

MITTALAITTEIDEN TOIMINNALLISUUDEN JA KORVATTAVUUDEN TARKASTELU

| | |
|---|-----------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | |
| Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma | |
| Työn tekijä(t) Mauri Saarela | |
| Työn nimi Mittalaitteiden toiminnallisuuden ja korvattavuuden tarkastelu | |
| Päiväys | 13.5.2017 |
| Sivumäärä/Liitteet | 46/5 |
| Ohjaaja(t) Prosessi-insinööri Ari Juntunen, sähkö- ja automaatioasiantuntijat Jari Turunen ja Janne Ruotsalainen, lehtori Pasi Lepistö | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy | |
| <p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Siilinjärven Yara Suomi Oy:n kiilletehtaan mittalaitteiden toiminnallisuutta sekä niiden korvattavuutta. Työ rajattiin kiilletehtaan kiilleprosessiin. Työssä tutustuttiin Yaran SAP-järjestelmään, josta jokaisen koneposition mittalaitteiden dokumentit käytiin läpi, jotta ylimääräiset ja käyttämättömät konepositiot saatiin selville tietokannasta. Työssä keskityttiin löytämään kiilleprosessista kriittisimmät laitteet, joiden toiminta on prosessin kannalta tärkeää. Tärkeimmille laitteille etsittiin vaihtoehtoisia mittalaitteita, joita olisi mahdollista käyttää prosessin mittauksissa. Prosessin kannalta tavoitteena oli lisäksi tutkia prosessin kehittämistoimenpiteitä mittalaitteiden ja analyysimittausten selvittämisellä, joiden avulla oli mahdollista löytää prosessinkehittämiseen sopivia korjausehdotuksia.</p> <p>Työn toteutus aloitettiin tutustumalla kiilleprosessin mittalaitteisiin ja PI-kaavioihin. Aluksi tuli selvittää Yaran tietokannasta kiilleprosessissa olevat mittalaitteet ja niiden ajantasaisuus. Yaran SAP-järjestelmän konepositioiden selvityksen jälkeen tietokannasta haettiin mittalaitteiden tiedot, joita voitiin hyödyntää mittalaitteiden korvattavuuden määrittelyssä. Määrittelyn jälkeen, työssä keskityttiin kiilleprosessikokonaisuuteen, jotta mittauksien päivityksiin ja lisäyksiin oli mahdollista löytää sopivia korjausehdotuksia.</p> <p>Työn tuloksena saatiin Yaran SAP-järjestelmästä selville ylimääräiset ja käyttämättömät konepositiot. Lisäksi työstä tutkituille kriittisimmille mittalaitteille löydettiin sopivia korvaavia laitteita, joita on mahdollista hyödyntää prosessin käytössä. Näiden lisäksi työssä tutkittuja prosessiin liittyviä tarkastelu- ja korjausehdotuksia voidaan hyödyntää jatkossa prosessin suunnittelussa ja päivittämisessä.</p> | |
| Avainsanat mittalaite, anturi, kiille, korvattavuus | |

| | | | |
|---|-------------|------------------|------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering | | | |
| Author(s) Mauri Saarela | | | |
| Title of Thesis Functionality and Replacement Inspection of Measuring Devices | | | |
| Date | 13 May 2017 | Pages/Appendices | 46/5 |
| Supervisor(s) Mr. Ari Juntunen, Process Engineer, Mr. Jari Turunen and Mr. Janne Ruotsalainen, Electric and Automation Planners and Mr. Pasi Lepistö, Lecturer | | | |
| Client Organisation /Partners Yara Suomi Oy | | | |
| <p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to inspect measuring devices and their functionality and also to find suitable replacement devices. The work was done in Yara Suomi Oy's micaplant and the subject was narrowed down to the micaprocess. In this thesis, the Yara SAP database was gone through to research documents on the measuring devices so that spare and unused device positions were discovered. The focus was on finding out the most critical measuring devices that are important for the process. Alternative measuring devices were researched for the most important devices which possibly could be used in future process measurements. In order to find out possible suitable process development suggestions, the development of the process was investigated by studying the measuring equipment and the analysis of the measurements.</p> <p>The implementation of the work was started by studying measuring devices and their Piping and Instrumentation Diagrams. At first, measuring devices and their current situation had to be gone through in Yara's database. After looking into device positions in the Yara's SAP database, the database was used to research data which could be used for the definition of replacement devices. After definition, a comprehensive investigation of the micaprocess was focused on finding out possible suitable process development suggestions for updating measurements and adding new measurements.</p> <p>As a result, spare and unused device positions were discovered. Replacements were found for the most critical measuring devices which could be used in the process. In addition, research material gathered in this thesis the suggestions can be utilized in the future planning and updating of the process.</p> | | | |
| Keywords measuring device, mica, replacement | | | |

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | YARA SUOMI OY | 7 |
| 3 | KIILLETEHDAS | 8 |
| 4 | MITTAUSJÄRJESTELMÄT JA ANTURITYYPIT | 9 |
| 4.1 | Mittausjärjestelmä..... | 9 |
| 4.2 | Anturit..... | 9 |
| 5 | INSTRUMENTOINNIN MITTAVIESTIT | 11 |
| 5.1 | Sähköiset viestit..... | 11 |
| 5.2 | Pneumaattiset viestit..... | 12 |
| 6 | KENTTÄVÄYLÄT..... | 13 |
| 6.1 | Profibus..... | 14 |
| 6.2 | HART | 14 |
| 6.3 | Profinet | 15 |
| 7 | MITTALAITTEET | 16 |
| 7.1 | Virtausmittaus | 16 |
| 7.2 | Tiheysmittaus | 17 |
| 7.3 | Pinnankorkeuden mittaus | 17 |
| 7.3.1 | Radiometrinen pinnankorkeuden mittaus | 17 |
| 7.3.2 | Lasermittaus | 18 |
| 7.3.3 | Ultraäänitutka | 19 |
| 7.4 | Voiman mittaus..... | 20 |
| 7.5 | Lämpötilan mittaus | 21 |
| 7.5.1 | Vastuslämpömittaus | 21 |
| 7.5.2 | Termopari..... | 22 |
| 7.6 | Paineen mittaus | 23 |
| 7.7 | Kosteuden mittaus | 24 |
| 8 | OHJAUSJÄRJESTELMÄ..... | 25 |
| 9 | PROSESSILAITTEET | 26 |
| 9.1 | Virtausmittaukset..... | 26 |
| 9.2 | Tiheysmittaukset..... | 27 |
| 9.3 | Pinnankorkeuden mittaukset..... | 28 |

| | | |
|------|--|----|
| 9.4 | Voiman mittaukset | 29 |
| 9.5 | Lämpötilan mittaukset | 29 |
| 9.6 | Paineen mittaukset | 30 |
| 10 | KRIITTISIMMÄT LAITTEET JA KORVATTAVUUS..... | 32 |
| 10.1 | Kiilletehtaan syöte..... | 32 |
| 10.2 | Imusuotimen syöte | 34 |
| 10.3 | Kellutusten tiheysmittaukset | 35 |
| 10.4 | Flash-kuivureiden lämpötilamittaukset | 35 |
| 11 | MITTAUSTEN PÄIVITTÄMINEN JA LISÄÄMINEN | 37 |
| 11.1 | Massavirtamittaukset | 37 |
| 11.2 | Analyysimittaukset | 38 |
| 11.3 | Mittausten kahdentaminen | 39 |
| 12 | HUOLTO JA KUNNOSSAPITO | 41 |
| 13 | SÄÄTÖSUUNNITTELU | 43 |
| 14 | YHTEENVETO..... | 45 |
| | LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT | 46 |
| | LIITE 1. TIHEYSMITTAUKSET | 47 |
| | LIITE 2. KOSTEUSMITTAUKSET | 52 |
| | LIITE 3. MASSAVIRTAMITTAUKSET..... | 55 |
| | LIITE 4. LÄMPÖTILAMITTAUKSET | 58 |
| | LIITE 5. TARJOUKSET (POISTETTU) | 59 |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaaja on Yara Suomi Oy ja aihe saatiin kiilletehtaalta Siilinjärven Yara Suomi Oy:n toimipisteeltä. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kiilleprosessin mittalaitteiden toiminnallisuutta sekä niiden korvattavuutta. Kiilletehtaan mittalaitteista selvitetään tämän lisäksi mittalaitteiden tiedot, jotta käyttämättömien laitteiden positiotiedot on mahdollista päivittää Yaran omaan SAP-tietokantaan. Työstä laaditulla materiaalilla voidaan tutkia mittalaitteille sopivia korvattavia laitteita sekä löytää prosessiin mahdollisia korjaustoimenpiteitä, jotka tekevät prosessista toimivuudeltaan entistäkin varmemman.

