

Joonas Tervakangas
ABB:n instrumenttien esittelylaitteisto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

2.5.2016

Tekijä(t) Otsikko	Joonas Tervakangas ABB:n Instrumenttien esittelylaitteisto
Sivumäärä Aika	22 sivua + 1 liitettä 2.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Markku Inkinen Projektipäällikkö Joonas Starast
<p>Tämän työn tarkoituksena oli rakentaa ABB Oy:lle automaation instrumentteja esittelevä laitteisto. Laitteiston olisi tarkoitus olla helposti siirreltävässä, koska sitä käytetään mes-suilla esittelylaitteistona. Siirron jälkeen järjestelmän täytyisi olla myös helposti käyttöön-otettavissa. Esiteltävien instrumenttien pitää olla selkeästi näkyvillä ja kaikki ylimääräinen täytyy olla piilotettuna laitteiston rungon sisälle. Laitteistoa on tarkoitus käyttää myös ope-tusvälineenä, ABB:n automaatioluokassa.</p> <p>Laitteiston rakennetta lähdettiin tekemään virtausmittareiden tarpeiden mukaan. Tarvitaan vesipumppu ja kaksi vesisäiliötä, joihin vettä siirretään. Vettä siirretään taajuusmuuttaja ohjatulla pumpulla alemmasta säiliöstä ylempään säiliöön, ylemmästä säiliöstä vesi palau-tuu alempaan painovoimaisesti. Ylemmän säiliön veden pinnankorkeutta säädetään säätö-venttiilillä. Säiliöitä varten tarvittiin myös pinnankorkeusmittaukset, molemmille säiliöille asennettiin omat anturit. Lisäksi alemmasta vesisäiliöstä mitattiin veden johtokykyä ja säi-liön pohjaan kohdistuvaa painetta. Tätä prosessia ohjattaisiin ABB:n automaatiojärjestel-mällä.</p> <p>Laitteistolle saatiin rakennettua rungoltaan ja sähkötoiltaan onnistuneesti. Automaatiojär-jestelmän ohjelmisto jäi toteuttamatta ajan puutteen vuoksi.</p>	
Avainsanat	Instrumentointi, automaatio, suunnittelu, mittalaitteet

Author(s) Title	Joonas Tervakangas ABB Instrumentation Demo Unit
Number of Pages Date	22 pages + 1 appendices 2 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Markku Inkinen, Senior Lecturer Joonas Starast, Project Manager
<p>The main purpose of this Bachelor thesis was to design an instrumentation demo unit for ABB Ltd. The demo unit was planned to be displayed on trade fairs, so the unit needed to be easily movable. After moving the unit, commissioning should be as easy as possible. The displayed instruments should be clearly on show and everything else has to be hidden inside the casing. The unit is also meant to be used as teaching equipment in ABB's automation class.</p> <p>Planning of the unit started from an idea to build a good flow meter demo. Soon it was discovered that this would be a great opportunity to show also other water measurement meters. The basic idea of the unit is to have two water tanks and water pump to move the water around. The water pump is speed-controlled to demonstrate the functions of the flow meters. Water is pumped with the pump to the upper tank and gravity returns the water to the lower tank. Water level of the upper tank is controlled by a control valve. Both tanks are measured with level meters. There is a pressure meter in the lower tank that can be also used as a level meter. Conductivity measurement is taken also from the lower tank. This process is directed by ABB automation control.</p> <p>The unit's frame and electrical parts were built successfully. Automation control software was left to further development because of time limits.</p>	
Keywords	Instrumentation, automation, design, measuring device

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laitteiston suunnittelu	2
2.1	Käytettävät instrumentit	2
2.2	Runkosuunnittelu	3
2.3	Putkiston ja säiliöiden suunnittelu	4
2.4	Sähkösuunnittelu	8
3	Mittalaitteet	9
3.1	Virtausmittaus	9
3.1.1	Magneettinen virtausmittaus	9
3.1.2	Coriolis-massavirtausmittaus	10
3.2	Pinnanmittaus	12
3.2.1	Laser-pinnanmittaus	12
3.2.2	Magneettinen pinnanmittaus	13
3.3	Painemittaus	14
3.4	Johtokykymittaus	14
3.5	Elektropneumaattinen asennoitin	15
4	Automaation toimintakuvaus	17
4.1	Toimintakuvaus	17
4.2	IO-luettelo	17
4.3	Hälytykset	18
5	Lopputulos	19
	Lähteet	21

Liite 1. PI-kaavio

Lyhenteet

LI	Level indication. Pinnankorkeuden indikointi joka näytetään automaatiojärjestelmässä.
PI	Pressure indication. Paineen indikointi joka näytetään automaatiojärjestelmässä.
CI	Conductivity indication. Johtokyky indikointi joka näytetään automaatiojärjestelmässä.
FICAH	Flow indication control alarm high. Virtaus indikointi ja nopean virtauksen hälytys, jotka näytetään automaatiossa. Tätä virtausindikointia käytetään virtausnopeuden hallintaan.
FIAB	Flow indication alarm bubble. Virtaus indikointi ja kuplahälytys, jotka näytetään automaatiossa.
LICAH	Level indication control alarm high. Pinnankorkeuden indikointi ja ylärajahälytys, jotka näytetään automaatiojärjestelmässä.
HART	Highway Addressable Remote Transducer. Digitaalinen tiedonsiirtoprotokolla.

1 Johdanto

Tämän työn tarkoituksena oli suunnitella ABB Oy:lle teollisuudessa käytettävien mittalaitteiden esittelylaitteisto. Esittelylaitteiston tarkoituksena on esitellä yleisimpiä teollisuudessa käytössä olevia mittalaitteita. Prosessien hallinnan takia erilaiset mittaukset ovat hyvin tärkeitä, näin saadaan tarkalleen tehtyä sellaista tuotetta kuin halutaan. Oikein käytettynä mittalaitteilla saadaan prosesseista tehokkaampia ja voidaan säästää ylimääräisiä raaka-aine kuluja.

Tämä laitteisto on tarkoitus olla esillä ABB:n Suomen pääkonttorin valopihalla. Laitteisto on myös tarkoitettu messuilla mukana kuljetettavaksi, sekä käytettäväksi ABB:n automaatioluokan opetusvälineenä.

Tämä työ sai alkunsa, kun suunniteltiin laitteistoa, jolla mitataan veden virtausnopeutta. Laitteistoa suunniteltaessa havaittiin, että samassa laitteistossa olisi helppo esitellä myös muita mittalaitteita. Teollisuudessa käytetään paljon erilaisia mittalaitteita, nesteistä ja kaasuista mitataan esimerkiksi pinnankorkeutta, virtausta, lämpötilaa ja painetta. Virtauksien nopeuden säätämiseen voidaan käyttää pumpeissa taajuusmuuttajia, tai säätöventtiilejä.

Tähän työhön tuli esiteltäväksi kaksi erilaista virtausmittausta, kaksi sen takia että niiden toimintaperiaate on toisistaan poikkeava. Toinen mittaus mittaa massavärähtelyä, kun taas toinen mittaa sähkönjohtavuutta hyväksikäyttäen. Säiliöiden pinnankorkeutta mitataan magneettisella pinnankorkeusmittauksella, sekä toisen säiliön pinnankorkeutta mitataan laser pinnanmittauksella. Isomman säiliön pohjasta mitataan nesteen aiheuttamaa painetta. Tätä painemittausta voidaan myös käyttää pinnankorkeuden mittaamiseen. Laitteistoon laitettiin myös johtokykymittaus, jolla voidaan mitata nesteen sähkönjohtavuutta. Säiliöiden väliin asennettiin myös yksi säätöventtiili, tätä ohjataan elektropneumaattisella asennoittimella, jonka avulla saadaan venttiilin asento säädettyä halutuksi.

