omia asetuksiaan eli konfigurointiaan verrattuna PRO230-ohjelmaan, mutta asetukset vastasivat PRO230-ohjelman asetuksia, jotka olivat Intellinova-kunnonvalvontalaitteeseen ladatut. Huomasin mielenkiintoisen seikan, kun vaihdoin takaisin ABB AC 800M PM861A/TP830-pohjalevyn COM3:n ja MDW-45LV-sarjaliikennemuuntimen välille omatekoisesti RS232C (DTE) RJ45M – RS232 (DCE) DE-9M -kaapelin: tällöin CBM:ssä Ch1-rekisteriarvot päivittyivät vain kerran. Yksi Ch1-rekisteriarvoista kertoi, montako mittausta kiihtyvyyssanturikanava 1 (Ch1) oli suorittanut. Ch1:sen lukumäärä nousi, esimerkiksi 1:stä 18:aan, joka olisi ollut enemmän sen mukaan, mitä kauemmin omatekoistani RS232-kaapelia olisi pitänyt irti. Vaihdoin kannettavan tietokoneen RS232-kaapelin + RS232-USB-muunnosadapterin takaisin MDW45-muuntimeen ja avasin MBM Labview -ohjelman. Tälläkin ohjelmalla lukumäärä näytti nousseen. Lisäksi tällä ohjelmalla pystyi lukemaan helposti "Time signal"- ja "Spectrum"-rekisteriarvot (yksityiskohtaisempia mittaustuloksia) kiihtyvyyssanturikanavan mittauksista (tässä tapauksessa Ch1:n ”värähtelynopeus”- tai HD ENV-mittauksista) yhtä aikaa. Ch1-rekisteriarvot muodostivat kahdenlaisia viivadiagrammikuvaajia. Tämä synnytti aikamoisen näköisiä ”siksak-käyriä” (epäselvempiä kuin sivun 12 kuvassa 8), joista en ymmärtänyt juuri mitään. Näiden tulkitseminen olisi vaatinut syvällisempää perehtymistä asiaan.

Tässä vaiheessa Centria-ammattikorkeakoululle tuli ABB:n tukihenkilö päivittämään ABB 800xA -automaatiojärjestelmää viikoksi. Päivityksen jälkeen CBM:stä oli jostain syystä kadonnut lisäämäni ModBusHWlib-laitekirjasto ABB AC 800M PM861A/TP830 COM3-liitäntäosion alta. Jouduin lisäämään laitekirjaston ja asettamaan tiedonsiirtoasetukset uudelleen. Myös CBM:n ”taskiajoitukset” piti säätää kohdilleen. Nämä ”taskit” tarkoittavat käytännössä järjestystä, jossa ABB 800xA -laitteiston prosessoriyksikkö suorittaa toimintonsa. Toisin sanoen jokainen ABB 800xA -automaatiojärjestelmään kytketty laite tai muu kohde on yhdistetty tiettyyn ”taskiin”. Se, miten tärkeästä laitteesta tai muusta kohteesta on kysymys ja kuinka tiheällä aikavälillä (”päivityskierrolla”) esimerkiksi laitteen tai muun kohteen mittausarvo, muu arvo tai tila on päivitettävä ABB 800xA -automaatiojärjestelmään, vaikuttaa ”taskin” valintaan. ”Taskiajoitusten” tulisi olla tärkeysjärjestyksessä niin, etteivät ne mene toistensa ”päälle”, sillä muuten ei voida ladata uusia ohjelmakoodeja tai tehdä muita CBM-asetuksien muutoksia (KUVA 36). Saatuani ”taskit” säädettyä huomasin, että yhteys Intellinova-kunnonvalvontalaitteeseen ei enää toiminut.



### KUVA 36. Tasks, "taskiajoituksien" säätönäkymä CBM:ssä

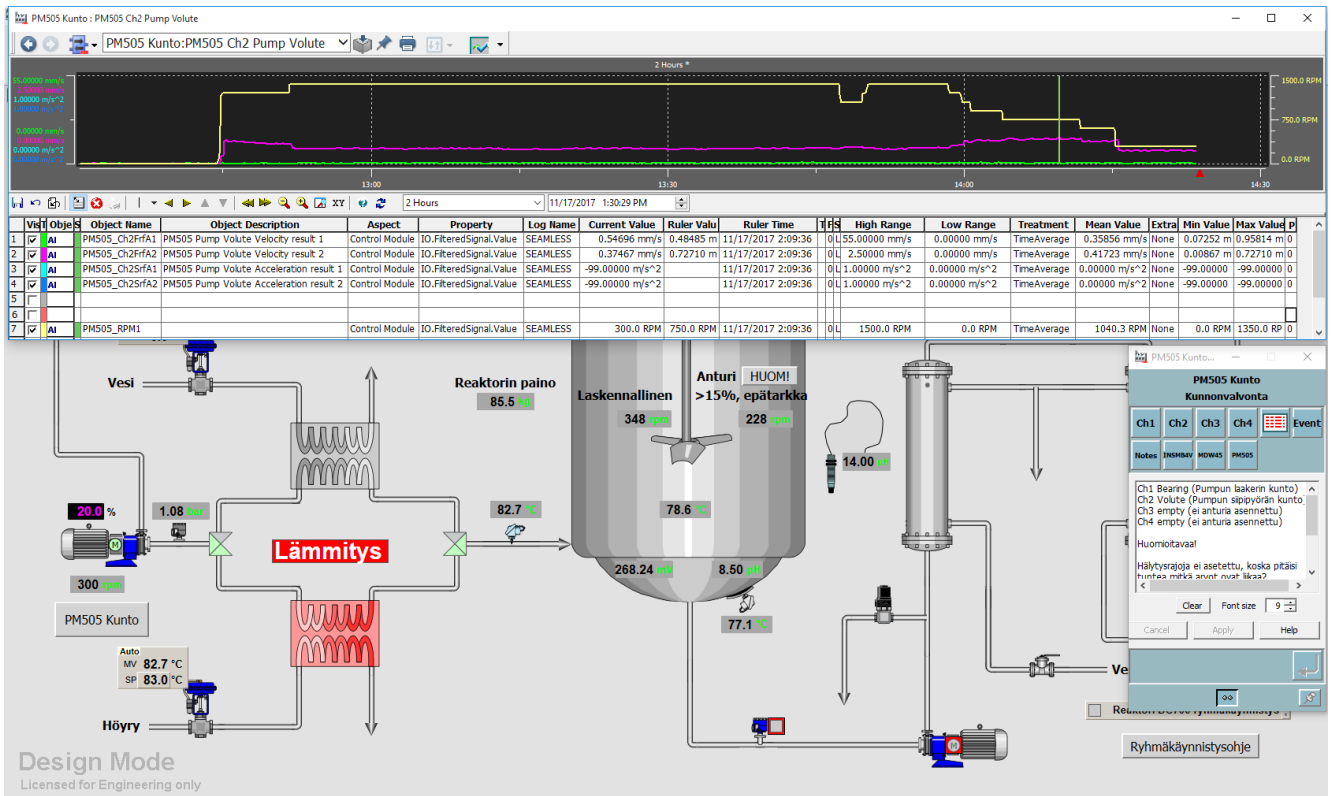
Sain ABB:n tuelta apua ongelmaani. Ongelmana oli ilmeisesti, että yritin lukea liikaa Intellinova-kunnonvalvontalaitteen Ch1-rekistereitä kerralla MBread-funktioblokilla (CBM:ssä), jolloin muutamia asetuksia piti käyttää "falsena" ja palauttaa sitten takaisin "trueksi". Ch1-rekisterien luentamäärän vähentämisestä huolimatta rekisterien lukemiset eivät vieläkaan toimineet. Kokeiltuani kaikki eri keinot CBM:ssä kävin käyttämässä Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kolmatta kytkintä 3-asennossa, muut 0-asetuksessa (003) ja vähän päästä vaihdoin takaisin määrittelymääni "slave"-asetukseen (002). Lopulta Ch1-rekisterien lukemiset alkoivat taas toimia.

### 3.2.6 Ch2-Mittaukset, PM505-pumpun siipipyörä

Asensin toisen kiihtyvyyssanturin PM505-pumpulle mittaamaan siipipyörän kuntoa, minkä kytkin Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanava kakkoseen (Ch2). Kiihtyvyyssanturin asennus on käsitelty luvussa 3.1.3. Ch2:lle latsin PRO230-ohjelmalla Intellinova-manuaalin mukaiset siipipyörän mittausuusitusasetukset. CBM:ään lisäsin kaikki Ch2-rekisterien lukemiseen tarvittavat MBRead-funktioblokkiohjelmakoodit ja muuttujat. Testasin samalla erilaista muuttujien nimeämistyyliä. Tarkoitus oli

tehdä nimistä selvemmat. Ch1:n muuttujat muutin myöhemmin vastaavanlaisiksi. Ch2-rekisterien lukemiseen tarvittiin oma pulssigeneraattorifunktioblokki, jotta ei tulisi luettua liikaa rekistereitä kerralla, kuten aiemmin. Toisaalta siinä tulisi ajoitusongelma, varsinkin, jos niitä tarvitaan lopuillekin kiihtyvyyssanturikanaville tai samalta kiihtyvyyssanturikanavalta luettaisiin enemmän kuin 125 kappaletta rekistereitä. Pulssigeneraattoriajoitukset pitäisi säätää niin, että jokainen pulssigeneraattori käynnistyisi oikealla hetkellä ja olisi tietyn ajan käynnissä, jolloin rekisterit luetaan. Vain yksi pulssigeneraattori saisi olla vuorotellen päällä. Selvitin, että helpompi tapa oli lisätä edellisen kiihtyvyyssanturikanavan 1:n (Ch1) -rekisterien MBRead-funktioblokin ohjelmakoodiin erityinen Ndr-muuttuja nimeltä "Ch1\_MBRead\_Ndr\_1\_ready" (ks. sivu 34; KUVA 30), joka käy "true"-tilassa, kun Ch1-rekisterit ovat luettu onnistuneesti. Tämän muuttujan käydessä "true"-tilassa luetaan seuraavan kiihtyvyyssanturikanavan Ch2-rekisterit, joista tärkeimmät muunnettiin Dint-datyypistä luettavampaan Real-datatyypin muotoon (prosessivalvomönäkymää varten) kuten luvussa 3.2.2.