Työn tavoitteena on selvittää kiilleprosessin kriittisimmät ja tärkeimmät laitteet, jotka vaikuttavat prosessin ohjaukseen merkittävästi. Laitteiden ominaisuuksien ja prosessin laadun perusteella selvitetään mahdollisia korvaavia laitteita, jotka soveltuisivat prosessin käyttöön. Korvattavuudella sekä laitteisiin liitettävällä ennakkohuollolla pyritään parantamaan laitteiden toimintavarmuutta sekä niiden käyttöikä.

Työssä esitetään tilaajayritys ja opinnäytetyöhön liittyvien mittausjärjestelmien yleistä rakennetta. Raportissa käsitellään instrumentoinnissa käytettäviä mittaviestejä, niiden kytkentöjä, kenttäväyliä, mittalaitteita ja ohjausjärjestelmää. Raportin loppuosassa esitellään työstä saatua materiaalia sekä prosessin ohjaukseen liittyviä päivitys- ja korjausehdotuksia.

2 YARA SUOMI OY

Yara Suomi Oy on Yara International ASA:n tytäryhtiö, joka tuottaa lannoitteita maatalouskäyttöön, typpikemikaaleja teollisuuden käyttöön sekä tarjoaa tuotteita ympäristönsuojeluun. Yara International ASA on perustettu vuonna 1905, jolloin se tunnettiin nimellä Norsk Hydro. Yaralla on toimintaa yli 50:ssä eri maassa ja se työllistää lähes 13 000 työntekijää maailmanlaajuisesti. Suomessa Yara työllistää noin 1 300 henkilöä, joista noin 400 on urakoitsijoita. Tuotantolaitoksia on Suomessa yhteensä neljä: Siilinjärvellä, Uudessakaupungissa, Kokkolassa ja Harjavallassa. Tuotantolaitoksien lisäksi Yara Suomi Oy:llä on Kotkanniemen tutkimusasema Vihdissä. (Yara Suomi Oy, 2017a; Yara International, 2017.)

Siilinjärven tehtaan tuotanto käynnistyi vuonna 1969. Sen päätuotteet ovat lannoitteet ja fosforihappo. Lannoitteita tuotetaan vuosittain noin 500 000 tonnia pääosin peltoviljelyyn kotimaassa. Fosforihappoa käytetään lannoite-, eläinrehu- ja elintarviketeollisuuteen ja sitä tuotetaan vuosittain noin 300 000 tonnia. Siilinjärven tehtaat työllistävät noin 600 henkilöä, joista 250 on urakoitsijoita. Siilinjärvellä sijaitsee Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos sekä Suomen suurin avolouhos. Kaivoksen apatiittirikasteesta irrotettava fosfori jatkojalostetaan lannoitteeksi. Siilinjärven apatiitti tunnetaan yhtenä maailman puhtaimpana apatiittina. (Yara Suomi Oy, 2017b.)

3 KIILLETEHDAS

Kiilletehdas on Yaran Siilinjärven toimipisteellä sijaitseva tehdas, joka jalostaa päätuotteenaan kiillettä. Kiilletehdas sijaitsee Siilinjärven Yaran kaivoksella, jossa tehdas on toiminut vuodesta 1985 lähtien. Tehdas toimii LKAB Minerals Oy:n alaisuudessa, ja se omistaa kiilletuotannon koneet ja laitteet sekä vastaa kiilleliiketoiminnasta. Kiilletuotannon toimitilat on vuokrattu Yara Suomi Oy:ltä. (Juntunen, 2017.)

Kiille on tuote, jota syntyy apatiittirikasteen sivutuotteena. Siilinjärven apatiittimalmi sisältää runsaasti kiillemineraaleja. Raakakiille erotetaan apatiitin vaahdotuksen jäännöslietteestä painovoiman ja seulonnan avulla. Tuotteet seulotaan ja jauhetaan kuiva- ja märkäjauhatuksilla haluttuun partikkelikokoon. Tuloksena on puhdasta flogopiittikiillettä sisältävä rikaste, joka kuivataan kevyttä polttoöljyä polttoaineena käyttävillä flash-kuivureilla. Valmiit kiilletuotteet varastoidaan tehtaalla terässiiloissa, joista tuotteet toimitetaan asiakkaille irtotavarana tai pakattuna. (Juntunen, 2017.)

Kiillettä käytetään muun muassa teknisissä muoveissa, rakennusmateriaaleissa ja palolevyjen valmistuksessa. Kiille toimii hyvin eristeenä sekä parantaa palonkestävyyttä. Rakennusteollisuuden käytössä kiille parantaa mm. seinälevyjen murtolujuutta ja kestävyyttä. Kiillettä käytetään myös maaleissa: se estää maalin halkeilua, jolloin maali suojaa paremmin korroosiolta. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty kiille raakakiilteenä sekä jauhettuna kiilteenä. (LKAB Minerals, 2017.)



KUVA 1. Kiille (Saarela, 2017.)



KUVA 2. Jauhettu kiille (Saarela, 2017.)

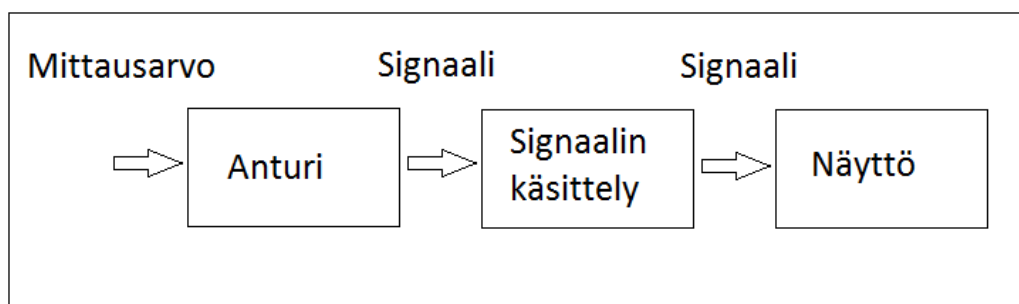
4 MITTAUSJÄRJESTELMÄT JA ANTURITYYPIT

4.1 Mittausjärjestelmä

Automaation tarkoituksena on saada järjestelmät ohjautumaan ja käyttäytymään halutulla tavalla. Mittausjärjestelmä on osa automaatiota, millä voidaan ohjata prosessien toimintaa tai saadaan tietoja, jotta ohjausta voidaan säätää. Mittausjärjestelmä kuvaa mittalaitteelle tai mitta-anturille menevän mittaustiedon muuttumista mitta-arvosta sellaiseen muotoon, jonka käyttäjä voi lukea. Jokaisessa mittalaitteessa hyödynnetään siis mittausjärjestelmän käyttöä saman periaatteen mukaisesti. (Kippo & Tikka 2008, 21.)

Mittausjärjestelmä koostuu kolmesta perustekijästä: (Bolton, 1991.)

- Tuntoelin tai anturi tuottaa signaalin, joka on verrannollinen mitattavaan suureeseen. Lähetetty signaali saatetaan edelleen mittausjärjestelmälle luettavaan ja käsiteltävään muotoon.
- Signaalin käsittelyvaiheessa signaali muutetaan sellaiseen muotoon, jota käyttäjä voi hyödyntää, tai se viedään säätöpiirissä eteenpäin säätimelle. Signaalinkäsittelyssä on mahdollista käyttää monenlaisia laitteita, jotka muuttavat signaaleja toiseen muotoon tai laitteita, jotka vahvistavat heikkoja signaaleja.
- Mittaussignaali saatetaan käyttäjälle näytön tai osoitinkojeen avulla.



KUVA 3. Mittausjärjestelmän yleinen rakenne (Bolton, 1991.)

4.2 Anturit

Laitteita, joita käytetään prosessisuureiden mittaamiseen, nimitetään antureiksi. Prosessisuure muunnetaan anturilla verrannolliseksi suureeksi, jonka anturi pystyy mittaamaan. Mitattavia suureita ovat esimerkiksi voima, liike ja jännite. Mittausaluetta, johon mittaussuure kohdistuu, kutsutaan tuntoelimeksi. (Pihkala 2004, 9.)