2 Laitteiston suunnittelu

Laitteiston suunnittelu lähti virtausmittausten pohjalta. Lähtökohtana oli siis ensisijaisesti mitata virtausta, kyseisessä mittauksessa pumpataan nestettä säiliöstä putkea pitkin samaan tai toiseen säiliöön. Suunnitteluvaiheessa huomattiin kuitenkin pian, että olisi parempi käyttää kahta säiliötä. Tällöin saataisiin käyttöön useampia eri instrumentteja esiteltäväksi. Tämän pohjalta pystytään suunnittelemaan säiliöiden asettelu, muut käytettävät mittaukset ja laitteiston runko.

2.1 Käytettävät instrumentit

Virtausmittareita haluttiin laitteistoon kaksi erilaista. Nämä virtausmittarit asennetaan peräkkäin samaan putkilinjaan, jolloin saadaan esiteltyä niiden erilaisia ominaisuuksia. Toinen mittaus perustuu massavärähtelyyn ja toinen mittaus nesteen sähkönjohtavuuteen. Virtausmittareille tarvitaan virtausta, joten laitteisto tarvitsee vesipumpun. Jotta virtausmittarit olisivat mahdollisimman havainnollistavia, vesipumppua ohjataan taajuusmuuttajalla, jolla voidaan säätää virtausnopeutta. Taajuusmuuttajalla säädetään vesipumpun moottorille syötettävän sähkön taajuutta, taajuutta muuttamalla vaikutetaan moottorin pyörimisnopeuteen, joka vaikuttaa veden virtausnopeuteen.

Kun käytössä on kaksi vesisäiliötä, halutaan molemmista säiliöistä mitata nesteen pinnankorkeutta. Tätä varten valitaan erilaiset mittalaitteet molempien säiliöiden kansiin. Säiliön pohjasta voidaan myös mitata painetta, jonka neste aiheuttaa. Tämä toimii kolmantena tapana mitata pinnankorkeutta. Toisen säiliön kanteen asennetaan magneettinen pinnankorkeusmittaus ja toisen säiliön kanteen asennetaan laser pinnanmittaus. Nämä mittaustavat poikkeavat täysin toisistaan. Magneettisella pinnanmittauksella voidaan mitata pelkästään nesteiden pinnankorkeutta, kun taas laser mittausta voidaan käyttää monissa eri sovelluksissa. Sillä voidaan mitata myös etäisyyksiä hyvin pitkältä matkalta.

Toinen säiliöistä on ylempänä kuin toinen, jotta nestettä voidaan laskea säiliöstä vähemmäksi painovoimaisesti. Säiliöiden väliin tulevaan putkeen asennetaan venttiili, jota säädetään pneumaattisella toimilaitteella. Tähän toimilaitteeseen asennetaan asennoitin, jonka avulla voidaan säädellä ylemmän säiliön pinnankorkeutta. Automaattiorjestelmästä

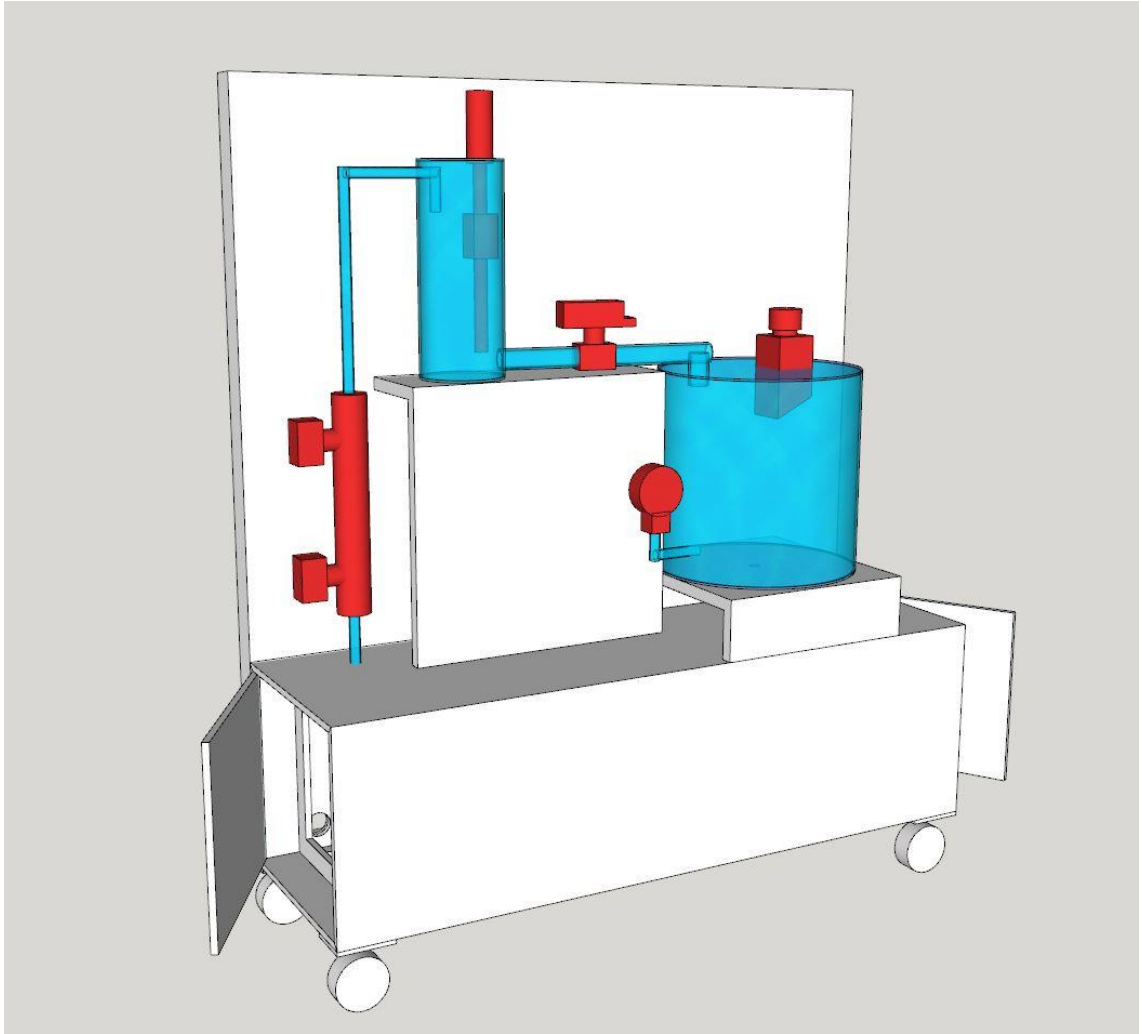
voidaan asettaa pinnankorkeudeksi 20 cm, tällöin asennoitin säätää venttiiliä auki tai kiinni, pitääkseen pinnankorkeuden halutulla tasolla.

Tiedetään, että prosessissa käytettävä neste on sähköä johtavaa ja koska toinen virtausmittaus perustuu sähkönjohtavuuteen, päätettiin alemman säiliön pohjaan asentaa myös johtokykymittaus. Kyseisellä mittauksella voidaan tarkistella nesteen sähkönjohtavuutta.

Kun käytettävä instrumentointi oli selvillä, piirrettiin prosessista PI-kaavio (liite 1).

2.2 Runkosuunnittelu

Kun laitteiston vaatimukset ovat tiedossa, laitteistolle täytyy suunnitella ja rakentaa runko. Rungon ulkonäkö suunniteltiin yhdessä Ständi Oy:n kanssa. ABB määritteli laitteiston osat ja sen, kuinka ne tulee näkyä laitteistossa. Ständi vastasi kokonaisuuden yleisnäkymästä, jotta laitteisto olisi visuaalisesti hyvännäköinen. Markku Pietiäinen (Ständi Oy) piirsi kokonaisuudesta havainnekuvan, josta pystyttiin näkemään, miltä laitteisto tulisi näyttämään (kuva 1).