Chemplant II -koetehtaan (prosessilaboratorion) prosessivalvomönäkymään lisäämästäni "PM505 Kunto" -painonapista aukeaa luomani "PM505 Kunnanvalvonta" -faceplate. Kuvassa 37 on Ch2-painikkeesta avattu trendinäkymä, johon lisäsin muutaman tärkeimmän linkittämäni mittauksen ja PM505-pumpun pyörintänopeuden, joka saatiin sen sähkömoottorin taajuusmuuntajalta. Käyttämäni mittauksien lyhenteet tarkoittavat esimerkiksi PM505\_Ch2FrA1 = PM505\_Channel2 First result from Assigment 1 (PM505\_Kanava2 Ensimmäinen tulos Arvo 1). PRO230-ohjelmalla tämä ja Arvo 2 oli asetettu mittaamaan velocityä eli nopeutta ("värähtelynopeus"). Trendinäkymästä päätellen pumpun siipipyörä oli ilmeisesti kunnossa, koska näiden mittauksien viivadiagrammikuvaajat pysyivät melko vakaina, vaikkakin pumppua käytettiin eri nopeuksilla 300–1350 RPM:n välillä (keltainen viiva). Ensimmäisen "värähtelynopeusmittauksen" (PM505\_Ch2FrA1, vihreä viiva) keskiarvo oli noin 0,36 mm/s. Toisen "värähtelynopeusmittauksen" (PM505\_Ch2FrA2, violetti viiva) arvo muuttui tasaisesti pumpun nopeuden mukaan noin 0,37 mm/s ja 0,73 mm/s välillä. PM505\_Ch2SrA1- ja A2 -kiihtyvyyssmittaukset antoivat jostain syystä  $-99 \text{ m/s}^2$  -arvoa koko ajan. Oletin, että pumpun siipipyörän värähtelytaajuus ei ylittänyt tiettyä rajaa, jonka jälkeen mittaukset alkaisivat reagoimaan, tai sitten PRO230-ohjelman asetuksissa oli jotain pielessä.



KUVA 37. Ch2-trendinäkömä, PM505-pumpun siipipyörämittaukset 2 tunnilta

### 3.3 Kierrosnopeusanturin käyttöönotto

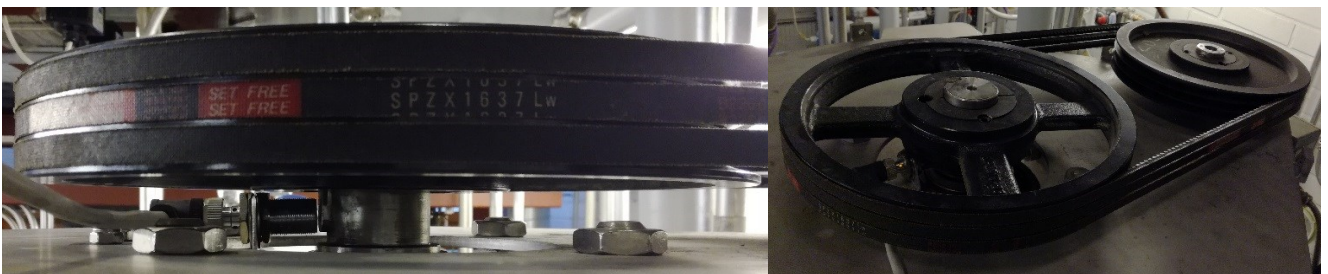
Luku sisältää kierrosnopeusanturin käyttöönoton Intellinova-/ABB 800xA -järjestelmien kanssa, laitteiden välisten yhteyksien muodostamista, asetusten konfigurointia, ohjelmointia ja kierrosnopeusanturin kierrosten laskennan luentaa.

#### 3.3.1 Kierrosnopeusanturin asennus DC-700-reaktoriin

Työni oli lähes valmis, kun sain idean asentaa kierrosnopeusanturin Turck BI5-M18-Y1X-H1141 (Induktiivinen lähestymisanturi) DC-700-reaktoriin mittaamaan sekoitinakselin kierrosnopeutta. Minua kiinnosti nähdä, "luistaako" kiilahihna, mikäli esimerkiksi sekoitetaan jotain "jähmeämpää nestettä". Työtä aloittaessani kierrosnopeusarvoksi saatiin vain DC-700-sähkömoottorin taajuusmuuntajan ja hihnapyörien välityksien perusteella laskettu laskennallinen kierrosnopeusarvo, joka ei reagoi mahdolliseen luistamiseen.

SPM:n asiantuntija ehdotti aiemmalla vierailullaan (LUKU 3.1.1), että kierrosnopeusanturin voisi sijoittaa DC-700-reaktorin hihnapyöräkotelon päälle ja tehdä sen keskelle aukon, jonka viereen anturi tulisi. Aukko olisi siis sekoitinakselin hihnapyörän keskellä. Sekoitinakselin yläpäätyyn asennettaisiin jonkinlainen L-muotoinen metallipala, joka pyörisi mukana ja ylittäisi kierrosnopeusanturin kohdalle, josta anturi mittaisi kierrokset. Tässä ideassa ei mielestäni ollut järkeä, koska kierrosnopeusanturi ei olisi ollut "kiinteästi" kiinnitettyä DC-700-reaktori laitteistoon. Hihnapyöräsystemiä huollettaessa kierrosnopeusanturi olisi aina pitänyt irrottaa, jotta hihnapyöräkotelon saisi nostettua pois. Metallikappaleen kiinnitys olisi ollut hankalaa, koska sekoitinakselin yläpäädyssä ei ollut esimerkiksi kierteitä, jotta sen olisi saanut pultilla kiinni. Myös kovilla kierrosnopeuksilla hihnapyöräkotelo saattaa hieman täristä, vaikka onkin vankkaa tekoa.

Mietin parempaa asennuskohtaa. Ainut vaihtoehto tuntui olevan asentaa kierrosnopeusanturi DC-700-reaktorin hihnapyörän ja hihnapyöräkotelon alalevyn välille, joka oli kiinni järeillä pulteilla ja muttereilla. Samalla korkeudella oli sekoitinakselikiila, jolla hihnapyörä oli lukittu sekoitinakselin päähän. Kierrosnopeusanturi oli saatava vähintään 5 mm:n etäisyydelle kiilasta, jotta mittaus toimisi. Sovitin kierrosnopeusanturia mukana tulleen kiinnikkeen kanssa alalevyyn poraamiini reikiin pulteilla ja muttereilla. Kiinnike osoittautui liian lyhyeksi ja väli kiilaan nähden jäi liian suureksi, vaikka kierrosnopeusanturin kiinnitti mahdollisimman ulospäin kiinnityskohdasta. Tein oman pidemmän version kiinnikkeestä. Kiinnikkeeseen tein leveät reiät, jotta sen etäisyyttä ja kulmaa kiilaan nähden voisi säädellä. Jouduin laskemaan alustalevyn korkeutta pari millimetriä, jotta kiinnikkeen saisi hieman lähemmäksi kiilaa osumatta hihnapyörän alaosaan. Kierrosnopeusanturilta KK1:sen välille asensin NOMAK-instrumentointikaapelia noin 10 m samalla tyylillä kuin luvussa 3.1.3. DC-700-reaktorista on kuva sivulla 21 (KUVA 18), jossa hihnapyöräkotelo on paikoillaan.



KUVA 38. Kierrosnopeusanturi DC-700-reaktorin sekoitinakselikiilan vieressä



### 3.3.2 Kierrosnopeusanturin testaus Intellinova- ja ABB 800xA -järjestelmissä

Asennettuani kierrosnopeusanturin DC-700-reaktorin sekoitinakselikiilan lähelle aloin miettiä, miten se tulisi kytkeä Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle. Olin aiemmin löytänyt sille Centria-ammattikorkeakoulusta sopivan Pepperl+Fuchs (P+F) KFD2-SR2-Ex2.W -barrierin. Ohjeista löytyi DIP-kytkimen asetukset. P+F-barrieri oli yhteensopiva NAMUR-tyypin antureille (8.2 Vdc). Kierrosnopeusanturin mukana tuli SPM:n kytkentäohjeet Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle. Kytkentöjen jälkeen latasin PRO230-ohjelmalla Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle uudemmat asetukset. CBM:ään tein lisää ohjelmakoodia, jotta näkisin minimi-, maksimi- ja keskikierrosarvot rekisteriarvoina. DC-700-reaktorin sekoittimen pyöriessä rekisteriarvoja ei kuitenkaan tullut, vaikka P+F-barrierissa ja kierrosnopeusanturissa vilkkuivat LEDit aina, kun kiila ohitti anturin. Mittasin P+F-barrierin input- ja output-jännitteet, jotka olivat 4.2...6 Vdc ja 0...6 Vdc. Nämä vaihtelivat, kun kiila ohitti kierrosnopeusanturin. Kyselin asiaa SPM:n teknisestä tuesta. Vastausta joutui odottamaan kauemmin kuin yleensä.

Odottaessani vastausta päätin kokeilla kierrosnopeusanturin kytkemistä suoraan ABB 800xA -automaatiojärjestelmään ABB DI890 -digitaalitulomoduulin kautta (KUVA 39). Tämä ei tarvinnut barrieria, koska se oli valmiiksi yhteensopiva NAMUR-tyypin antureille (8.2 Vdc). Digitaalitulomoduulikanavan tilamuutos ilmoitetaan binääriarvona 1 ja 0. Kun DC-700-reaktorin sekoitinakselikiila on kierrosnopeusanturin kohdalla, binääriarvo on 1, muuten 0. CBM:ssä luomassani FAST-SCM-osiossa oleva laskuriohjelmakoodi (KUVA 40) laskee 5 sekunnin ajan kierroksia (1 kierros, kun binääriarvo = 1). Kierrokset kerrotaan sitten kahdellatoista, jolloin saadaan aika tarkka RPM-arvo. Laskenta nollautuu, mikäli DC-700-sähkömoottorin taajuusmuuntajan ja hihnapyörien välityksien laskennallinen kierrosnopeusarvo = 0 (sekoitin ei päällä). Laskuriohjelmakoodi CBM:n online-tilassa sekä kierrosnopeusarvo on lisätty Chemplant II -koetehtaan prosessivalvomönäkymään (ks. sivu 48; KUVA 42).