Mittauksia toteutetaan välittöminä tai välillisinä mittauksina. Esimerkiksi välittömässä jännitteen mittauksessa käytetään mittarin osoittimen liikettä kuvaamaan mitattavaa suuretta. Välillisessä mittauksessa puolestaan anturin lähettämä viesti muunnetaan joksikin välillisesti mitattavaksi suureeksi. Välillisestä mittauksesta esimerkkinä on lämpötilan mittausta, jossa vastus muunnetaan sähkövirran vaihteluksi. (Pihkala 2004, 9.)

Anturit voidaan käytännössä jakaa kolmeen kategoriaan:

- Sähköisesti passiiviset anturit, jotka eivät itsessään kehitä sähkömotorisia voimia, mutta niiden toiminta muuttuu mitattavan suureen suhteen. Esimerkkinä tällaisesta anturista on vastuslämpömittari.
- Sähköisesti aktiiviset anturit, jotka mitattavan suureen muuttuessa kehittävät sähkömotorisen voiman. Esimerkkinä kyseisestä mittaustavasta on termoelementtimittaus.
- Mekaaniset anturit, joissa mekaaninen liike tai venymä muuttuu mitattavan suureen muuttuessa. Mekaanisesta mittaustavasta esimerkkinä on jousi, jossa venymää voidaan mitata mitattavan suureen suhteen. (Bolton, 1991.)

5 INSTRUMENTOINNIN MITTAVIESTIT

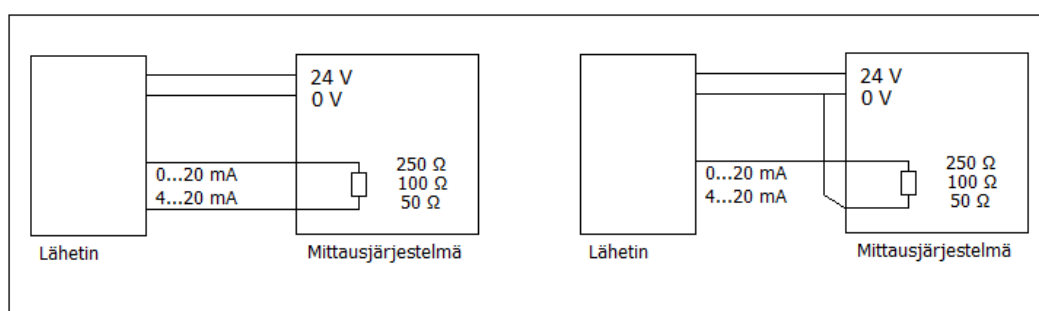
5.1 Sähköiset viestit

Yleisimmin instrumentoinnissa käytetään sähköistä viestiä. Sähköisistä viestintäkeinoista virtaviestin käyttö on yleisempää, sillä virtaviesti ei ole niin altis sähköisille häiriöille kuin toisinaan käytetty jänniteviesti. Standardiviestinä käytetään 4...20 mA virtaviestiä, mutta myös 0...20 mA virtaviestialue on käytössä. 4...20 mA viestialue on yleisempi, sillä viestissä on niin sanottu elävä nolla, jolla voidaan todeta mahdollinen viestin virheellisyys. Tämä nolla-alue jää siis alle 4 mA:n. Elävän nollan sisältävässä virtaviestissä voidaan käyttää myös 2-johdinkytkentää, joka on yleisin sähköisten viestien kytkennöistä. Sähköisten viestien kytkentöjä on esitetty kuvissa 4 ja 5. (Pihkala 2004, 10; Sivonen 1995, 19.)

Virtaviestien ohella käytetään myös jänniteviestejä. Jänniteviestialueita on useampia, joista tavallisimmat ovat 0 - 10 V ja 2 - 10 V, mutta käytössä ovat myös alueet 0 - 5 V sekä 1 - 5 V. Viestialueessa 2 - 10 V on käytössä sama elävä nolla kuin vastaavassa 4...20 mA virtaviestissä. Saadut mittaviestit saadaan aikaan lähettimessä, jossa anturin antama suure muutetaan valituksi standardiviestiksi. (Pihkala 2004, 10; Sivonen 1995, 20.)

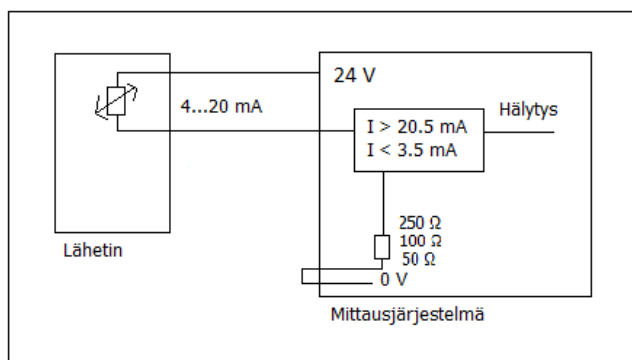
Nelijohdinjärjestelmässä lähettimen käyttöjännite ja viesti tuodaan eri johtimissa. Mittaviestinä käytetään joko 0...20 mA tai 4...20 mA. Kyseinen järjestelmä tunnetaan myös nimellä aktiivinen lähetin. Nelijohdinkytkentä on esitetty kuvassa 4 (vas.). (Sivonen 1995, 20.)

Kolmijohdinjärjestelmä on muutoin sama kuin nelijohdinjärjestelmä, mutta käyttöjännitteen ja viestin nollat on yhdistetty. Kytkentä on esitetty kuvassa 4 (oik.). (Sivonen 1995, 20.)



KUVA 4. Nelijohdinkytkentä (vas.), kolmijohdinkytkentä (oik.) (Sivonen 1995, 20.)

Kaksijohdinjärjestelmä on yleisimmin käytetty sähköisten viestien kytkentä. Käyttöjännitteensä mittalähetin saa mittaviestistä, jolloin mittaviesti on 4...20 mA. Kaksijohdinjärjestelmää kutsutaan myös nimellä passiivinen lähetin. Kuvassa 5 on esitetty kaksijohdinjärjestelmä, jossa on mukana myös virran valvonta. Kytkennöissä voidaan käyttää virranvalvontaa, jolla tarkkaillaan mittaviestiä ja sitä, onko se mittaviestille asetetun rajojen sisäpuolella. Jos mittaviesti on alueen ulkopuolella, niin siitä annetaan hälytys. (Sivonen 1995, 20-21.)

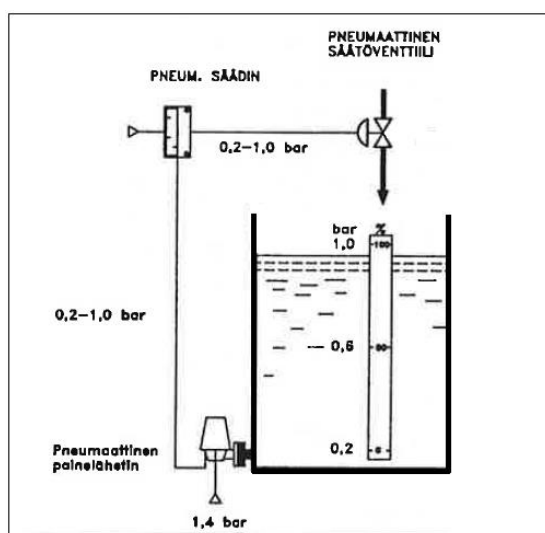


KUVA 5. Kaksijohdinjärjestelmä virran valvonnalla (Sivonen 1995, 20.)

Mittauksen liitäntä järjestelmään toteutetaan viemällä mittausvirta järjestelmän tuloon, jossa mittausvirta viedään 0-potentiaaliin mittavastuksen kautta. Käytettävät mittavastukset vaihtelevat järjestelmästä riippuen 50 – 250 Ω . Vaihtoehtoisesti mittausvirta voidaan järjestelmästä viedä toiselle laitteelle, jolloin mittaustietoa tulkitaan siitä eteenpäin jännitteenä. (Sivonen 1995, 21.)

5.2 Pneumaattiset viestit

Pneumaattiset viestit ovat toinen standardiviestin keinoista sähköisten viestien ohella. Pneumaattiset viestit (paineviestit) ovat vähenemässä, mutta teollisuudesta löytyy edelleenkin sille käyttökohteita. Pneumaattiset laitteet sopivat erityisesti prosesseihin, jotka ovat räjähdysvaarallisia. Pneumaattisessa viestinnässä käytetään paineviestialueena 20 - 100 kPa tai vaihtokohtaisesti mittaviestialueena voidaan käyttää myös aluetta 0,2 - 1,0 bar. Pneumaattinen järjestelmä on esitetty kuvassa 6. (Sivonen 1995, 19.)