Kuva 1. Laitteiston luonnoskuva (kuvan tehnyt Markku Pietiäinen)

2.3 Putkiston ja säiliöiden suunnittelu

Putkiston ja säiliöiden haluttiin olevan kirkasta muovia, jotta säiliöiden nesteen pinnan korkeus voidaan havaita helposti myös visuaalisesti. Putkien haluttiin olevan kirkkaita, sillä putkistossa näkyvät kuplat tulee nähdä. Putkistoon tehdään kuplia, jotta ne häiritsevät virtausmittauksia. Virtausmittaukset kykenevät havaitsemaan nämä kuplat. Kun niitä on tarpeeksi, mittaus ilmoittaa tästä tulevasta häiriöstä. Ilmakuplat tuotetaan paineilmalla putkilinjastoon vesipumpun jälkeen. Paineilman virtausta säädetään kuristusventtiilillä. Tämän säädettävän venttiilin avulla voidaan havainnollistaa, milloin mittaukset huomaavat häiriön.

Alemman vesisäiliön korkeus on 500 mm ja halkaisija 400 mm. Tällöin säiliön vetoisuudeksi tulee 62 l. Säiliö täytetään kuitenkin enimmillään 400 mm:n korkeuteen, jolloin säiliössä oleva nestemäärä on 50 l. Ylemmän vesisäiliön korkeus on 500 mm ja halkaisija 200 mm, jolloin säiliön vetoisuus on 15 l. Tämä säiliö täytetään kuitenkin enimmillään 400 mm korkeuteen jolloin säiliön nestemäärä on 12,5 l. Säiliöiden tilavuudet lasketaan kaavalla 1.

$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

π = pi

r = säde

h = korkeus

V = tilavuus

Yläsäiliö tyhjenetään vapaalla pudotuksella gravitaation avulla. Tällöin pitää ottaa huomioon poistoputken riittävä suuruus, jotta vesi poistuu säiliöstä riittävän nopeasti. Alemmasta säiliöstä pumpataan vettä ylempään säiliöön. Tällöin olisi hyvä, että vesi poistuisi nopeammin kuin pumppu kykenee pumppaamaan vettä. Pumppua valitessa on määriteltävä maksimivirtaukseksi 3 m³/h, joten putken olisi pystyttävä poistamaan tämä määrä vettä säiliöstä pinnankorkeuden ollessa 400 mm. Ensin laskettiin poistoputken pinta-ala kaavalla 2, tämän jälkeen laskettiin poistovirtaus kaavalla 3.

$$A = \pi * r^2 \quad (2)$$

$$Q_{out} = A * \sqrt{2 * g * h} \quad (3)$$

Q_{out} = ulosvirtaus

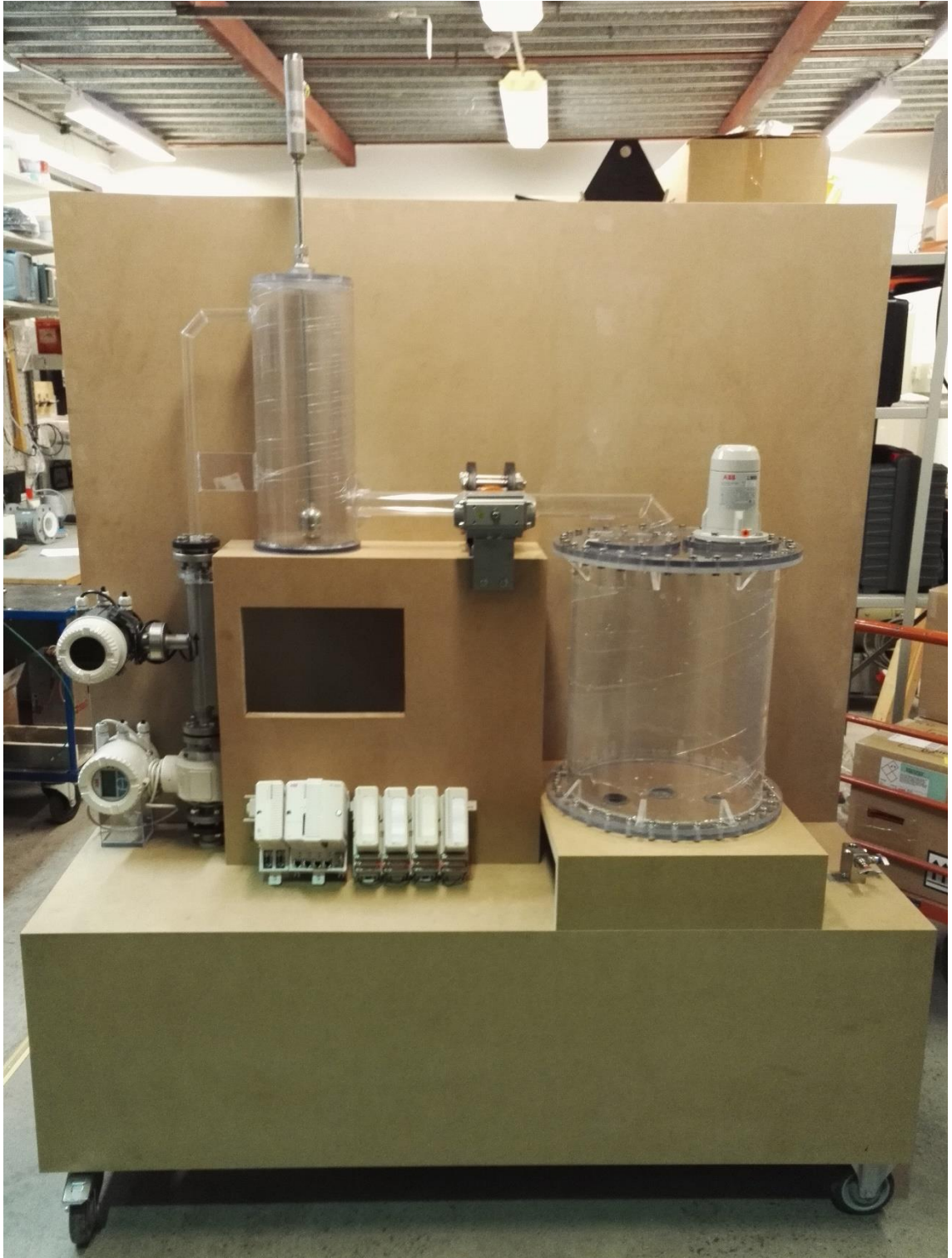
A = pinta-ala

g = 9.81m/s²

Poistoputki joka on halkaisijaltaan 20 mm, kykenee poistamaan nestettä 3,17 m³/h säiliöstä, jonka pinnankorkeus on 400 mm. Käytettävä putki on kuitenkin 50 mm halkaisijaltaan, tällöin pinnankorkeuden ollessa 400 mm poistoputkesta virtaa 19,8 m³/h. Laskennassa ei oteta huomioon putkiston aiheuttamaa virtausvastusta, täten virtaus on hivenen hitaampi.

Suuremman putkikoon ansiosta pystytään paremmin havainnollistamaan asennoittimen tarkkuutta olettaen, että asennoittimen PID-säätimen arvot on oikeanlaiset. Koska putkikoko on suurempi, pienilläkin venttiilin asennonmuutoksilla vaikutetaan huomattavasti veden virtaukseen.

Kuvasta 2 nähdään laitteisto esiasennettuna paikoilleen.



Kuva 2. Rungon ja putkiston esiasennus

Putkiston ja säiliöt rakensi Oy Sirra Ab.