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description	Channel	Variable	Min	Max	Unit	Fraction	Inverted
IX0.11.5.1	Input 1	BoolIO	Chemplant.IO.Valve.HS520.RKI		IX0.11.5.1	Chemplant.IO.Valve.HS520.RKI					false
IX0.11.5.2	Input 2	BoolIO	Chemplant.IO.Valve.HS520.RAU		IX0.11.5.2	Chemplant.IO.Valve.HS520.RAU					false
IX0.11.5.3	Input 3	BoolIO	Chemplant.IO.DIS.LS105.SigHW		IX0.11.5.3	Chemplant.IO.DIS.LS105.SigHW					false
IX0.11.5.4	Input 4	BoolIO	Chemplant.IO.Valve.HS515.RAU		IX0.11.5.4	Chemplant.IO.Valve.HS515.RAU					false
IX0.11.5.5	Input 5	BoolIO	Chemplant.IO.DIS.LS310.SigHW	Alaraja	IX0.11.5.5	Chemplant.IO.DIS.LS310.SigHW					false
IX0.11.5.6	Input 6	BoolIO	Chemplant.IO.DIS.LS305.SigHW	Yläraja	IX0.11.5.6	Chemplant.IO.DIS.LS305.SigHW					false
IX0.11.5.7	Input 7	BoolIO	Chemplant.FAST.M700_Measured_RPM_IO		IX0.11.5.7	Chemplant.FAST.M700_Measured_RPM_IO					true
IX0.11.5.8	Input 8	BoolIO			IX0.11.5.8						false
IW0.11.5.9	All Inputs	DwordIO			QW0.11.5.9						
IW0.11.5.10	Channel status	DwordIO			QW0.11.5.10						
IW0.11.5.11	UnitStatus	HwStatus									

KUVA 39. Kierrosnopeus (M700) -mittauksen DI890-moduuliasetukset (moduuli 5, Ch7) CBM:ssä

The screenshot displays the Control Builder M Professional interface. On the left, a project tree shows the structure of 'Prosessilaboratorio', including libraries, applications, data types, control modules, and hardware components. The right pane is split into two sections: a table of data types and a code editor for a single control module.

Name	Data Type	Attributes	Initial Value	ISP Value	Description
3 M700_SPEED	AISData	retain			M700 Sekoittajan nopeus
4 UIQ101	AISData	retain			Reaktori DC100 lämmitys/jäähdytyspiirin teho
5 UIQ701	AISData	retain			Reaktori DC700 lämmitys/jäähdytyspiirin teho
6 M700_Calculated_Rounds	AISData	retain			M700 Sekoittajan nopeus Turck Namur anturin laskemana

```

(* M700 Mitattu RPM *)
(*Turck NAMUR anturi kytketty DI890, kortti 5, kanava 7
Tuodaan IO-tieto suoraan muuttujalla tähän scm:ään *)
IF IO.Reaktori_DC_700.M700.ActSpeed.Signal.IOValue <> 0 OR TESTBIT THEN
  TimerStart(M700_Measured_RPM_Timer);
ELSE
  TimerReset(M700_Measured_RPM_Timer);
END_IF;

IF M700_Measured_RPM_IO.Value AND NOT M700_Measured_RPM_IO_Value_Old THEN
  M700_Measured_RPM_Count := M700_Measured_RPM_Count + 1;
END_IF;

IF TimerElapsed(M700_Measured_RPM_Timer) > Time5s THEN
  IO.AIC.M700_Calculated_Rounds.Signal.IOValue := M700_Measured_RPM_Count * 12;
  M700_Measured_RPM_Count := 0;
  TimerReset(M700_Measured_RPM_Timer);
END_IF;

M700_Measured_RPM_IO_Value_Old := M700_Measured_RPM_IO.Value;

IF IO.Reaktori_DC_700.M700.ActSpeed.Signal.IOValue = 0.0 THEN IO.AIC.M700_Calculated_Rounds.Signal.IOValue := 0;
END_IF;

```

## KUVA 40. Kierrosnopeus (M700) -mittauksen muuttujat ja ohjelmakoodit CBM:ssä

Käytettyäni DC-700-reaktorin sekoitinta eri nopeuksilla huomasin, että laskuriohjelmakoodi alkoi jäämään jälkeen verrattuna DC-700-sähkömoottorin taajuusmuuntajan ja hihnapyörien välityksien perusteella laskettuun laskennalliseen kierrosnopeusarvoon nähden sitä enemmän, mitä nopeammalla säädöllä (käyttöasteella) sekoitin toimi. Vertailun vuoksi mittasin sekoitinakselin nopeutta Emerson CSi 2130 -kunnonvalvonta-/diagnostiikkalaitteella käyttäen CSi 404B Phototach -infrapuna-anturia. Lisätietoa edellä mainituista laitteista löytyy luvusta 2.5. Laskuriohjelmakoodille/-muuttujille luomani FAST-SCM-osion yhdistin luomaani ”FASTEST-taskiin”, jonka asetin todella nopealle ”päivityskierrolle”. Myös ABB Modulebus -väylänopeuden säädin nopeimmalle asetukselle. Näistä huolimatta ABB DI890 -digitaalitulomoduuli ei ilmeisesti ollut tarpeeksi nopea reagoimaan kierrosnopeusanturin tilamuutoksiin (1, 0), mikäli nopeus kasvoi yli 600 RPM (sekoittimen käyttöaste > 60 %).

Connections - M700\_Calculated\_Rounds BMISandard.AIC

Editor Edit View Insert Tools Window Help

Name	Data Type	Initial Value	Parameter
1 Name	string[24]	'Name'	'M700_Calculated_Rounds'
2 Description	string[40]	'Description'	'M700 Sekoittajan nopeus Turck N
3 IO	AISData	Default	IO.AIC.M700_Calculated_Rounds
4 PCC	PCCComData	Default	
5 PCCAEListFrcEn	bool	false	
6 Min	real	0	
7 Max	real	100	1500.0
8 Unit	string[5]	'%'	'rpm'
9 Fraction	dint	1	0
10 SignalError	bool	false	
11 Class	dint	1	
12 Lim2Tr	dint	3	
13 Lim1Tr	dint	2	
14 ROCLimTr	dint	-1	
15 PLimTr	dint	0	
16 StatusTr	bool	true	
17 LogTr	bool	true	
18 ErrCtrl	bool	true	
19 ErrVal	real	0.0	
20 EnExtLimits	bool	false	
21 EnExtAlarm	dint	cBMI.AIC.EnExtAlarm.None	
22 HiLim2	real	100	1500.0
23 BlkHiLim2	bool	false	
24 IntkTypeHiLim2	dint	No_Interlock	
25 IntkDirHiLim2	dint	DirXY	
26 HiLim1	real	100	1500.0

< > Parameters | <

#### KUVA 41. Kierrosnopeus (M700) -mittauksen parametriasetukset CBM:ssä

SPM:n tukihenkilö vastasi viimein yhteydenottoopyyntöni kertoen, että mittaamani Pepperl+Fuchs-barrierin jännitearvot olivat liian alhaisia (sivu 45). Tukihenkilö ehdotti hankittavaksi esimerkiksi Phoenix Contact Isolation amplifier - MACX MCR-EX-SL-NAM-2T-SP-2924074 -barrierin. Verrattuaani sitä käyttämäni P+F-barrieriin en huomannut niissä paljontakaan eroa. Löysin uudemman painoksen P+F-barrierin ohjeista pdf-tiedostona internetistä. Tämä painos oli mielestäni selkeämpi verrattuna vanhempiin löytämiini ohjeisiin. Selvisi, että olinkin aiemmin laittanut väärin DIP-kytkinasetukset.

Korjattuani Pepperl+Fuchs-barrierin DIP-kytkinasetukset vaihdoin kierrosnopeusanturin takaisin Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle P+F-barrierin kautta. Kierrosnopeusanturi alkoi lopultakin toimia Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kanssa ja CBM:ssä näkyivät online-tilassa DC-700-reaktorin sekoittimen minimi-, maksimi- ja keskikierrosarvot rekisteriarvoina, jotka välillä muuttuivat. Seurattuani muunnettuja rekisteriarvoja (Dint to Real) sain melko sekalaisia RPM-arvoja, jotka eivät olleet lähelläkään DC-700-sähkömoottorin taajuusmuuntajan ja hihnapyörien välityksien perusteella laskettua laskennallista kierrosnopeusarvoa. RPM-arvot tuntuivat ”seilaavan” liian matalalla tai korkealla. Myöskään RPM-arvot eivät tuntuneet lineaarisilta käyttämiini DC-700-reaktorin sekoittimen eri nopeuksiin nähden. Ilmeisesti muunnetut rekisteriarvot tulisi skaalata. Intellinova-kunnonvalvontalaite otti mahdollisesti huomioon myös kaikki muut nopeudet, joita käytin aiemmin. Tästä seurasi ilmeisesti sekalaiset arvot. RPM-arvot tulisi mitä ilmeisimmin nollata nopeuden muuttuessa. Rekisterien pitäisi tulla luetuiksi vain sekoittimen päällä ollessa. Intellinova-manuaalin mukaan PRO230-ohjelman asetuksiin voi laittaa RPM

low (minimi) -arvon, jonka ylityttyä alkaa kierrosnopeusanturi mittaamisen, mutta tämä saattaa vaikuttaa kiihtyvyyssanturikanavien mittauksiin, joiden kiihtyvyyssanturit olivat PM505-pumpussa kiinni.

Kierrosnopeusanturin olisi sittenkin pitänyt alun perin olla samassa asennuskohteessa kuin kiihtyvyyssanturit. Tällä tavoin Intellinova-kunnonvalvontajärjestelmä on alun perin suunniteltu käytettäväksi. Myös vaihtelevat nopeudet hankaloittivat asiaa. Helpompi olisi ollut, jos moottori pyörisi koko ajan vakionopeudella.

Kierrosnopeusanturin käyttöönotto Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kautta vaikutti monimutkaiselta hyötyyn nähden, joten päätin työskentelyn. Kierrosnopeusmittaus ei ollut välttämätön, koska mahdollinen DC-700-reaktorin sekoitinakseli-ilahihnan luistamistilanteen tapahtuminen on epätodennäköistä. ABB DI890 -digitaalitulomoduulin kautta kierrosten laskeminen on helpompaa, vaikka se ei ehdi laskea kaikkia kierroksia nopeasta ”taski”-asetuksesta huolimatta, jos sekoitin pyörii yli 600 RPM (sekoittimen käyttöaste > 60 %). Luomani ”FASTEST-taski” erittäin nopealla ”päivityskierrolla” kuormitti kuitenkin liikaa ABB 800xA -automaatiojärjestelmää, jossa oli jo entuudestaan paljon erilaista laitteistoa yhdistettynä muissa ”taskeissa”, joten vaihdoin sen valmiina olevaan hitaampaan ”taski”-kiertoon. Vaihdon jälkeen se ei pysynyt mukana kierrosten ylitettyä 180 RPM (sekoittimen käyttöaste > 15 %).