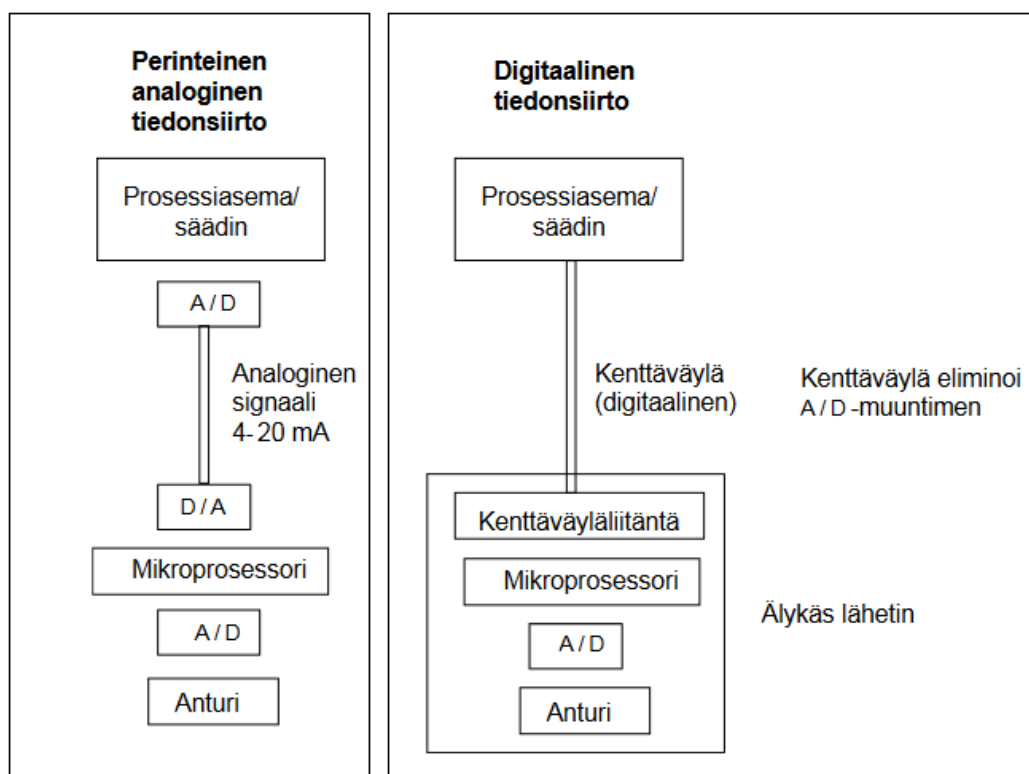


KUVA 6. Pneumaattinen järjestelmä (Pihkala 2004, 11.)

Pneumaattinen lähetin lähettää pneumaattisen standardiviestin, jolloin säätimen tai valvomolaitteen tulee myös olla pneumaattinen. Jos laite, joka vastaanottaa viestin ei ole pneumaattinen, tulee viesti lähettimen ja laitteen välillä muuttaa sähköiseksi viestiksi muuntimen avulla. Muunnos on toteutettavissa PI -muuntimen (P=pneumaattinen, I=sähkövirta) avulla tai vastaavasti tilanne voi olla päinvastainen, jolloin voidaan käyttää IP -muunninta. (Frondeius, 2005.)

6 KENTTÄVÄYLÄT

Prosessiautomaation tietoliikenteen muutos on uudistanut tietoliikennetekniikkaa, jossa analoginen signaali pyritään korvaamaan digitaalisella signaalilla. Tekniikan kehittymisen myötä digitaalisen tietoliikenteen käyttö on lisääntynyt, minkä vuoksi yhteensopivuudet analogisen tiedonsiirron kanssa aiheuttavat ongelmia tai viiveitä signaalin siirrossa. Ohjausjärjestelmät ovat pääosin digitaalisia, kun taas mittaus- ja toimilaitteet ovat kenttätasolla vielä suurimmaksi osaksi analogisia. Eri tietoliikenneyhteydet aiheuttavat signaalin siirtoon turhia A/D- (analogia-digitaalinen) ja D/A (digitaalinen-analogia) -muunnoksia. Kuvassa 7 on kuvattu tiedonsiirtotapojen eroja lähettimeltä prosessiasemalle. (Kippo & Tikka 2008, 70-71; ABB, 2000-07.)



KUVA 7. Tiedonsiirtotapojen erot lähettimeltä prosessiasemalle (ABB, 2000-07.)

Automaation ratkaisevan muutoksen takana on digitaalinen kenttäväylä eli prosessissa olevien kenttälaitteiden paikallisverkko (LAN-verkko, Local Area Network). Kenttäväylällä mahdollistetaan toimintojen siirtyminen automaatiojärjestelmän prosessiasemilta kenttälaitetasolle, jolloin perinteisen automaatiojärjestelmän merkitys muuttuu merkittävästi. (ABB, 2000-07.)

Kenttäväylällä pyritään helpottamaan erilaisten kenttälaitteiden, kuten antureiden ja toimilaitteiden integrointia kokonaiseksi automaatiojärjestelmäksi. Automaatiojärjestelmäkokonaisuudella mahdollistetaan kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmän välinen tiedonsiirto. Kenttäväylä voidaan käsittää tietoliikenneprotokollana, jossa prosessitason mittaus ja säätö ovat mahdollisia. Kenttäväylää voidaan käyttää yhdistämään ohjelmoitavat logiikat ja digitaaliset automaatiojärjestelmät sekä kenttälaitteet yhdeksi järjestelmäkokonaisuudeksi.

Kenttäväylällä saavutetaan monia etuja, joista merkittävimpiä ovat kaksisuuntainen tiedonsiirto sekä kaapeloinnin ja ristikytkentöjen väheneminen. Kaapelointien ja kytkentöjen väheneminen aiheuttavat vähemmän rakentamis- ja asennuskustannuksia, jolloin myös kunnossapitokustannukset laskevat. Mahdolliset muutostyöt ovat myös helpommin toteutettavissa kenttäväyläratkaisulla toteutetussa järjestelmässä. Kenttäväylän liittäminen etäkäyttöön on tämän lisäksi sovellettavissa, jonka vuoksi tietoliikenteen osuuden merkitys kasvaa osana automaatiojärjestelmien kokonaisuuksia. (Kippo & Tikka 2008, 71; ABB, 2000-07.)

Yaralla on käytössä useampia eri kenttäväylätyyppejä, joista käytetyimpiä ovat Profibus sekä HART-tiedonsiirto. Ethernet-standardiin perustuva Profinet on lisääntymässä, sillä Profinet mahdollistaa myös tiedonsiirron langattomasti.

6.1 Profibus

Profibus-väylä on yksi väylätekniikkaan kuuluva väyläratkaisu. Profibus-väylän liikennettä ohjataan joko väyläohjaimen, logiikan, PC:n tai automaatioaseman avulla. Enimmäkseen profibus-kenttäväylää sovelletaan kytkemään PLC-verkot etäisiin toimilaitteisiin, mutta sitä on mahdollista käyttää myös prosessisäätöjen käytöissä sekä datan keräämisessä. Profibus kokonaisuuden muodostaa kolme eri väylää:

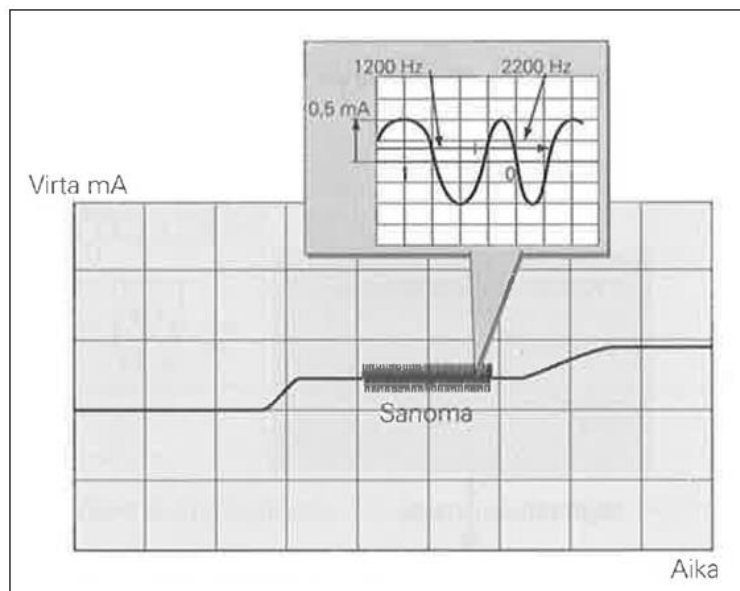
- Profibus FMS (Fieldbus Message Specification): Järjestelmien, kuten logiikoiden ja automaatioasemien välinen kommunikointi
- Profibus DP (Decentralized Periphery): Hajautetun I/O:n ja automaatiojärjestelmien välinen väylä. Mahdollisuus käyttää nopeaa, jopa 12 Mbit/s väylän tiedonsiirtonopeutta
- Profibus PA (Process Automation): Prosessiautomaatio käyttöihin, mahdollista käyttää myös räjähdysvaarallisissa tiloissa. (Kippo & Tikka 2008, 75.)