2.4 Sähkösuunnittelu

Sähköjärjestelmän suunnittelu aloitettiin jakamalla sähköä kuluttavat laitteet kahteen ryhmään, 230 VAC:n tarvitsevat laitteet ja 24 VDC:n tarvitsevat laitteet. Tämän jälkeen selvitettiin laitteiden virrankulutus, jotta voidaan kaikille laitteille mitoittaa oikean kokoinen sulake, sekä tiedetään koko järjestelmän virrankulutus. 24 V:n järjestelmää varten tarvitaan oma virtalähde joka muuntaa 230 VAC jännitteen 24 VDC jännitteeksi. Sähkösyöttöä varten rakennetaan oma kytkentäkotelo, jonka kautta sähköt jaetaan laitteille.

Automaatiojärjestelmä kommunikoi mittalaitteiden kanssa milliampeerisignaaleilla, sekä väyläliikenteellä. Milliampeerisignaali on 4–20 mA, esimerkiksi virtausmittauksessa 4 mA kertoo, että virtausta ei ole ja 20 mA tarkoittaa maksimivirtausta. Signaalikaapelit on syytä viedä erillään virransyöttökaapeleista, koska virransyöttökaapeleista voi indusoitua virtaa signaalikaapeliin. Tällöin automaation saama mittaustulos on virheellinen.

3 Mittalaitteet

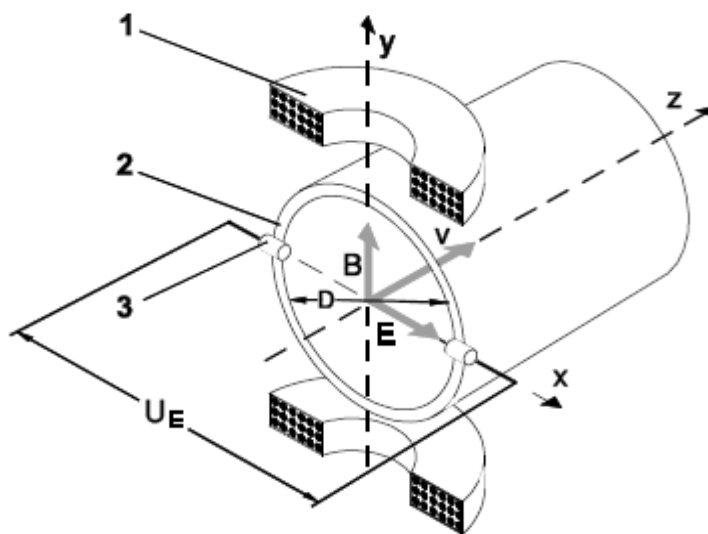
Erilaisia mittalaitteita käytetään teollisuudessa prosessien hallintaan. Samaan tarkoitukseen voi olla tarjolla monta erilaista mittalaitetta, ja prosessin ominaisuuksien mukaan siihen valitaan sopiva.

3.1 Virtausmittaus

Tässä laitteistossa mitataan nesteen virtausnopeutta, kun vettä pumpataan alemmasta säiliöstä ylempään vesisäiliöön. Virtauksen mittaamiseksi käytetään kahta erilaista virtausmittaria. Toinen virtausmittaus perustuu sähköiseen mittaukseen ja toinen mittaus perustuu värähtelyvoimaan.

3.1.1 Magneettinen virtausmittaus

Magneettinen virtausmittaus muodostaa virtausputken magneettikentän. Virtausputken ylä- ja alapuolella (kuva 3, numero 1) on magneettikela. Kun neste virtaa kelojen välistä, syntyy jännite, jota virtausputken sivulla olevat elektrodit (kuva 3, numero 3) mittaavat. Tästä syystä mitattavan nesteen on oltava sähköä johtavaa. Sähkönjohtavuus tulisi olla yli $2 \mu\text{S}/\text{cm}$, sillä mikäli sähkönjohtavuus on pienempi, alkaa mittauksessa ilmetä häiriötä. (3.)



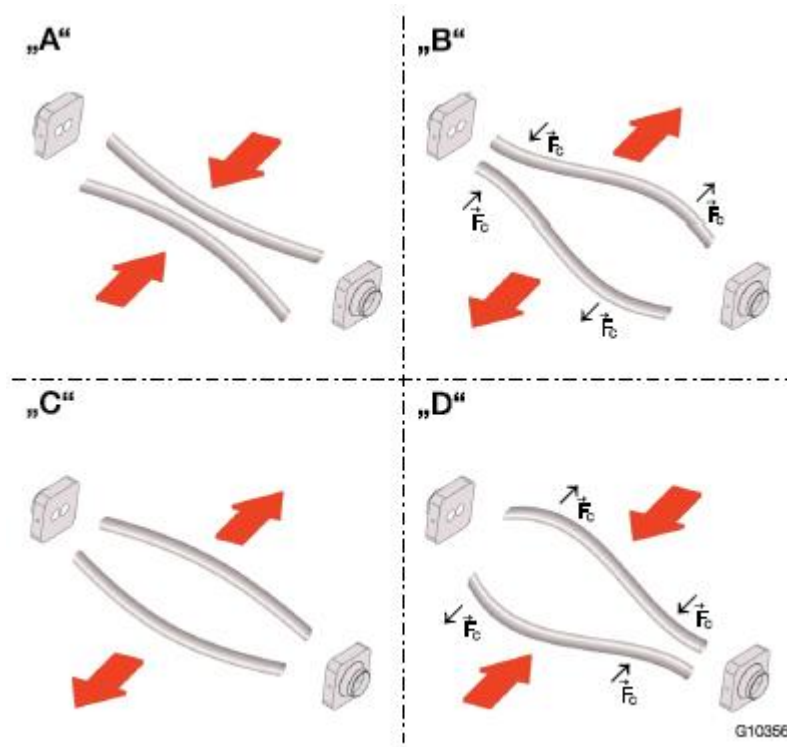
Kuva 3. Magneettisen virtausmittausputken rakenne (3.)

Asennuksessa on huomioitava riittävä suoran putken osuus ennen virtausputkea, sekä virtausputken jättöpuolella. Myös mittapaikan sijoituksella on merkitystä, putkessa ei saisi olla ilmakuplia, joten mittausta ei tulisi sijoittaa prosessin ylimpään kohtaan, eikä alaspäin laskevaan putkeen. (2. 3.)

Tähän mittaukseen valittiin ABB:n FEP500 magneettinen virtausmittaus. Virtausputken sisähalkaisija on 15 mm, mittaputken mitta-alue on 0,120–6 m³/h. Mittaus on varustettu mittaputkeen integroidulla näytöllä, josta voidaan muuttaa asetuksia ja nähdä paikallisesti virtausnopeus. Virtausmittaus kommunikoi automaatiojärjestelmän kanssa milliampeeri viestillä, jolla lähetetään virtausnopeus tieto automaatioon 4–20 mA mittasignaalinä. (2. 3.)

3.1.2 Coriolis-massavirtausmittaus

Massavirtausmittaus perustuu coriolis-värähtelymittaukseen. Virtausputki haarautuu kahdeksi putkeksi ja putki tekee U-mallisen mutkan. Kun neste virtaa virtausputkissa, siitä aiheutuu värähtelyä virtausputkeen. Värähtelyn voimaa mitataan ja Newtonin toisen lain mukaan voima = massa x kiihtyvyys. Tämän perusteella voidaan hyvin tarkasti mitata putkessa liikkuvan nesteen massaa ja virtausnopeutta. Kuvassa 4 on havainnollistettu mittaputken värähtelyä. (4. 5.)



Kuva 4. Coriolis-värähtely virtausputkissa (5.)