The screenshot displays a process control interface for a reactor (M700). The main window shows the reactor's status, including speed (218 rpm) and a warning for high speed (>15% epätarkka). An operator note window is open, providing detailed information about the reactor's speed and the control system's response. The right side of the screenshot shows the ladder logic for the M700\_Mitattu\_RPM variable, which is set to 180.0. The logic includes a timer and a counter to measure the reactor's speed.

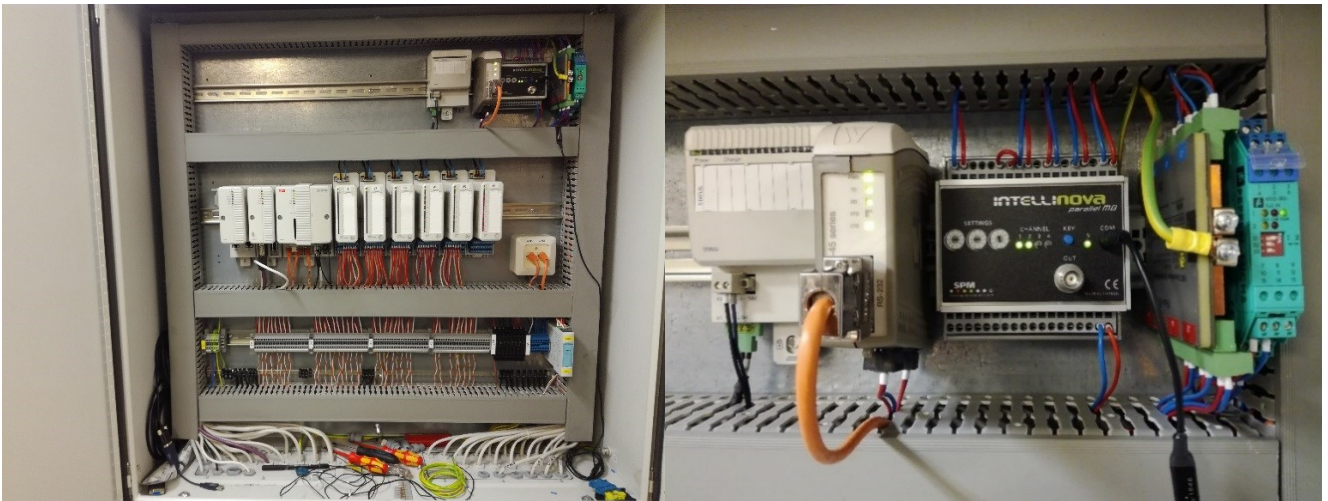
KUVA 42. Kierrosnopeus (M700) -mittaus prosessivalvomonäkymässä ja CBM online-tilassa

## 4 TULOKSET

Esittelen opinnäytetyön keskeisimmät asennus- ja mittaustulokset tiivistetysti tässä pääluvussa.

### 4.1 Asennukset

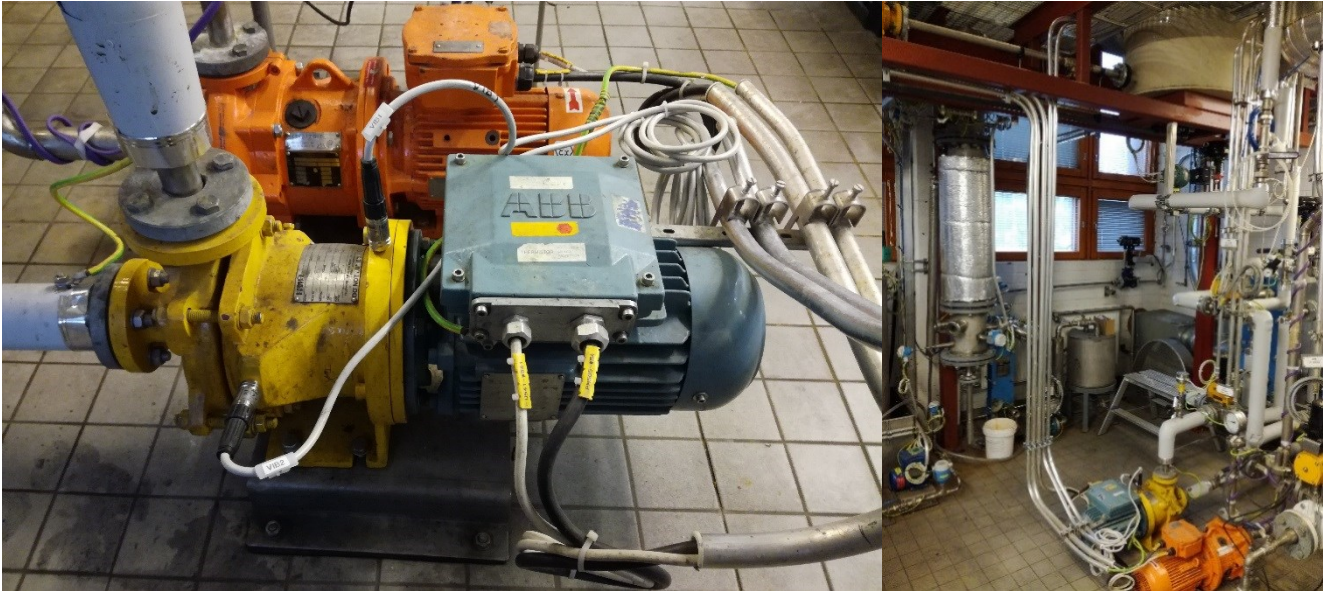
Kuvassa 43 esitetään Intellinova-laitteisto ylärivillä vasemmalta oikealle (ABB 800xA -laitteiston ladattava varmennusparisto ei liity), Westermo MDW-45LV RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin, SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaite, SPM VIB Transducer Ex Interface 17640 -kiihtyvyyssanturi-barrieri ja Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrieri (ei kierrosnopeusanturi käytössä enää). ABB 800xA -laitteisto on keskirivillä. Intellinova-laitteistolle lisätyt mustat sulakeriviliittimet (+24 Vdc) ja siniset riviliittimet (0 V) ovat alarivillä oikeassa laidassa. Lisätietoa Chemplant II -koetetaan laiteasennuksien sijoituksista löytyy LIITE 1:stä ja kytkennöistä LIITE 2:sta sekä laitteiden väliset käyttöönottotarkastuspöytäkirjat (Exi-piirin varmentaminen) LIITE 3, LIITE 4 ja LIITE 5.



KUVA 43. Kyt kentäkaappi 1:sen (KK1) lopputilanne Intellinova-laitteisto asennuksien jälkeen

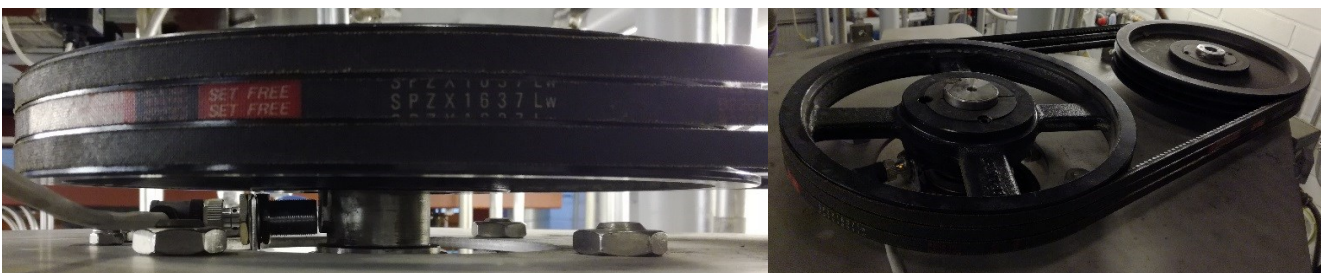
Kuvassa 44 päällimmäinen kiihtyvyyssanturi mittaa PM505-pumpun laakerin kuntoa ja on kytketty Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanavaan 1 (Ch1). Kyljessä oleva kiihtyvyyssanturi mittaa PM505-pumpun siipipyörän kuntoa ja on kytketty Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanavaan 2 (Ch2). Kiihtyvyyssantureissa käytetyt JAMAK-instrumentointikaapelit (noin 12 m per anturi) kulkevat kaapelisuoja putkien kautta katon rajassa kulkevaan kaapelikouruun, jonka kautta ne

kulkevat yläkerrassa olevaan kytkentäkaappi 1:sen (KK1) kiihtyvyyssanturi-barrierille, josta johtimilla jatkuu Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kiihtyvyyssanturikanaviin. Kiihtyvyyssantureiden mittaustulokset siirtyvät Intellinova-kunnonvalvontalaitteelta ModbusRTU-rekisteriarvoina sarjaliikennetiedon-siirtona MDW-45LV-sarjaliikennemuuntimen kautta ABB 800xA -automaatiojärjestelmään.



KUVA 44. PM505-pumppu antureineen, Ch1-laakerimittaus päällä, Ch2-siipipyörämittaus sivulla

Kuvassa 45 kierrosnopeusanturi Turck BI5-M18-Y1X-H1141 (Induktiivinen lähestymisanturi) on mitaamassa DC-700-reaktorin sekoitinakselikiilasta kierroksia. Kierrosnopeusanturin kytkemiseen käytettiin NOMAK-instrumentointikaapelia (noin 10 m), joka asennettiin samalla tavalla kuin kiihtyvyyssantureiden kaapelit. Kierrosnopeusanturi oli aluksi kytkettynä Intellinova-kunnonvalvontalaitteeseen Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrierin kautta, mutta se toimi varmemmin kytkettynä suoraan ABB 800xA -automaatiojärjestelmään ABB DI890 -digitaalitulomoduulin kautta (keskirivillä toiseksi viimeinen valkoinen moduuli oikealta katsottuna edellisen sivun kuvassa 43). DC-700-reaktorista on sivulla 21 kuva (KUVA 18), jossa hihnapyöräkotelo on paikoillaan.