Profibus DP on käytössä erityisesti teollisuuden automaatioissa. Profibus DP:llä hoidetaan muun muassa teollisuuden moottorihjauksia, sillä väylänopeudet ovat riittävän suuret ja DP-väylään on mahdollista liittää 126 laiteosoitetta. (Kippo & Tikka 2008, 76.)

6.2 HART

Mikroprosessorit saivat aikaan sen, että analogisista mittauslähettimistä siirryttiin digitaalisiin lähettämiin. HART-tiedonsiirto (Highway Addressable Remote Transducer) kehitettiin, jotta digitaalista tiedonkäsittelyä pystyttiin käyttämään mahdollisimman hyvin hyödyksi. HART kehitettiin myös sen takia, koska analoginen viestintätekniikka oli puutteellista. HART-protokollalla on mahdollista käyttää myös analogista viestiä, jolloin HART-kenttälaitteen tietoliikenne voi olla analogista, digitaalista tai molempien yhdistelmä. (Kippo & Tikka 2008, 72.)

HART-tiedonsiirrossa käytetään taajuusmoduloitua sinisignaalia. Sinisignaaliissa taajuudet 1200 Hz ja 2200 Hz tarkoittavat binäärisiä arvoja, missä binääriset arvot 1 ja 0 vastaavat edellä mainittujen taajuuksien arvoja. HART-protokollassa sinisignaali kelluu virtaviestin päällä (kuva 8). Amplitudiltaan signaali on n. 0,5 mA, mutta sen keskiarvo on 0 mA, jonka vuoksi digitaalinen viesti ei häiritse analogista viestiä. (Kippo & Tikka 2008, 72; ABB, 2000-07.)



KUVA 8. HART-signaali (Kippo & Tikka 2008, 72.)

6.3 Profinet

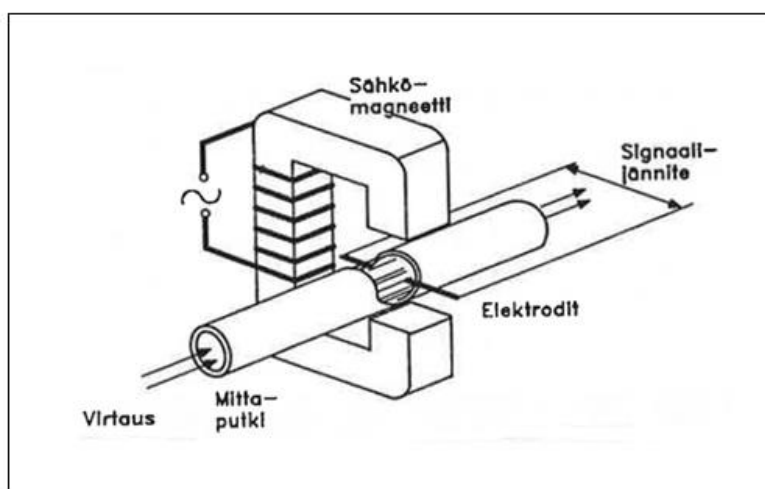
Profinet on yleistyvä tiedonsiirtotapa, joka perustuu teollisuus-Ethernet-standardiin. Ethernetin käyttö automaatioprosesseissa poikkeaa normaalista Ethernet-käytöstä, sillä automaatiossa tiedon tulee kulkea lähes reaaliaikaisesti ja ennustettavasti. Teollisuuden automaatiossa aikaviiveet voivat olla millisekunteja, kun taas toimistokäytössä riittää, että tieto on perillä sekunneissa. Profinet-standardi mahdollistaa sen, että tieto voidaan siirtää lähettäjältä vastaanottajalle vaaditussa ajassa. (Siemens, 2017.)

Profinet-standardissa aikakriittiset toiminnot mahdollistetaan reaaliaikaisilla protokollaisäyksillä. Profinet-tiedonsiirrolla on myös mahdollista siirtää tietoa syklisesti tai reaaliaikaisesti samassa väylässä samaan aikaan, niin ettei reaaliaikainen tiedonsiirto häiriinny. Ethernet-protokollaan perustuva Profinet mahdollistaa näiden lisäksi myös langattoman tiedonsiirron. Profinet voidaan myös liittää muihin kenttäväyläjärjestelmiin, kuten Profibus-väylään ilman, että laitteisiin tarvitsisi tehdä muutoksia. (Siemens, 2017.)

7 MITTALAITTEET

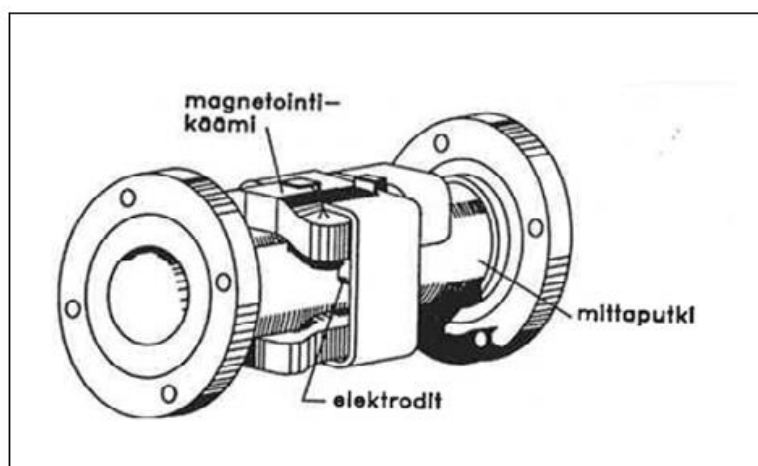
7.1 Virtausmittaus

Virtausmittauksen toiminta perustuu induktioperiaatteeeseen, jossa putken laidoille sijoitetut elektrodit mittaavat magneettikentän voimaviivoja leikkaavaa johdinta. Johtimeen indusoituu tällöin jännite, joka voidaan mitata eristetyn putken sisältä (kuva 9). Magneettista virtausmittausta voidaan käyttää silloin, kun aine on sähköä johtavaa nestettä ja sen virtausnopeus on $> 0,5$ m/s. Magneettisen virtausmittauksen mittaustarkkuus on yleensä parempi kuin ± 2 %. Mittaus on riippumaton nesteen viskositeetistä ja tiheydestä. (Pihkala 2004, 76; Heikura 2004, 41.)



KUVA 9. Induktiivisen virtausmittauksen periaate (Pihkala 2004, 76.)

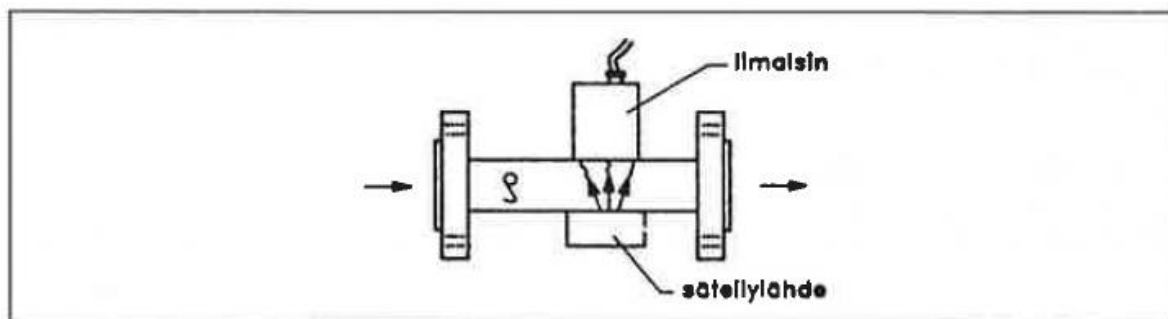
Magneettivuo saadaan aikaan tekemällä kaksi käämivyyhtiä, jotka on sijoitettu putken ylä- ja alapuolelle. Putki on yleensä metallia, mikä on vuorattu sisäpuolelta eristemateriaalilla. Mittauselektrodit tehdään esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä tai platinasta, sillä ne ovat riittävän epäaktiivista metallia. Elektrodeilta johdetaan virtaukseen verrannollinen jännite vahvistimelle, josta tieto lähetetään sähköisenä standardiviestinä tietokoneelle tai osoitinkojeelle. (Pihkala 2004, 77.)