Virtausmittaus on täysin riippumaton nesteen lämpötilasta, tiheydestä, viskositeetistä, paineesta ja nesteen johtokyvystä. Tämän ansiosta coriolis-massavirtausmittaus sopii lähes kaikkien nesteiden ja kaasujen mittaamiseen. Mittaukseen on integroitu lämpötilamittaus, joka tekee automaattisesti korjaukset mittaustulokseen, kun mitattavan aineen lämpötila muuttuu, koska lämpötila vaikuttaa nesteen tiheyteen. (5.)

Massavirtausputken asennus on huomattavasti vapaampaa kuin magneettisen virtausmittauksen, massavirtausmittaus ei vaadi suoraa putken osuutta ollenkaan. On kuitenkin muistettava nestettä mitattaessa, että virtausmittaria ei asenneta linjan korkeimpaan kohtaan, koska ilmakuplat häiritsevät mittausta. Kaasuja mitatessa virtausputkea ei tulisi asentaa linjan matalimpaan paikkaan, koska neste kertyy alas ja tämä voi taas häiritä mittausta. (5.)

Tämän työn toinen virtausmittaus on ABB:n FCB350 coriolis-massavirtausmittaus. Virtausputken sisähalkaisija on 15 mm, mittaputken mitta-alue 0–8000 kg/h. Mittaus on varustettu mittaputkeen integroidulla näytöllä, josta voidaan muuttaa asetuksia ja nähdä paikallisesti virtausnopeus. Virtausmittaus kommunikoi automaatiojärjestelmän kanssa

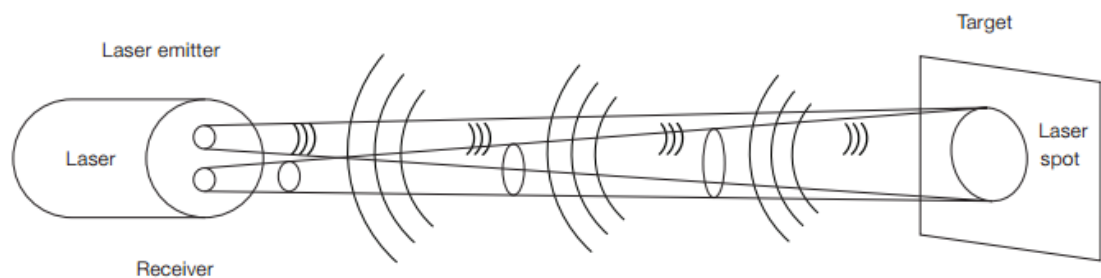
milliampeeriviestillä, jolla lähetetään massavirtaustieto automaatioon 4–20 mA:n mittasignaalinä. (4. 5.)

3.2 Pinnanmittaus

Laitteiston molempien säiliöiden pinnankorkeutta mitataan erilaisilla mittalaitteilla. Ylemmän säiliön pinnankorkeutta mitataan mekaanisesti toimivalla magneettisella mittasauvalla, kun alemman säiliön pintaa mitataan lasersäteen avulla.

3.2.1 Laser-pinnanmittaus

Alemman säiliön pinnanmittaukseen käytetään laser-pinnanmittausta. Mittalaite lähettää lasersäteitä pulsseina. Lasersäde kimpoaa takaisin mitattavasta nesteestä ja säde palaa takaisin mittalaitteelle, jonka vastaanotin tunnistaa lasersäteen. Laite laskee, kuinka kauan lasersäteellä kului aikaa lähettimeltä vastaanottimelle, ja mittalaite laskee tämän avulla nesteen pinnankorkeus. Kuvassa 5 on esitetty, kuinka lasersäde lähetetään ja kun se palautuu vastaanottimelle. (6.)



Kuva 5. Laser etäisyys mittauksen toimintaperiaate (6.)

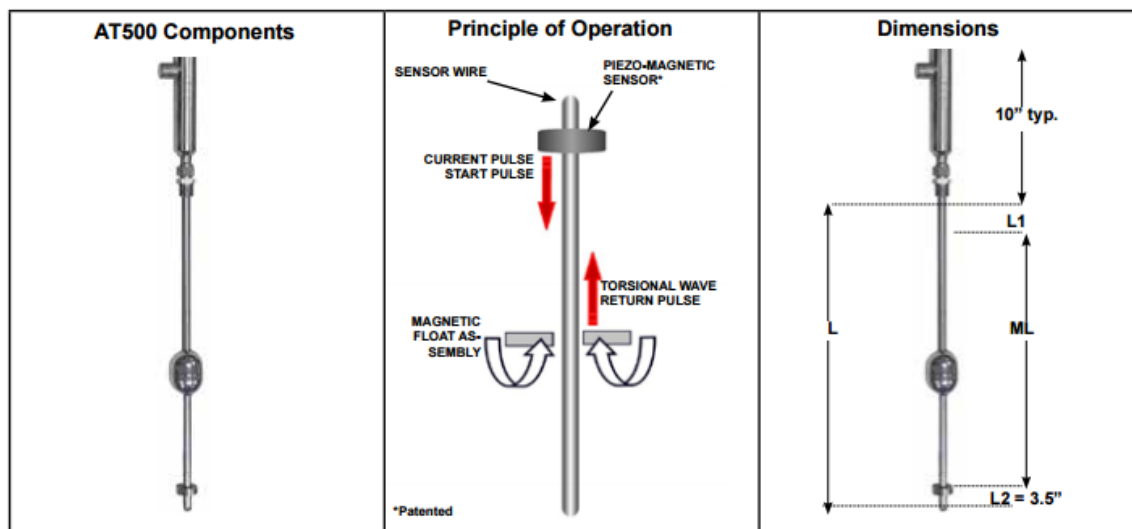
Etäisyys, jota tällä mittalaitteella voidaan mitata, riippuu mitattavan aineen väristä. Mitä tummempi mitattavan aineen väri on, sitä lyhempi on mitattava etäisyys, koska tummat värinsävyt heijastavat huonosti valoa takaisin. Myöskään kirkkaiden nesteiden etäisyyden mittaus ei onnistu, koska lasersäde menee kirkkaan nesteen pinnasta läpi, eikä heijastu oikein takaisin. Nesteen pintaa mitatessa säde on kohdistettava suoraan mitattavaan nesteeseen, sillä jos mittaus on vinossa nesteen pintaan nähden, lasersäde voi

kimmota ohi vastaanottimen. Pöly ja höyry häiritsevät myös mittausta ja mikäli mitattavassa aineessa esiintyy pölyä tai höyryä, on käytettävä apuna mittalaitteeseen asennettavaa suoja-putkea. (6. 7.)

Tässä pinnanmittauksessa käytetään ABB:n LM80-mittalaitetta. Mitattavan aineen väristä riippuen tällä mittauksella voidaan mitata etäisyyttä aina 100 m:in asti. Lisäksi voidaan mitata etäisyyttä käyttäen erillistä heijastinnauhaa, jonka avulla voidaan mitata aina 150 m:in asti. Mittalaite kommunikoi automaatiojärjestelmään milliampeeriviestillä, joka voidaan skaalata halutun laiseksi. Mittaus voidaan asetuksia muuttamalla laittaa mittaamaan etäisyyttä tai korkeutta, joka vaikuttaa suoraan lähtevään mittaviestiin. (6. 7.)

3.2.2 Magneettinen pinnanmittaus

Ylemmän säiliön pinnanmittaukseen käytetään magneettista pinnanmittausta, joka mittaa pinnankorkeutta mekaanisesti. Säiliön sisällä on mittasauva, jota pitkin liikkuu magneettinen koho. Mittasauvan sisällä on lanka, johon tehdään sähköinen pulssi. Magneettinen koho palauttaa pulssin takaisin ja kohon vaihtaessa paikkaa se vaikuttaa pulssin kulkeman matkan keston. Laite laskee tämän avulla, kuinka korkealla koho on ja tällöin tiedetään nesteen pinnankorkeus. Kuvassa 6 on esitetty mittauksen rakenne, toimintaperiaate ja laitteen mittakuva. (8.)