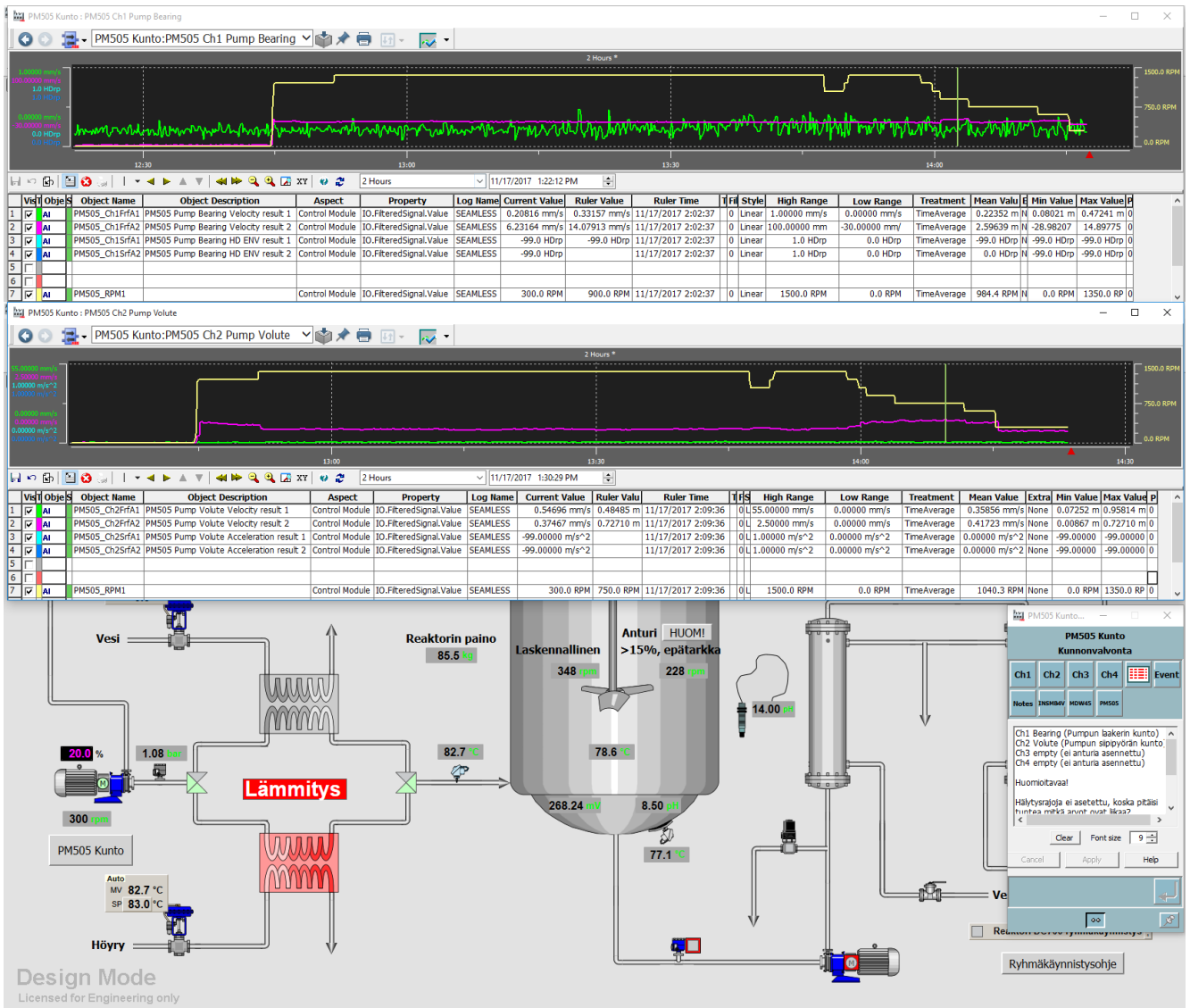
KUVA 45. Kierrosnopeusanturi DC-700-reaktorin sekoitinakselikiilän vieressä

## 4.2 Mittaukset

Chemplant II -koetehtaan (prosessilaboratorion) prosessivalvomonäkymään lisäämästäni ”PM505 Kunto” -painonapista aukeaa luomani PM505-pumpun ”Kunnonvalvonta”-faceplate. Kuvassa 46 on Ch1-painikkeesta avattu pumpun laakerin trendinäkymä (”PM505 Ch1 Pump Bearing”, kuvassa ylempi näkymä), johon lisäsin muutaman tärkeimmän linkittämäni mittauksen ja lisäksi PM505-pumpun pyörintänopeuden, joka saatiin sen sähkömoottorin taajuusmuuntajalta. Käyttämäni mittauksien lyhenteet tarkoittavat esimerkiksi PM505\_Ch1FrA1 = PM505\_Channel1 First result from Assignment 1 (PM505\_Kanava1 Ensimmäinen tulos Arvo 1). PRO230-ohjelmalla tämä ja Arvo 2 oli asetettu mittaamaan velocityä eli nopeutta (”värähtelynopeus”). Trendinäkymästä päätellen pumpun laakeri oli ilmeisesti kunnossa, koska näiden mittauksien viivadiagrammikuvaajat pysyivät melko vakaina ilman suuria ”piikkejä”, vaikkakin pumppua käytettiin eri nopeuksilla 300–1350 RPM:n välillä (keltainen viiva). Ensimmäisen ”värähtelynopeusmittauksen” (PM505\_Ch1FrA1, vihreä viiva) keskiarvo oli noin 0,22 mm/s. Toisen ”värähtelynopeusmittauksen” (PM505\_Ch1FrA2, violetti viiva) pysyi erityisen vakaana noin 6,23 mm/s ja 14,08 mm/s. ”Värähtelynopeusmittaukset” ovat erittäin herkkiä (etenkin PM505\_Ch1FrA1), sillä vaikka pumppu ei ole päällä, mittaustuloksia tulee silti, koska kiihtyvyyssanturi reagoi prosessilaboratorion muiden laitteiden aiheuttamiin värinöihin lattian kautta.

Kuvassa 46 on myös aukaistu Ch2-painikkeesta pumpun siipipyörän trendinäkymä (”PM505 Ch2 Pump Volute”, kuvassa alempi näkymä). Trendinäkymästä päätellen pumpun siipipyöräkin oli ilmeisesti kunnossa, koska näiden mittauksien viivadiagrammikuvaajat pysyivät melko vakaina, vaikkakin pumppua käytettiin eri nopeuksilla 300–1350 RPM:n välillä (keltainen viiva). Ensimmäisen ”värähtelynopeusmittauksen” (PM505\_Ch2FrA1, vihreä viiva) keskiarvo oli noin 0,36 mm/s. Toisen ”värähtelynopeusmittauksen” (PM505\_Ch2FrA2, violetti viiva) arvo muuttui tasaisesti pumpun nopeuden mukaan noin 0,37 mm/s ja 0,73 mm/s välillä.

Molempien kiihtyvyyssanturikanavien toiset mittaukset: Ch1-HD ENV (High Definition Enveloping, hammaspyörä- ja laakerivikojen havaitsemiseen jo varhaisessa vaiheessa) ja Ch2-kiihtyvyyssmittaukset antoivat jostain syystä -99 HDrp ja -99 m/s<sup>2</sup> arvoja koko ajan. Oletin, että PM505-pumpun laakerin ja siipipyörän värähtelytaajuudet eivät ylittäneet tiettyjä rajoja, joiden jälkeen nämä mittaukset alkaisivat reagoimaan, tai PRO230-ohjelman asetuksissa oli jotain pielessä. Kyseisestä PM505-pumpun teknisistä tiedoista ei löytynyt tarkempia tietoja sen laakerista tai siipipyörästä, joita olisi tarvinnut PRO230-ohjelman mittaasetuksissa. Pumppu saattoi olla myös sen verran hyvässä kunnossa, että nämä mittaukset eivät edes reagoineet.