KUVA 10. Virtausmittari (Pihkala 2004, 77.)

7.2 Tiheysmittaus

Radiometrinen tiheyden mittaus perustuu gammasäteilyn vaimenemiseen mitattavassa väliaineessa. Ilmaisimeen saapuva energia on kääntäen verrannollinen putkessa olevan prosessiaineen tiheyteen. Säteilyn heikkeneminen on tällöin verrannollinen nesteen tiheyteen. (Pihkala 2004, 112.)



KUVA 11. Radiometrinen tiheysmittari (Pihkala 2004, 112.)

Radiometrisen tiheyden mittalaitteisto koostuu gammasäteilijästä ja ilmaisimesta, jotka on asennettu putken vastakkaisille puolille (kuva 11). Tyypillisimpiä gammasäteilylähteitä ovat Koboltti 60 tai Cesium 137. Ilmaisim voi olla ionisaatiokammio tai tuikelaskuri, joista tuikelaskurilla voidaan poistaa komponenttien vanhenemisen ja lämpötilamuutosten vaikutukset. Säteilylähde ja ilmaisim asennetaan säiliön ulkopuolelle, mikä poistaa väliaineen, värinän ja lämpötilan vaikutukset mittaukseen. Säteilylähde suojataan valurautakotelolla, joka on täytetty lyijyllä ja josta säteily pääsee ainoastaan ilmaisimelle. Radiometrinen tiheysmittaus sopii syövyttäviin, kuluttaviin tai korkean lämpötilan omaaviin kohteisiin, sillä se ei ole kosketuksissa mitattavaan aineeseen. (Pihkala 2004, 112-113; Heikura 2004, 57.)

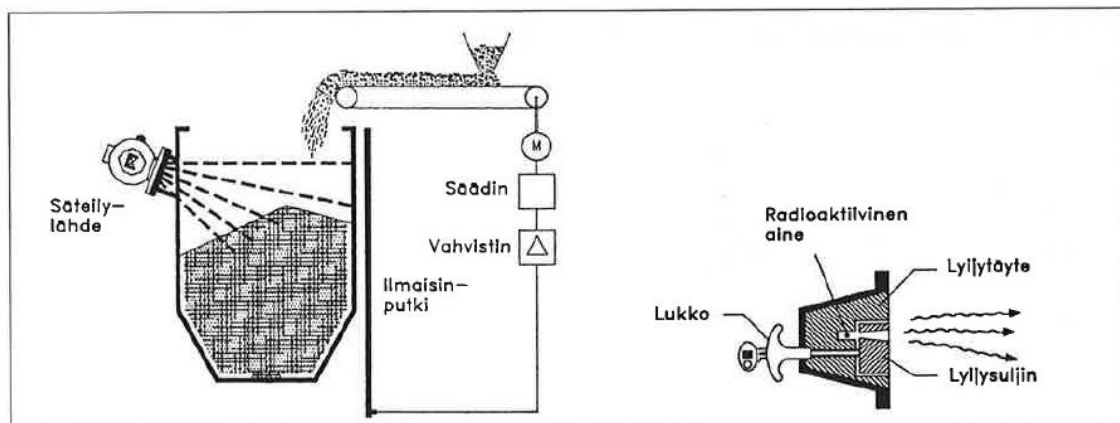
Radioaktiiviseen säteilyyn perustuvien mittalaitteiden tarkkuuteen vaikuttavat monet eri tekijät. Liian heikko säteilylähteen intensiteetti, lämpötilavaihtelut, mitattavan materiaalin koostumuksen muuttuminen ja lähteen tai detektorin likaantuminen voivat heikentää mittausmenetelmän tarkkuutta. (Heikura 2004, 58.)

7.3 Pinnankorkeuden mittaus

7.3.1 Radiometrinen pinnankorkeuden mittaus

Radioaktiivista säteilyä voidaan käyttää myös pinnankorkeuden mittauksessa. Metallisuojuksen sisään sijoitettu radioaktiivinen aine päästetään säteilemään ulos vain kapeana kiilana ilmaisimelle. Säteilylähde on sijoitettu säiliön toiselle seinämälle ja detektori säiliön vastakkaiselle seinämälle. Pinnan tason määrittäminen perustuu gammasäteilyn vaimenemiseen väliaineessa, missä pinnankorkeuden nousu vaimentaa ilmaisimelle tulevaa säteilyä. Radiometrisessä pinnankorkeuden mittauksessa mittalaitteisto koostuu tiheysmittauksen tavoin gammasäteilijästä ja ilmaisimesta, jossa säteilylähteenä toimii Koboltti 60 tai Cesium 137 ja ilmaisimena joko ionisaatiokammio tai tuikelaskuri. Radiometrisellä pinnankorkeuden mittauksella voidaan mitata myös korrodoivia aineita,

kuten lietteita ja kiintoaineita, sillä mittausmenetelmä on ainetta koskematon. Kuvassa 12 on kuvattu radiometrisen pinnanmittauksen toimintaperiaate sekä gammasäteilylähteen rakenne. (Pihkala 2004, 102-103; Heikura 2004, 53.)

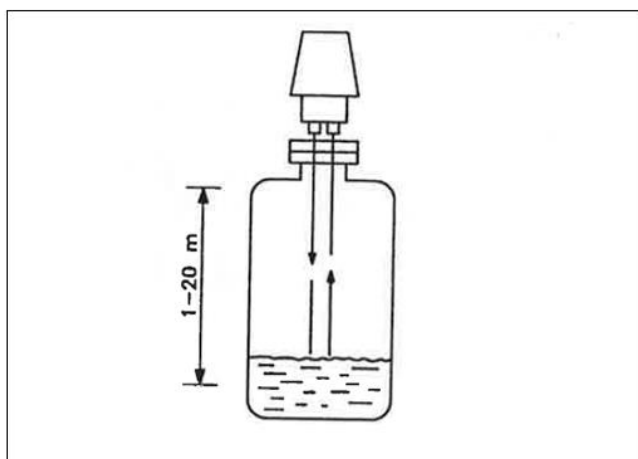


KUVA 12. Radioaktiivinen pinnankorkeuden mittaus (vas.), gammasäteilylähde (oik.) (Pihkala 2004, 102.)

7.3.2 Lasermittaus

Lasersäteen käyttö pinnankorkeuden mittauksessa perustuu valoimpulssin heijastusaikaan. Lähetin lähettää lyhyitä valoimpulsseja, jotka heijastuvat takaisin anturille materiaalin pinnasta. Anturille heijastunut valo kulkeutuu kerääjän kautta valodiodille. Pinnankorkeuden taso saadaan selville anturin ja mitattavan materiaalin välisestä etäisyydestä, jonka määrittymisen tietokone laskee. (Pihkala 2004, 101.)

Lasermittausta voidaan käyttää niin kiinteiden aineiden kuin nesteiden pinnanmittauksissa. Lasermittaus voidaan sijoittaa suljetun säiliön ulkopuolelle, sillä mittaus voidaan toteuttaa ikkunan läpi. Mittaus ei häiriinny, vaikka lasersäde joutuu kulkemaan ikkunapinnan läpi. Säiliön olosuhteilla, kuten lämpötilalla, paineella ja nesteen ominaisuuksilla, ei ole vaikutusta valonsäteen kulkeutumisaikaan eikä siten myöskään mittaustulokseen. Kuvassa 13 on esitetty lasermittauksen toteutusperiaate. (Pihkala 2004, 102.)