Kuva 6. Magneettinen pinnanmittaus toimintaperiaate ja mittakuva (8.)

Kohon paino määritellään aina mitattavan nesteen mukaan, koska kohon täytyy kellua nesteen pinnalla. Jos koho on liian painava, se ei nouse pinnan mukana. Jos mitattava neste on vaahtoavaa ja vaahto on paksua, voi koho nousta vaahton mukana ylös. Tällöin ei tiedetä nesteen todellista pinnankorkeutta. Silloin valitaan erilainen mittaus, koska tämä ei sovellu siihen.

Ylemmän säiliön pinnanmittauksessa käytettiin ABB:n AT500 magneettista pinnanmittausta. Mittasauvan pituus on vapaasti valittavissa. Tämä mitoitetaan aina tarpeiden mukaan. Mittaus kommunikoi automaatiojärjestelmän kanssa milliampeeriviestillä. (8. 9.)

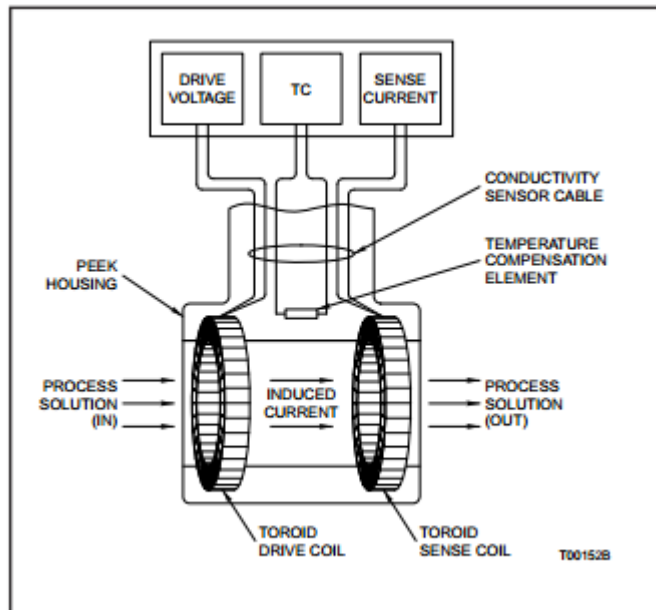
3.3 Painemittaus

Painemittaus mittaa anturiin kohdistuvaa painetta, ja kyseistä mittausta voidaan käyttää monissa eri prosessin osa-alueissa. Painemittauksia voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin. Sillä voidaan mitata esimerkiksi prosessin painetta, virtausta, pinnankorkeutta. Painemittaus kannattaa mitoittaa tarkasti prosessin mukaan, koska liian suurella mitta-alueella mittauksen tarkkuus kärsii.

Tässä työssä käytetään ABB:n 266HSH-painemittausta mittaamaan alemman säiliön pohjaan kohdistuvaa painetta, tätä tietoa voidaan käyttää muun muassa pinnankorkeuden seurantaan. Mittaus kommunikoi automaatiojärjestelmän kanssa langattoman HART-protokollan avulla. Lisäksi mittaus toimii pariston avulla, jolloin se ei vaadi kaapelointia ollenkaan. Paristolla toimivan mittauksen toiminta-aika on noin 10 vuotta käytettäessä 32 sekunnin kommunikointiaikaväliä. (10.)

3.4 Johtokykymittaus

Johtokykymittaus toimii kahden toroidin avulla. Toiseen toroidiin johdetaan jännite (kuva 7, toroid drive coil), joka muodostaa magneettikentän toroidin keskelle. Neste virtaa toroidin lävitse toiselle toroidille, joka mittaa nesteeseen indusoitunutta virtaa (kuva 7, toroid sense coil). Mitkään osat eivät kosketa mitattavaa nestettä, vaan ne on vuorattu suoja-aineen sisään. Anturiosassa on myös lämpötilamittaus, jonka avulla saadaan parempi mittaustulos. (12.)



Kuva 7. Johtokykyanturin rakenne (12.)

Tässä työssä käytetään ABB:n ACA592-johtokykyä lähetintä ja TB404-anturia. Johtokykyanturi sijoitetaan alemman vesisäiliön pohjaan. Anturin voisi sijoittaa myös putkistoon, mutta tässä se haluttiin sijoittaa näkyvälle paikalle. Anturin tulee olla kokonaan veden peittämänä, jotta mittaus toimisi oikein. Mitta-alue tälle anturityypille on 0–2000 mS/cm, tässä laitteistossa käytetään hanavettä, jonka johtokyky on noin 40 mS/cm. Mittaus kommunikoi automaation kanssa milliampeeriviestillä. (11. 12. 13.)

3.5 Elektropneumaattinen asennoitin

Asennoittimella säädetään venttiilin asentoa ja se tarvitsee toimilaitteen, jota sillä ohjataan. Asennoitin on sähkötoiminen ja sillä säädetään toimilaitteelle menevää ilmaa, jonka vaikutuksesta venttiili vaihtaa asentoa. Asennoitin/toimilaite voi olla yksi- tai kaksitoiminen, yksitoimista ohjataan paineilmaille toiseen suuntaan ja toiseen suuntaan jousivoimalla. Kaksitoimista ohjataan molempiin suuntiin paineilman avulla. Yksitoimisia käytetään kriittisissä paikoissa, joissa vikatilanteen sattuessa sähkö tai paineilma katoavat, venttiili vaihtaa asentoon jousivoiman avulla turvasuuntaan. Kaksitoiminen jää vikatilanteessa asentoon, jossa se oli ennen vian tuloa. On täysin prosessista kiinni, kumpi vaihtoehto on turvallisempi, ja toimilaite täytyy valita sen mukaan.

Tässä työssä käytetään ABB:n EDP300-asennoitinta, joka on kaksitoiminen. Lisäksi asennoittimeen yhdistettiin NHU200 wireless HART -adapteri, jolloin laite kommunikoi automaation kanssa langattoman HART-protokollan avulla. Toimilaite on kaksitoiminen ja sillä säädetään 50 mm:n läppäventtiiliä. (13. 14.)

4 Automaation toimintakuvaus

Prosessin tarkoitus on kierrättää vettä säiliöstä toiseen. Yläsäiliöön pumpattavan veden virtausnopeutta säädetään taajuusmuuttajaohjatulla pumpulla, virtausnopeus saadaan virtausmittarilta. Yläsäiliön pinnankorkeutta säädetään venttiilillä. Venttiiliä avatessa vesi virtaa nopeammin pois säiliöstä, jolloin vedenpinta laskee. Vesi valuu painovoiman avulla pois säiliöstä.

4.1 Toimintakuvaus

Automaatiojärjestelmän on hoidettava automaattisesti vesiprosessia. Operaattori voi asettaa haluamansa arvon säiliön 2 pinnankorkeudelle ja asettaa haluamansa virtausnopeus säiliöstä 1 säiliöön 2 johtavaan linjaan. Järjestelmä voidaan myös kytkeä käsiajolle jolloin operaattori voi itse säädellä vesipumpun nopeutta ja venttiilin asentoa. Mikäli operaattori kasvattaa virtausnopeutta liikaa tai vedenpinta nousee säiliössä 2 liian korkeaksi, automaatiojärjestelmä ottaa prosessin hallintaan vahinkojen välttämiseksi.

Jos virtausmittaus 2F002 havaitsee ilmakuplia virtauksessa, vesipumpun nopeus on laskettava 30 %:n jos nopeus oli ennen kuplien havaitsemista pienempi, nopeutta ei saa kasvattaa.