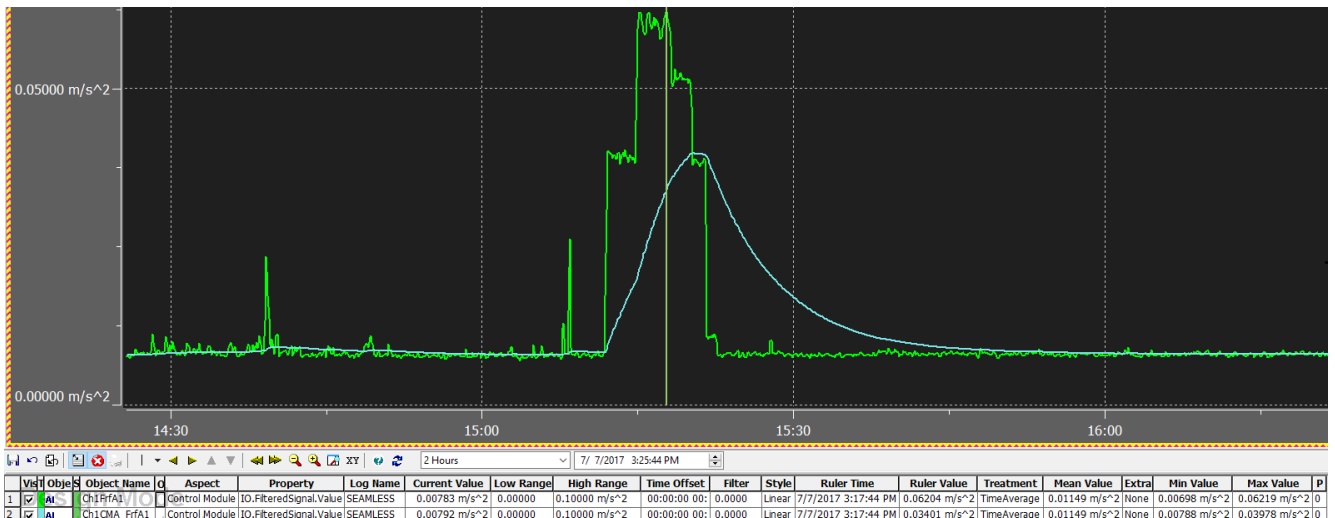


KUVA 46. Trendinäkömät, PM505-pumpun laakeri- ja siipipyörämittaukset 2 tunnilta

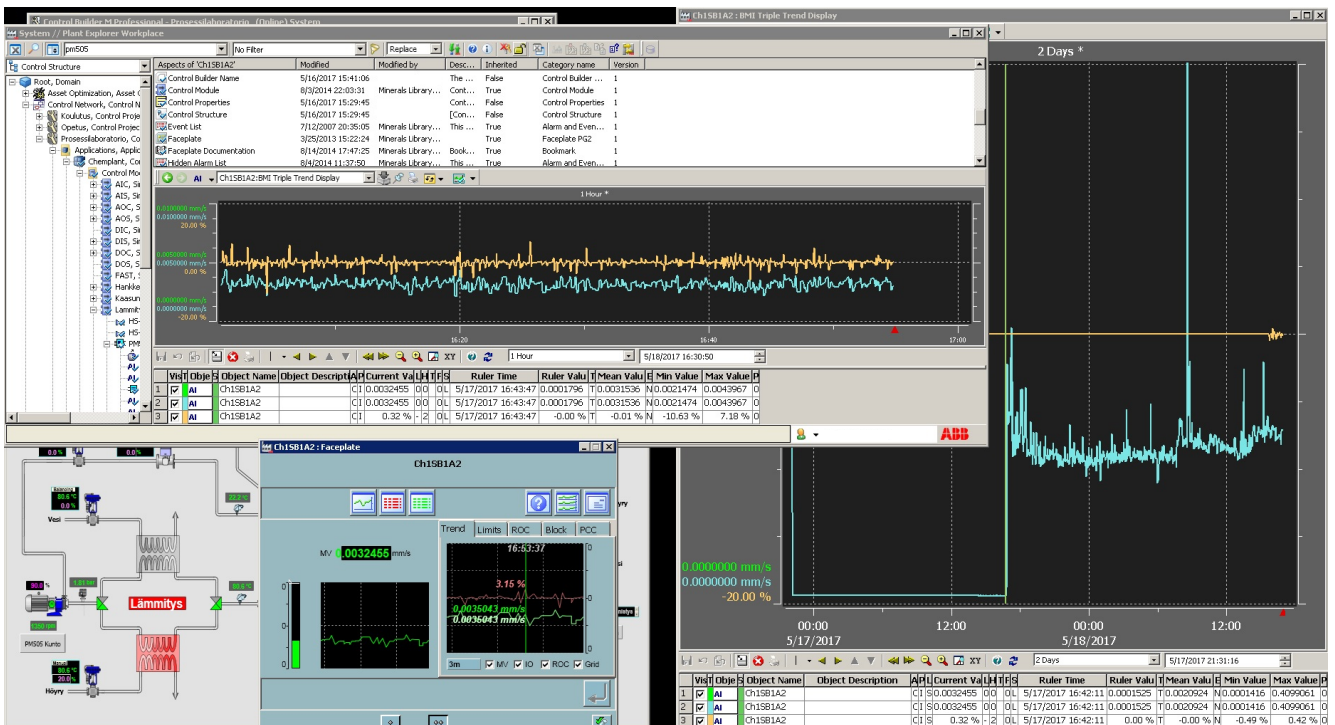
Kuvan 46 keskellä näkyy kierrosnopeusanturin RPM-arvo DC-700-reaktorin sekoitinakselin kierroksista. Kierrosnopeusanturimittauksen ideana oli nähdä mahdollinen ero laskennalliseen kierrosnopeusarvoon, joka oli saatu muodostumaan sekoitinakselin sähkömoottorin taajuusmuuntaja-arvon ja hihnapyörien välityksen perusteella, joka luistamistilanteessa (esimerkiksi sekoittaessa ”jähmeämpää” nestettä reaktorissa) todennäköisesti näyttäisi edelleen samaa kierrosnopeusarvoa. ABB DI890 -digitaalitulomoduuli jäi kierrostenlaskuissa jälkeen, jos DC-700-reaktorin sekoittimen käyttöaste ylitti 15 % (180 RPM). Kuvanottohetkellä käyttöaste oli yli 15 %. Kierrosnopeusanturi oli aluksi kytkettynä Intellinova-kunnonvalvontalaitteeseen, mutta sen toiminta oli epävarmempaa kuin ABB DI890 -digitaalitulomoduulilla, vaikka se ei ehdi laskea kaikkia kierroksia. Kyseinen digitaalitulomoduulimalli ei ole ilmeisesti tarkoitettu tällaiseen nopeaan laskemiseen (tilamuutoksiin). Lisätietoa aiheesta oli luvussa 3.3.2.



Muita kiihtyvyyssanturitestettä olivat Cumulative Moving Average (CMA) eli liikkuvan kumulatiivisen keskiarvon mittaus (KUVA 47) ja prosentuaalisen muutoksen ero (KUVA 48). Kuvan 47 esimerkissä kumulatiivinen keskiarvo on kiihtyvyyssanturikanava 1. (Ch1) ensimmäisestä tulosarvosta 1. (turkoosi viiva) ja sen vertailu ”tavalliseen” kiihtyvyyssanturikanava 1. (Ch1) ensimmäiseen tulosarvon 1. mittaukseen (vihreä viiva). Testissä käytetyt PM505-pumpun nopeudet olivat 375, 750, 525, 375 RPM.



KUVA 47. Trendinäkömiesimerkki liikkuvasta kumulatiivisesta keskiarvosta (CMA)



KUVA 48. Trendinäkömiesimerkki prosentuaalisesta muutoksesta

## 5 LOPPUPÄÄTELMÄ

Opinnäytetyö kuulosti aluksi helpolta, mutta sen edistyessä tuli monenlaisia ongelmia ratkaistavaksi. Aikaakin kului työn fyysisen osuuden tekemiseen arvioitua kauemmin. Tilattavia osia jouduttiin kilpailuttamaan ja odottelemaan useita viikkoja. Työssäni jouduin usein selvittämään monenlaisten laitteiden yhteensopivuuksia ja kytkentöjä. Työ oli myös paljon laitteiden ohjelmistupuolen asetuksien ja ohjelmakoodien selvittämistä, niiden edestakaista muuttamista ja lataamista laitteille. Työtä hankaloitti, kun ABB 800xA -automaatiojärjestelmästä löytyi niin paljon manuaaleja ja kun SPM Intellinovan Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaitteen manuaali tuntui liian suppealta. Välillä jouduinkin kyselemään teknisistä tuista apua, kun ideani olivat vähissä, ja jouduin odottamaan vastauksia.

Lopulta saatiin kiihtyvyyssantureiden mittaustulokset siirrettyä Intellinova-kunnonvalvontalaitteelta ModbusRTU-rekisteriarvoina sarjaliikennetiedonsiirtona ABB 800xA -automaatiojärjestelmään, jonka kautta voitiin lukea Intellinova-kunnonvalvontalaitteen rekistereitä CBM:ssä sekä muuntaa tärkeimmät niistä luettavaan mittaustulosmuotoon. Tärkeimpiä mittaustuloksia pystyi katselemaan Chemplant II -koetehtaan (prosessilaboratorion) prosessivalvomönäkymässä (tietokoneen näytöllä). Osa mittaustuloksista ei toiminut, kun ne näyttivät -99 arvoja. Näiden mittauksien toimintaan laittaminen olisi vaatinut enemmän perehtymistä mittaus- ja skaalausasetuksiin sekä syvempää perehtymistä laakerien ja siipipyörien ominaisuus- ja vikataajuuksiin. Kyseisestä PM505-pumpun teknisistä tiedoista ei löytynyt tarkempia tietoja sen laakerista tai siipipyörästä, joita olisi tarvinnut PRO230-ohjelman mittaasetuksissa. Pumppu saattoi olla myös sen verran hyvässä kunnossa, että osa mittauksista ei edes reagoanut.

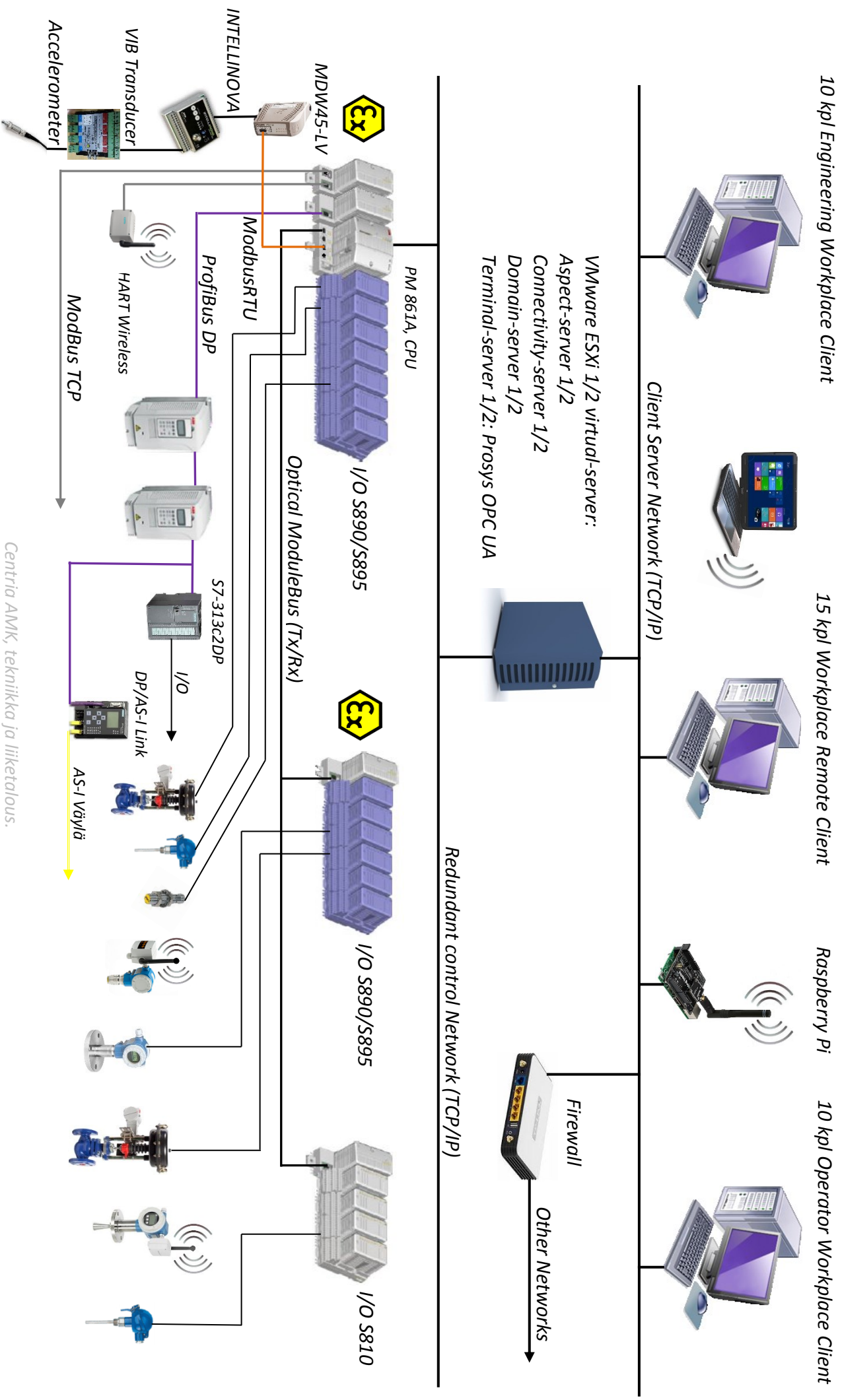
Kierrosnopeusanturia en saanut Intellinova-kunnonvalvontalaitteen kanssa toimimaan halutulla tavalla. Arvioin, että tähän oli useita syitä luvussa 3.3.2. Kierrosnopeusanturin toimintaan laittaminen vaikutti monimutkaiselta hyötyyn nähden, joten kytkin anturin takaisin ABB DI890 -digitaalitulomoduulille, jolla se toimi varmemmin, vaikka se ei ehtinyt laskea kaikkia kierroksia.