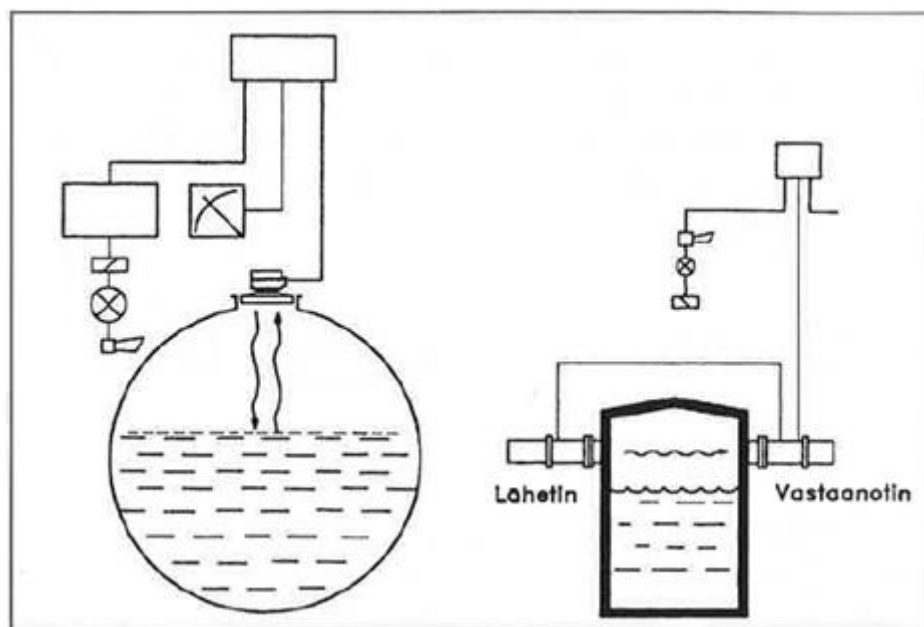
KUVA 13. Lasermittaukseen perustuva pinnankorkeuden mittaus (Pihkala 2004, 101.)

7.3.3 Ultraäänitutka

Pinnanmittaus ultraäänitutkalla perustuu äänipulssin heijastumiseen. Anturi lähettää äänipulssin nesteen tai kiintoaineen pintaan, josta anturi laskee ajan, joka kuluu ennen kuin kaikupulssi heijastuu takaisin anturille. Ultraäänietäisyystutka voidaan asentaa pinnan yläpuolelle tai säiliön pohjaan. (Pihkala 2004, 100.)

Ultraäänietäisyystutkan lähettämä äänipulssi on sinimuotoista ultraääntä, joka voidaan toteuttaa esimerkiksi pietsosähköisellä anturilla. Pulssien lähettämiseen ja vastaanottamiseen käytetään joko yhtä tai kahta anturia. Lähetyksen äänipulssin ja kaikupulssin vastaanottamiseen kulunut aika on verrannollinen pinnan etäisyyteen anturista. Mitattu aika muunnetaan edelleen sopivaan muotoon, esimerkiksi digitaal näyttämäksi tai antoviestiksi (kuva 14). (Pihkala 2004, 100.)

Ultraäänipintakytkin on ultraäänitutkiin kuuluva mittaussuunnitelma. Pintakytkin on ainetta koskematon kytkin, joka voi toimia samalla periaatteella kuin ultraäänietäisyystutka. Pintakytkimen antona on kuitenkin kytkintoiminta, toisin kuin ultraäänitutkalla saatava asennon osoitus. Ultraäänipintakytkin koostuu kahdesta pietsosähköisestä anturista, joista toinen muuttaa vaihtojännitteen ääneksi ja toinen äänen takaisin vaihtojännitteeksi. Kun anturit ovat ilmassa eikä niiden välillä ole mitattavaa kiintoainetta tai nestettä, oskillaattori värähtelee. Mitattavan aineen noustessa anturien väliin, kytkentäsignaali vaimenee ja oskillaattori lakkaa värähtelemästä. Värähtelyn lakkaaminen aiheuttaa reletoiminnan. Kuvassa 14 (oik.) on esitetty ultraäänipintakytkimen toteutustapa. (Pihkala 2004, 100.)



KUVA 14. Käytetyt mittausmenetelmät, ultraäänipintamittaus (vas.), ultraäänipintakytkin (oik.) (Pihkala 2004, 101.)

Ultraäänikytkimiä voidaan toteuttaa myös yksianturisena. Kyseisessä mittausmenetelmässä oskillaattori liikuttaa ultraäänitaajuudella anturissa olevaa kalvoa. Kalvon koskettaessa nestettä tai kiintoainetta, kalvo ei enää värähtelee, jolloin oskillaattorikin pysähtyy ja aiheuttaa reletoiminnan.

Tyypillisimpiä käyttökohteita ultraäänikytkimelle ovat nesteet, jätevesi, lietteet ja kiintoaineet. Ultraäänianturi on varmatoiminen, sillä se puhdistaa itse itsensä. Sekä ylä- että alarajakytkin voidaan toteuttaa yhdellä laitteella, jos anturi on sijoitettu pinnan yläpuolelle. (Pihkala 2004, 100-101.)

7.4 Voiman mittaus

Voiman mittaukset toteutetaan venymäliuska-antureilla. Venymäliuska-anturi koostuu ohuesta metalli- tai puolijohdelangasta, joka on muotoiltu hilamaiseen muotoon. Lanka on liimattu esimerkiksi kahden paperiliuskan väliin, jolloin liuskat voidaan kiinnittää haluttuun kappaleeseen, johon vaikuttava puristus-, veto-, taivutus- tai vääntövoima halutaan mitata. Venymäliuskan vastus muuttuu voiman vaikutuksesta, jolloin muutos pystytään mittaamaan siltakytkentäperiaatteen mukaisesti. (Pihkala 2004, 158.)

Venymäliuskatekniikkaan perustuvaa nappianturipunnitusta käytetään punnitusmittauksessa. Nappianturipunnitus perustuu lieriömäiseen anturiin, jonka kiinnitys tukirakenteeseen vaatii erikoistyökalun, jotta anturille voidaan porata anturille soveltuva reikä. Nappianturilla voidaan mitata esimerkiksi siilon paino luotettavasti ilman rakennusten tai kohteiden rakenteiden muuttamista. (Lahti Precision Oy, 2012)



KUVA 15. Nappianturi (Lahti Precision Oy, 2012)

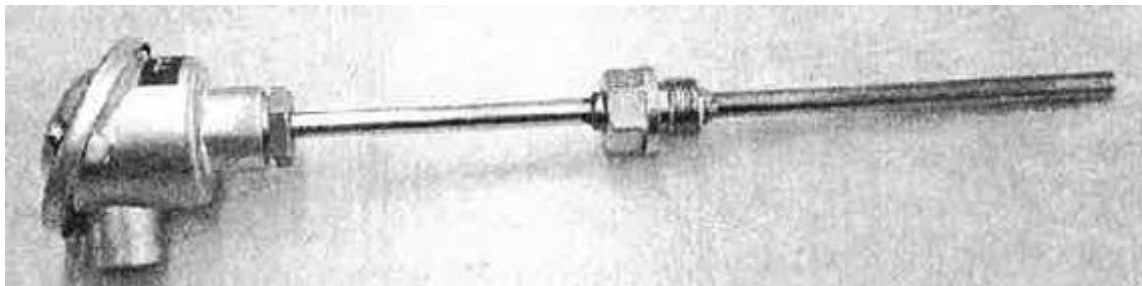
Tyypillisimpiä käyttökohteita nappianturille ovat siilot ja säiliöt, keittimet ja reaktorit. Parhaiten nappianturijärjestelmä sopii raskaille punnituksille, joissa perustukset ovat teräksisten palkkien varassa. Antureilla mitattavalle painolle ei ole varsinaista ylärajaa, ja mitta-alue voidaan määrittää laskennallisesti etukäteen. (Lahti Precision Oy, 2012)

7.5 Lämpötilan mittaus

7.5.1 Vastuslämpömittaus

Vastuslämpömittaukseen perustuvassa lämpötilan mittauksessa mitataan metallin sähköistä resistanssia, joka on riippuvainen lämpötilasta. Anturit voidaan toteuttaa metalli- tai puolimetallivastuksina. Tuntoelinaineena käytetään sellaisia aineita, joiden resistanssin riippuvuus lämpötilasta on suuri ja joiden lämpötila-alue on mahdollisimman laajalla alueella lineaarinen. (Pihkala 2004, 44; Sivonen 1995, 25.)