4.2 IO-luettelo

IO-luettelossa kerrotaan kaikki laitteet jotka on liitetty automaatiojärjestelmään. Jokaiselle instrumentille annetaan oma TAG-tunnus. Tunnuksilla erotetaan laitteet toisistaan, eikä samaa TAG-tunnusta voida käyttää toisella laitteella. Tunnuksen ensimmäinen numero kertoo, mihin osaan järjestelmää laite kuuluu. Numero yksi kertoo laitteen liittyvän alasäiliöön (liite 1 PI-kuvassa nimen tank 1 mukaisesti) ja numero kaksi kertoo laitteen liittyvän yläsäiliöön (liite 1 PI-kuvassa nimen tank 2 mukaisesti). Numeron jälkeinen kirjain kertoo mitä laite mittaa, lyhenne tulee suoraan englanninkielen sanasta kuten flow. Tässä poikkeuksena on pumpun nimike, joka on merkitty pisteellä, koska tämä ei ole mittaus. Viimeisenä tulee juokseva numerointi. Kun samoja laitteita on useampi, ensimmäinen saa numeron yksi.

Luettelossa kerrotaan myös signaalityyppi, mitta-alue, mittayksikkö ja hälytysrajat. Taulukossa 1 nähdään järjestelmän IO-luettelo.

Taulukko 1. IO-luettelo

IO-List									
TAG	Name	Type	Range min.	Range Max.	Unit	LL	L	H	HH
1.001	Water pump	SIAH	0	100	%			80	
1C001	Tank1 conductivity	CIAL	0	100	µS/cm		25		
1L001	Tank1 Level	LI	0	50	cm				
1P001	Tank1 pressure	PI	0	50	mBar				
1V001	Gravity tank2 valve	XI	0	100	%				
2F001	Water flow meter	FICAH	0	3	m ³ /H			2,5	
2F002	Water flow meter 2	FIAB	0	3	m ³ /h				
2L001	Tank2 level	LICAH	0	50	cm			35	40
2V002	Air valve	XI	0	1					

4.3 Hälytykset

Jos vesipumpun 0.001 ohjausarvo nousee yli 80 %, tästä tulee hälytys ja ohjausta on pienennettävä, koska virtaus kasvaa liian suureksi.

Virtausmittaus 2F001 hälyttää, jos virtausnopeus nousee yli 2,5 m³/h. Tämän seurauksen pumpun 0.001 nopeutta pienennetään, jotta virtaus saadaan laskettua pienemmäksi.

Jos nesteen johtokyky laskee alle 25 µS/cm, tulee johtokykymittaukselta 1C001 hälytys, koska nesteen johtokyky on matala ja tämä aiheuttaa häiriötä virtausmittaus 2F001:lle.

Mikäli säiliöstä 1 säiliöön 2 johtavassa putkessa on ilmakuplia, virtausmittaus 2F002 aiheuttaa hälytyksen.

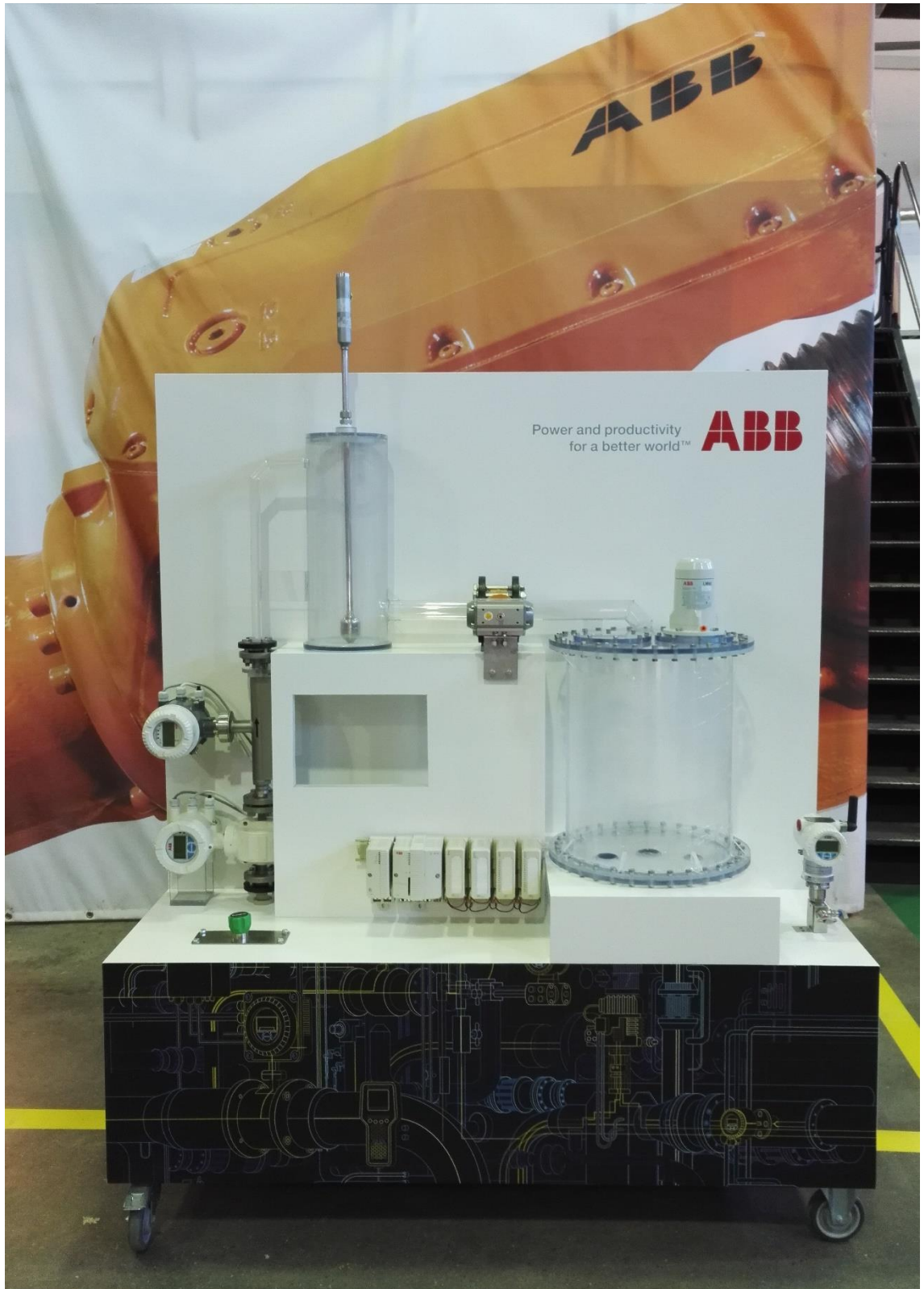
Mikäli säiliö 2 vedenpinta nousee yli 35 cm, venttiiliä 2V002 on avattava, jotta vedenpinta laskisi. Mikäli vedenpinta jatkaa nousua ja ylittää 40 cm, on venttiili 2V002 avattava kokonaan.

5 Lopputulos

Työn tarkoituksen oli rakentaa ABB Oy:lle automaation instrumenttien esittelylaitteisto. Alkuperäisen suunnitelman mukaan tarkoitus oli myös saada toimiva automaatiojärjestelmä aikaiseksi. Tälle ei kuitenkaan jäänyt aikaa ja se päätettiin jättää tekemättä. Automaation prosessinohjauksen tulee tekemään joku muu, tässä työssä annettua toimintakuvausta apuna käyttäen.