Työn aikana opin monia asioita, kuten uutta teknillistä sanastoa, fyysistä asentamista, itsenäistä työskentelyä, standardeja ja protokollia, kuten ModbusRTU-, ABB 800xA- ja Intellinova-ohjelmistojen käyttämistä, sekä ohjelmointia ”Structured text” -ohjelmointikielellä. Mielenkiintoisimpia kohtia olivat mielestäni asetuksien lataaminen kannettavalla tietokoneella Intellinova-kunnonvalvontalaitteelle ja mittaustuloksien katselu pitkän ohjelmointiurakan jälkeen asetuksien lopulta toimiessa moitteettomasti. Kaiken kaikkiaan tämä työ oli paljon haasteellisempi ja monipuolisempi kuin alun perin olin kuvitellut.

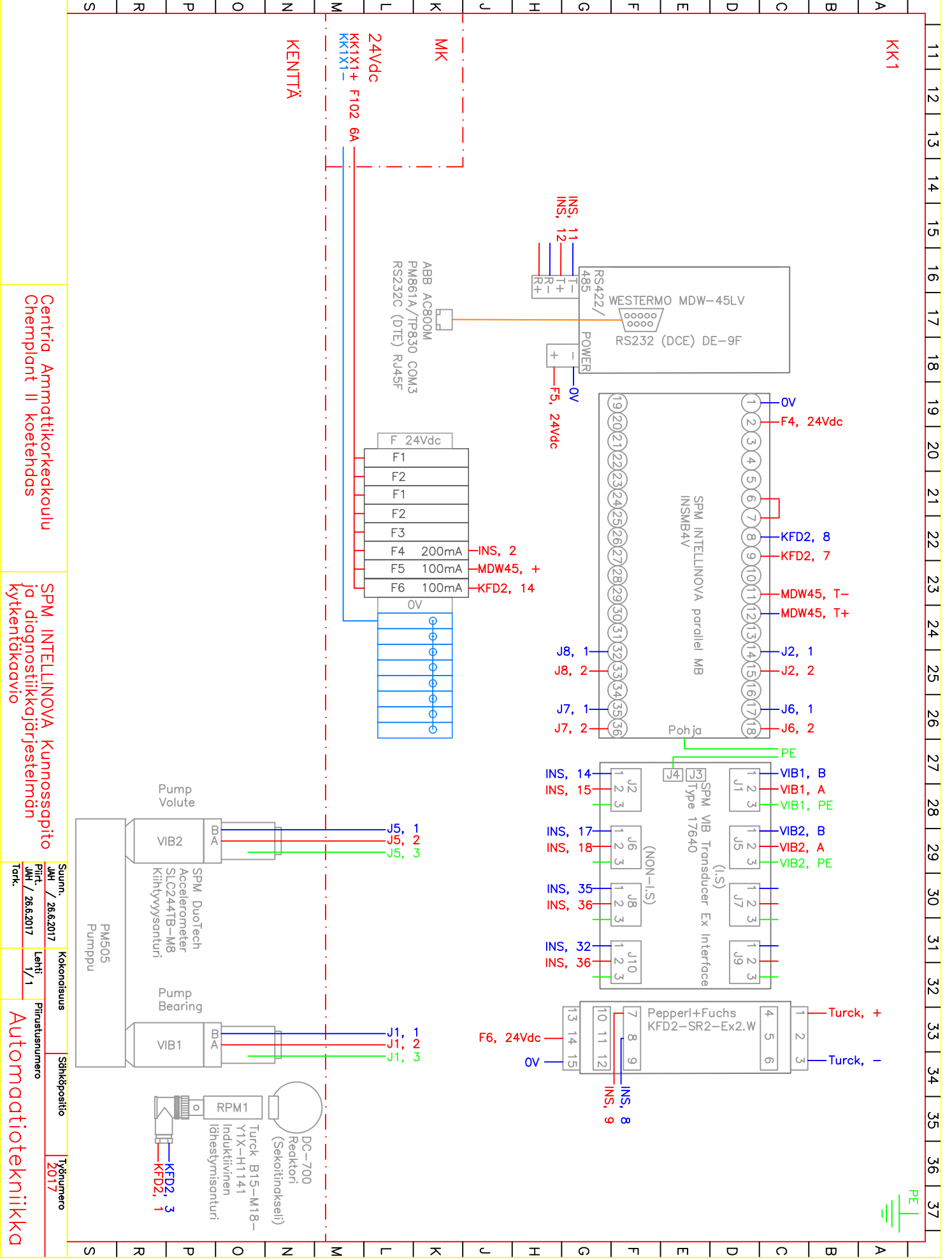
## LÄHTEET

- ABB. 2013. AC 800M Controller Hardware. Pdf-manuaali. Saatavissa:  
[https://library.e.abb.com/public/1cb4fadd66365e57c1257b740027013b/3BSE036351-510\\_A\\_en\\_AC\\_800M\\_5.1\\_Controller\\_Hardware.pdf](https://library.e.abb.com/public/1cb4fadd66365e57c1257b740027013b/3BSE036351-510_A_en_AC_800M_5.1_Controller_Hardware.pdf) Viitattu 15.3.2017.
- Avtpump. HMD Kontro pumppu. Kuva. Saatavissa:  
<https://www.avtpump.com/wp-content/uploads/2018/11/HMD-GT.jpg> Viitattu 30.10.2017.
- Centria-ammattikorkeakoulu. 2018. Älykäs automaatio ja teollinen internet -ÄLLI-hankkeen loppuraportti. Pdf-raportti. Saatavissa:  
<http://projekti.centria.fi/data/liitteet/904c7c2237484a37a76b21bc7eee8814.pdf> Viitattu 13.1.2018.
- Emerson. CSi 404B Phototach -infrapuna-anturi. Kuva. Saatavissa:  
[http://www.emerson.com/resource/image/167478/portrait\\_ratio1x1/1024/1024/aa8e53ab47bb6d5e608cf56cafa56a8e/FL/a0404.jpg](http://www.emerson.com/resource/image/167478/portrait_ratio1x1/1024/1024/aa8e53ab47bb6d5e608cf56cafa56a8e/FL/a0404.jpg) Viitattu 25.10.2017.
- Imc. Westermo MDW-45LV RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin. Kuva. Saatavissa:  
[https://www.imc.no/Media/Cache/Images/1/2/WEB\\_Image%20Westermo%20MDW-45%20LV%20Konverter%20RS232-485%204-860854657.Jpeg](https://www.imc.no/Media/Cache/Images/1/2/WEB_Image%20Westermo%20MDW-45%20LV%20Konverter%20RS232-485%204-860854657.Jpeg) Viitattu 6.4.2017.
- Omega. RS-232-422-485. Internet-artikkeli. Saatavissa:  
<https://www.omega.co.uk/techref/das/rs-232-422-485.html> Viitattu 24.3.2017.
- SPM. 2016. Intellinova Parallel MB INSMB4V. Manuaali. Viitattu 13.3.2017.
- Spminstrument. Internet-sivusto. Saatavissa:  
<https://www.spminstrument.fi/Mittaustekniikat/> Viitattu 3.4.2017.
- Spminstrument. SPM Intellinova Parallel INSMB4V -kunnonvalvontalaite. Kuva. Saatavissa:  
[https://www.spminstrument.no/Documents/Downloads/Press%20releases/PR\\_IntellinovaParallel\\_MB\\_grey.jpg](https://www.spminstrument.no/Documents/Downloads/Press%20releases/PR_IntellinovaParallel_MB_grey.jpg) Viitattu 6.4.2017.
- Tehran-tejarat. Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W -barrieri. Kuva. Saatavissa:  
[http://www.tehran-tejarat.com/Files/MyDocuments/AgahiImages/20175116246IMG\\_3860.JPG](http://www.tehran-tejarat.com/Files/MyDocuments/AgahiImages/20175116246IMG_3860.JPG) Viitattu 18.10.2017.
- Westercom. Westermo MDW-45 RS232-RS422/485 -sarjaliikennemuunnin. Pdf-manuaali. Saatavissa:  
[https://www.westercom.eu/wp-content/uploads/2018/09/westermo\\_ug\\_6617-2203\\_mdw-45.pdf](https://www.westercom.eu/wp-content/uploads/2018/09/westermo_ug_6617-2203_mdw-45.pdf) Viitattu 10.4.2017.
- Wikipedia. RS-485. Internet-artikkeli. Saatavissa:  
<https://en.wikipedia.org/wiki/RS-485> Viitattu 10.4.2017.

# ABB 800xA -Automaatiojärjestelmän periaatekuva, Chemplant II. Centria-ammattikorkeakoulu



A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos



Centria Ammatikorkeakoulu  
 Chemplant II koetehdas

SPM INTELLINOVA Kunnossapito  
 ja diagnostiikkajärjestelmän  
 kytkentäkaavio

Suunn. / 26.6.2017	Kokoonisuus	Sähköpiirros	Työnumero
Piirt. / 26.6.2017	Lehti / 1/1	Piirustusnumero	2017
Tark.			