Laitteistolle saatiin rakennettua hyvä runko, johon laitteet asennettiin. Kaikkia laitteita ei kuitenkaan saatu paikoilleen, koska niiden toimitus viivästyi. Rungosta tuli helposti liikuttava ja jämässä. Kokonaisuus näytti hyvältä (Kuva 8.), kun kaikki saatavilla oleva laitteisto saatiin asennettua. Laitteiston koko aiheutti omat haasteensa, sillä laitteita, joita ei haluttu näkyville, asennettiin rungon sisään piiloon.

Työn aikana täytyi tutustua eri mittalaitteiden ominaisuuksiin tarkemmin, jotta ne saataisiin toimimaan kokoonpanossa oikein. Sähkökuvien piirtäminen oli minulle täysin uutta, kuvien tekemisessä auttoivat Markku Ikonen ja Joonas Starast. He neuvoivat, millaiset kuvien tulisi olla ja mitä kannattaa ottaa huomioon.



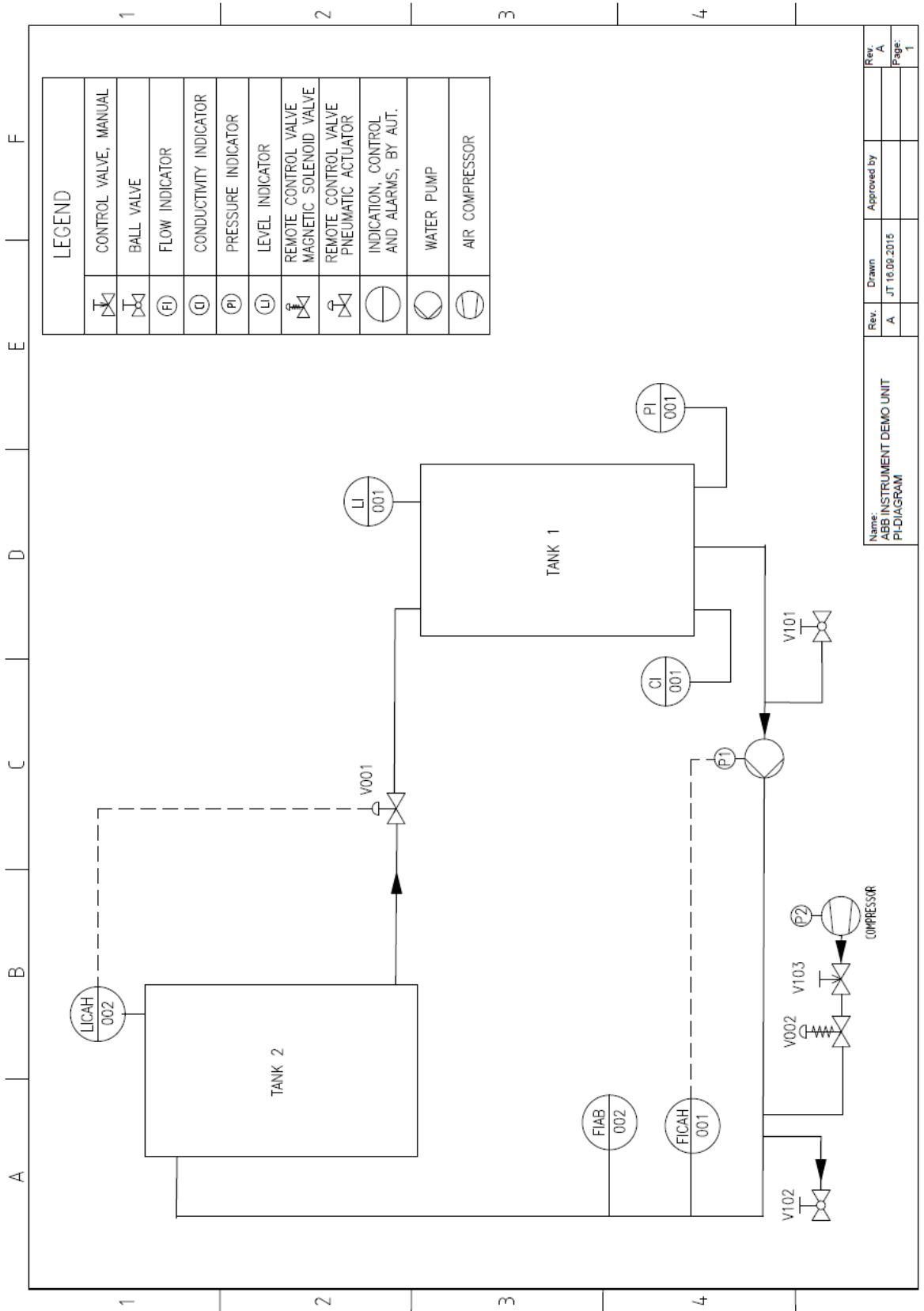
Kuva 8. Laitteisto kokoonpanovaiheessa

Lähteet

- 1 Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.
- 2 Magneettinen virtausmittaus FEP500 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/c4148da8f7404266a9e6dae3745d3783/DS_FEP500_EN_D.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 3 Magneettinen virtausmittaus FEP500 manuaali. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/63809a426c2f3be2c1257de000302359/OI_FEX300_FEX500_EN_G.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 4 Coriolis massavirtausmittaus FCB350 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/29a629616ead5e6dc1257e1400310b88/DS_FCB300_FCH300_EN_G.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 5 Coriolis massavirtausmittaus FCB350 manuaali. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/d65feba9d7ab7fd7c1257cdd0046180e/OI_FCB300_FCH300_EN_F.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 6 Laser pinnanmittaus LM80, LM200, VM3D esite. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/64f97342ed29452f8670cb3733d32f86/PB_LM80_LM200_VM3D-EN_B.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 7 Laser pinnanmittaus LM80 manuaali. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/973d8bd2cdfd4050ac578e36aad95142/OI_LM80-EN%20Rev%20F.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 8 Magneettinen pinnanmittaus AT500 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/d43df7de652f40e58c12ebf1d8239cc7/DS_AT500-EN_M.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 9 Magneettinen pinnanmittaus AT500 manuaali. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/cfdaa028614a113885257b2500787a31/OI_AT500-EN_C.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 10 Painemittaus HPH266 manuaali. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/742ff88a39f9ece8c1257e19004bb1c6/OI_266WIHART-EN-A-02_2015.pdf. Luettu 10.1.2016.

- 11 Johtokykymittaus ACA592 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/0519dcd0a0a19afbc12579bb00401a5b/DS_ACA592-EN.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 12 Johtokykyanturi TB404 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/71012faf6d57ba7fc1257bc2004f6d40/DS_TB404-EN_D.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 13 Johtokykymittaus ACA592 manuaali. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/a7970ce22e26f85fc1257b8100346ae0/OI_ACA592_TC-EN_A.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 14 Asennoitin EPD300 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/1b1a0a15d7fe178fc1257aa0003004f5/DS_EDP300_EN_B.1.pdf. Luettu 10.1.2016.
- 15 Langaton HART adapteri NHU200 tietolomake. Verkkodokumentti: https://library.e.abb.com/public/280a8de08bac878fc125785e004e33c5/DS_NHU200-EN.pdf. Luettu 10.1.2016.

PI-kaavio



LEGEND	
	CONTROL VALVE, MANUAL
	BALL VALVE
	FLOW INDICATOR
	CONDUCTIVITY INDICATOR
	PRESSURE INDICATOR
	LEVEL INDICATOR
	REMOTE CONTROL VALVE MAGNETIC SOLENOID VALVE
	REMOTE CONTROL VALVE PNEUMATIC ACTUATOR
	INDICATION, CONTROL AND ALARMS, BY AUT.
	WATER PUMP
	AIR COMPRESSOR

Name: ABB INSTRUMENT DEMO UNIT P-DIAGRAM		Rev. A	Drawn JT 16.09.2015	Approved by	Rev. A
		A			Page: 1