**Automaatiotekniikka**

## Käyttöönottotarkastuspöytäkirja, Exi-piirin varmentaminen

Tarkistus kohde:

VIB1 ja VIB2

Pumpun PM-505 värähtelymittauspiiri

Liitännäislaite: SPM VIB Transducer Ex Interface 17640

Io =	92,3	mA	≤	OK
Uo =	26,3	V	≤	OK
Po =	607,0	mW	≤	OK
Co =	0,337	μF	≥	OK
Lo =	9,4	mH	≥	OK

I (M1) [Ex ia Ma] I  
 II (1) GD [Ex ia Ga] IIC [Ex ia Da] IIIC  
 II 3(1) G Ex nA [ia Ga] IIC T4 Gc  
 IIA, IIB tai IIC OK  
 max T4 OK

Kenttälaite: SPM DUOTECH SLC244TB-M8

Ii =	93,0	mA
Ui =	28,0	V
Pi =	0,66	W
Ci =	58,0	nF
Li =	10,0	μH

I M1/II 1G Ex ia I/IIC T4 Ma/Ga  
 II 1D Ex ia IIIC T135°C Da

Kaapeli:

JAMAK 1x(2+1)+0,5

Max pituus:

Eristysvastus:

Suojajohtimen maadoitusvastus:

Li tai Ci on alle 1% Lo ja Co arvoista

16968 m (Co-Ci)/Cc: Cc=0,00011209 μF/m

300 MΩ

MΩ

Merkitään pienin mittaus tulos

Yksityiskohtainen tarkastus soveltuvin osin SFS-Käsikirja 604-2 taulukko 2:n (s.132) mukaan:

Merkitään x = kunnossa, - = Huomautettavaa ja / = Ei kuulu tarkastukseen

### A Laite

A1	Piiri ja laitteiden asiakirjat vastaavat asennuspaikan tilaluokan vaatimuksia	X
A2	Asennettu laite on sama kuin suunnitelmassa on merkitty	X
A3	Piiri ja / tai laitteen tyyppi ja räjähdysryhmä ovat oikeat	X
A4	Laitteen lämpötilaluokka on oikea	X
A5	Asennuksen merkinnät ovat selkeät	X
A6	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja / tai massaukset ovat kunnossa	X
A7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X
A8	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty	X
A9	Suojarajoittimet, releet ja muut energiaa rajoittavat laitteet ovat hyväksytyä tyyppiä, ne on asennettu hyväksymisasikirjojen vaatimusten mukaisesti ja ne on maadoitettu luotettavasti aina, kun maadoitus vaaditaan	X
A10	Johdinliitokset ovat kiristettyjä	X
A11	Piirilevyt ovat puhtaita ja vahingoittumattomia	X

### B Asennus

B1	Kaapelit on asennettu suunnitelman mukaisesti	X
B2	Kaapelivaipat on maadoitettu suunnitelman mukaisesti	X
B3	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X
B4	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X
B5	Ristikytkenät ovat oikein	X
B6	Maadoitusyhteydet ovat kunnossa (liitokset ovat tiukkoja ja johtimien poikkipinta-ala on riittävä) piireissä, joita ei ole galvaanisesti eroteltu	X
B7	Maadoitusliitokset varmistavat räjähdysuojauksen	X
B8	Exi-piirin maadoitus ja eristysresistanssi ovat hyväksytyjä	X
B9	Exi-piirin ja muiden piirien välinen eroitus on toteutettu yhteisissä kytkentä- tai relekoteloissa	X
B10	Virtalähteen oikosulkusuojaus (tarvittaessa) on suunnitelmien mukainen	X
B11	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X
B12	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X

### C Ympäristö

C1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X
C2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X

## Käyttöönottotarkastuspöytäkirja, Exi-piirin varmentaminen

Tarkistus kohde:

RPM1

Reaktorin DC-700 sekoittimen RPM

Liitännäislaite:	ABB DI890			Kenttälaite:	Turck BI5-M18-Y1X-H1141
	Io = 21,0	mA	≤	OK	Ii = 60,0 mA
	Uo = 11,0	V	≤	OK	Ui = 20,0 Vdc
	Po = 58,0	mW	≤	OK	Pi = 200,0 mW
	Co = 1,970	μF	≥	OK	Ci = 150,0 nF
	Lo = 77,0	mH	≥	OK	Li = 150,0 μH
	II 1G [Ex ia Ga] IIC				II 1G II 1D Ex ia IIC T4-T6 IIIC T115°C
	IIA, IIB tai IIC			OK	
	max T3			OK	

Kaapeli:	NOMAK 2x(2x0,5)+0,5	Li tai Ci on alle 1% Lo ja Co arvoista
	Max pituus:	16237 m (Co-Ci)/Cc: Cc=0,00011209 μF/m
	Eristysvastus:	300 MΩ
	Suojajohtimen maadoitusvastus:	MΩ

} Merkitään pienin mittaus tulos

Yksityiskohtainen tarkastus soveltuvin osin SFS-Käsikirja 604-2 taulukko 2:n (s.132) mukaan:

Merkitään x = kunnossa, - = Huomautettavaa ja / = Ei kuulu tarkastukseen

### A Laite

A1	Piiri ja laitteiden asiakirjat vastaavat asennuspaikan tilaluokan vaatimuksia	X
A2	Asennettu laite on sama kuin suunnitelmassa on merkitty	X
A3	Piiri ja / tai laitteen tyyppi ja räjähdysryhmä ovat oikeat	X
A4	Laitteen lämpötilaluokka on oikea	X
A5	Asennuksen merkinnät ovat selkeät	X
A6	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja / tai massaukset ovat kunnossa	X
A7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X
A8	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty	X
A9	Suojarajoittimet, releet ja muut energiaa rajoittavat laitteet ovat hyväksytyä tyyppiä, ne on asennettu hyväksymisasiakirjojen vaatimusten mukaisesti ja ne on maadoitettu luotettavasti aina, kun maadoitus vaaditaan	X
A10	Johdinliitokset ovat kiristettyjä	X
A11	Piirilevyt ovat puhtaita ja vahingoittumattomia	X

### B Asennus

B1	Kaapelit on asennettu suunnitelman mukaisesti	X
B2	Kaapelivaipat on maadoitettu suunnitelman mukaisesti	X
B3	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X
B4	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X
B5	Ristykennät ovat oikein	X
B6	Maadoitusyhteydet ovat kunnossa (liitokset ovat tiukkoja ja johtimien poikkipinta-ala on riittävä) piireissä, joita ei ole galvaanisesti eroteltu	X
B7	Maadoitusliitokset varmistavat räjähdysuojauksen	X
B8	Exi-piirin maadoitus ja eristysresistanssi ovat hyväksytyjä	X
B9	Exi-piirin ja muiden piirien välinen erotus on toteutettu yhteisissä kytkentä- tai relekoteloissa	X
B10	Virtalähteen oikosulkusuojaus (tarvittaessa) on suunnitelmien mukainen	X
B11	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X
B12	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X

### C Ympäristö

C1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X
C2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X

## Käyttöönottotarkastuspöytäkirja, Exi-piirin varmentaminen

Tarkistus kohde:

RPM1

Reaktorin DC-700 sekoittimen RPM

Liitännäislaite:	Pepperl+Fuchs KFD2-SR2-Ex2.W	Kenttälaite: Turck BI5-M18-Y1X-H1141
Io =	13,0 mA	li = 60,0 mA
Uo =	10,5 V	Ui = 20,0 Vdc
Po =	34,0 mW	Pi = 200,00 mW
Co =	2,410 μF	Ci = 150,0 nF
Lo =	210,0 mH	Li = 150,0 μH
	II 3G [Ex nA nC] IIC	II 1G II 1D Ex ia IIC T4-T6 IIIC T115°C
	IIA, IIB tai IIC	
	max T4	OK
		OK
Kaapeli:	NOMAK 2x(2x0,5)+0,5	Li tai Ci on alle 1% Lo ja Co arvoista
	Max pituus:	20162 m (Co-Ci)/Cc: Cc=0,00011209 μF/m
	Eristysvastus:	300 MΩ
	Suojajohtimen maadoitusvastus:	MΩ
		Merkitään pienin mittaus tulos

Yksityiskohtainen tarkastus soveltuvin osin SFS-Käsikirja 604-2 taulukko 2:n (s.132) mukaan:

Merkitään x = kunnossa, - = Huomautettavaa ja / = Ei kuulu tarkastukseen

### A Laite

A1	Piiri ja laitteiden asiakirjat vastaavat asennuspaikan tilaluokan vaatimuksia	X
A2	Asennettu laite on sama kuin suunnitelmassa on merkitty	X
A3	Piiri ja / tai laitteen tyyppi ja räjähdysryhmä ovat oikeat	X
A4	Laitteen lämpötilaluokka on oikea	X
A5	Asennuksen merkinnät ovat selkeät	X
A6	Kotelo, lasit, lasin ja metallin väliset tiivisteet ja / tai massaukset ovat kunnossa	X
A7	Hyväksynnän vastaisia muutoksia ei ole tehty	X
A8	Hyväksynnän vastaisia näkyviä muutoksia ei ole tehty	X
A9	Suojarajoittimet, releet ja muut energiaa rajoittavat laitteet ovat hyväksytyä tyyppiä, ne on asennettu hyväksymisasiakirjojen vaatimusten mukaisesti ja ne on maadoitettu luotettavasti aina, kun maadoitus vaaditaan	X
A10	Johdinliitokset ovat kiristettyjä	X
A11	Piirilevyt ovat puhtaita ja vahingoittumattomia	X

### B Asennus

B1	Kaapelit on asennettu suunnitelman mukaisesti	X
B2	Kaapelivaipat on maadoitettu suunnitelman mukaisesti	X
B3	Kaapeleissa ei ole silminnähtäviä vaurioita	X
B4	Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket ovat kunnolla tiivistetyt	X
B5	Ristikytkenät ovat oikein	X
B6	Maadoitusyhteydet ovat kunnossa (liitokset ovat tiukkoja ja johtimien poikkipinta-ala on riittävä) piireissä, joita ei ole galvaanisesti eroteltu	X
B7	Maadoitusliitokset varmistavat räjähdysuojauksen	X
B8	Exi-piirin maadoitus ja eristysresistanssi ovat hyväksytyjä	X
B9	Exi-piirin ja muiden piirien välinen eroitus on toteutettu yhteisissä kytkentä- tai relekoteloissa	X
B10	Virtalähteen oikosulkusuojaus (tarvittaessa) on suunnitelmien mukainen	X
B11	Käytön erityisehdot (jos niitä on) täyttyvät	X
B12	Käyttämättömät kaapelit ovat oikein päätetyt	X

### C Ympäristö

C1	Laite on riittävästi suojattu korroosiolta, säältä, tärinältä ja muilta haitallisilta tekijöiltä	X
C2	Kohtuutonta pölyn tai lian kertymää ei esiinny	X