Lämpötilan mittauksessa käytetään hyödyksi metallin positiivista resistanssin lämpötilakerrointa. Positiivinen resistanssin lämpötilakerroin tarkoittaa, että metallivastuksen resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. Platina on yleisin metallivastusantureissa käytettävä metalli ja sillä resistanssi on 0 °C lämpötilassa 100 ohmia. Anturin nimitys tulee anturissa käytettävän metallin ja ohmivastuksen mukaan, jolloin kyseistä anturia sanotaan Pt100-anturiksi. Pt100-anturit luokitellaan edelleen A, B, 1/3 DIN ja 1/10 DIN luokkiin, joissa luokat kuvaavat anturin tarkkuutta. (Pihkala 2004, 44; Heikura 2004, 10.)



Kuva 16. Pt-100 lämpötila-anturi (Pihkala 2004, 44.)

Platina-anturin lisäksi käytetään myös nikkelistä valmistettuja metallivastusantureita. Nikkelillä vastaavia ohmiarvoja 0 °C lämpötilassa ovat 100 ohmia ja 1000 ohmia (Ni100, Ni1000). Näiden lisäksi LVI-tekniikassa käytetään erilaisia kuparivastuksia. (Pihkala 2004, 44; Sivonen 1995, 25.)

Platinavastusanturit voidaan jakaa kahteen ryhmään: lanka-antureihin (langan paksuus 0,05 mm) sekä platinakalvo-antureihin. Platinan ominaisuuksien myötä platinan toimintaominaisuudet säilyvät hyvin myös korkeissakin lämpötiloissa. Platina-antureissa vastuslanka on yleensä päällystetty keraamisella aineella tai lasilla, jotka on suljettu jaloteräs- tai nikkeliputkeen. Keramiikkajauhetta on käytetty putken täyttämiseen. Kalvotekniikkaisia platinatasomittavastuksia käytetään myös lämpötilan mittauksessa. Platinataso on suojattu alumiinioksidilevyllä, joka on vielä suojattu lasipäällysteellä. (Pihkala 2004, 44.)

Resistanssin muutos vastusantureissa ei ole aivan lineaarista lämpötilaan verrattuna. Lämpötilakerrointa ei tämän vuoksi yleensä käytetä vaan apuna käytetään taulukkoa. Taulukosta 1 voidaan nähdä resistanssin muuttuminen anturien tavanomaisilla käyttöalueilla. Lämpötilakerroin kuvaa vastuksen lämpötilariippuvuutta, jossa lämpötilakerroin ilmoittaa vastuksen keskimääräisen suhteellisen muutoksen välillä 0..100 °C lämpötilan muuttuessa yhden asteen. Mittausalue vastuslämpömittareilla on -200...+850 °C. (Pihkala 2004, 44-45; Heikura 2004, 10.)

TAULUKKO 1. Vastusanturien resistanssin riippuvuus lämpötilasta (Pihkala 2004, 46.)

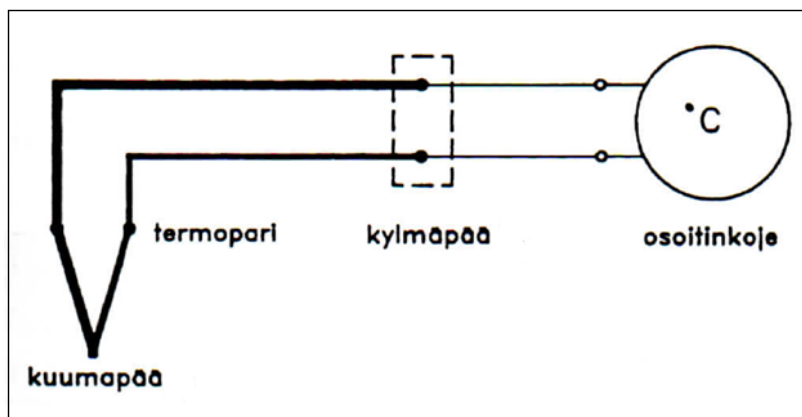
| t/°C | Pt 100/Ω | t/°C | Pt 100/Ω |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| -200 | 18,5 | 200 | 175,8 |
| -100 | 60,2 | 300 | 212 |
| -50 | 80,2 | 400 | 247,1 |
| 0 | 100 | 500 | 280,9 |
| 50 | 119,4 | 600 | 313,7 |
| 100 | 138,5 | 700 | 345,2 |
| 150 | 157,3 | 800 | 375,6 |

Vastusanturin yhteyteen voidaan asentaa lämpötilälähetin suoja-putken kytkinkoteloon tai erilliseen kytkentäkoteloon. Lähetin lähettää vastuksen lämpötilamuutoksen perusteella sähköisen 4...20 mA viestin, joka voidaan johtaa osoitinlaitteelle tai tietokoneelle. Lähetin, joka on sijoitettu anturiin, antaa mA-viestin heti, jolloin sähköisten häiriöiden vaikutus jää pienemmäksi. Kytkettäessä lähetin viestinjakokoteloon, lähetin sijaitsee suojaosassa paikassa, mutta se muuttaa jänniteviestin mA-viestiksi lähellä anturia. (Pihkala 2004, 46; Sivonen 1995, 27.)

7.5.2 Termopari

Termopari eli termoelementti on lämpötilan mittauksissa yleisesti käytetty anturityyppi. Anturi on luotettava ja yksinkertainen sekä se on hinnaltaan edullinen, joten anturi soveltuu hyvin moniin sovelluksiin. Termoelementtien käyttö on yli 500 °C lämpötiloissa yleisempää kuin vastuslämpömittauksilla toteutetut lämpötilamittaukset. (Pihkala 2004, 47.)

Termoelementti lämpötila-anturin toiminta perustuu kahden eri metallin liitoksessa syntyvään tasajännitteeseen. Jännite on riippuvainen lämpötilan suuruudesta. Kyseinen mittausta perustuu ns. lämpösähköiseen ilmiöön, jossa metallien liitoskohdan (kuuman pään) ja metallilankojen toisen pään (kylmän pään) välille syntyy lämpötilaeroon riippuvainen jännite (kuva 17). Mittauksessa mitataan mittausliitoksen ja vertailuliitoksen jännitteiden erotusta. Vertailuliitoksen eli kylmän pisteen lämpötila kompensoidaan tai sen lämpötila pidetään vakiona, jotta lämpötilan muutokset eivät häiritsisi mittausta. (Pihkala 2004, 47-48.)



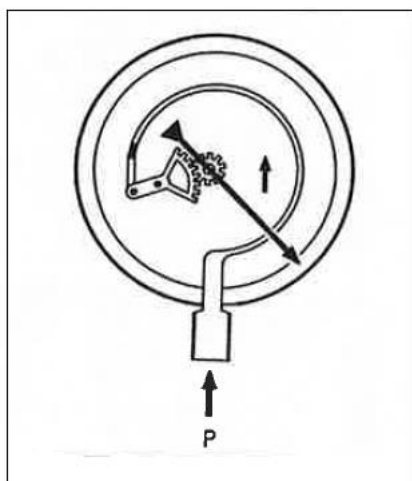
KUVA 17. Termoelementti lämpötilamittauksen rakenne (Pihkala 2004, 47.)

Termopari koostuu kahdesta langasta, jotka on eristetty toisistaan keraamisilla putkilla tai helmillä. Metallien päät hitsataan tai juotetaan yhteen ja sijoitetaan metalliputken sisään. Suojaputki ja sen sijainti vaikuttavat termoparin mittaussnopeuteen (aikavakioon). (Pihkala 2004, 49.)

Termoparit jaetaan perusmetalli- ja jalometallitermoelementteihin käytettyjen metallien perusteella. Lankamateriaalina käytetään metalleja, metalliseoksia sekä epämetallisia aineita. Yleisin termoelementtityyppi on K-tyyppi eli NiCr/Ni (nikkeli-kromi/nikkeli). Muita termoelementtityyppejä ovat esimerkiksi T-, J, E ja N-tyypit, joista jokaisen lankamateriaali on valmistettu eri aineista. (Pihkala 2004, 48.)

7.6 Paineen mittaus

Paineen mittaus tapahtuu joustavien elimien avulla eli paine muutetaan voimaksi tai liikkeeksi, joista paine voidaan mitata. Yleisimpiä paineen mittausmenetelmiä on niin sanottu bourdonkaari eli paineputki. Paineputken toinen pää on suljettu, jolloin putken vaikuttava paine kasvattaa putken poikkileikkausta ja muuttaa putken muotoa pyöreämmäksi. Paineen kasvun takia myös putki oikenee, jolloin paineputken liikkeen voidaan katsoa olevan verrannollinen paineen muutokseen. Kuvassa 18 on esitetty bourdonkaarimanometrin toimintaperiaate. (Pihkala 2004, 23; Sivonen 1995, 39.)



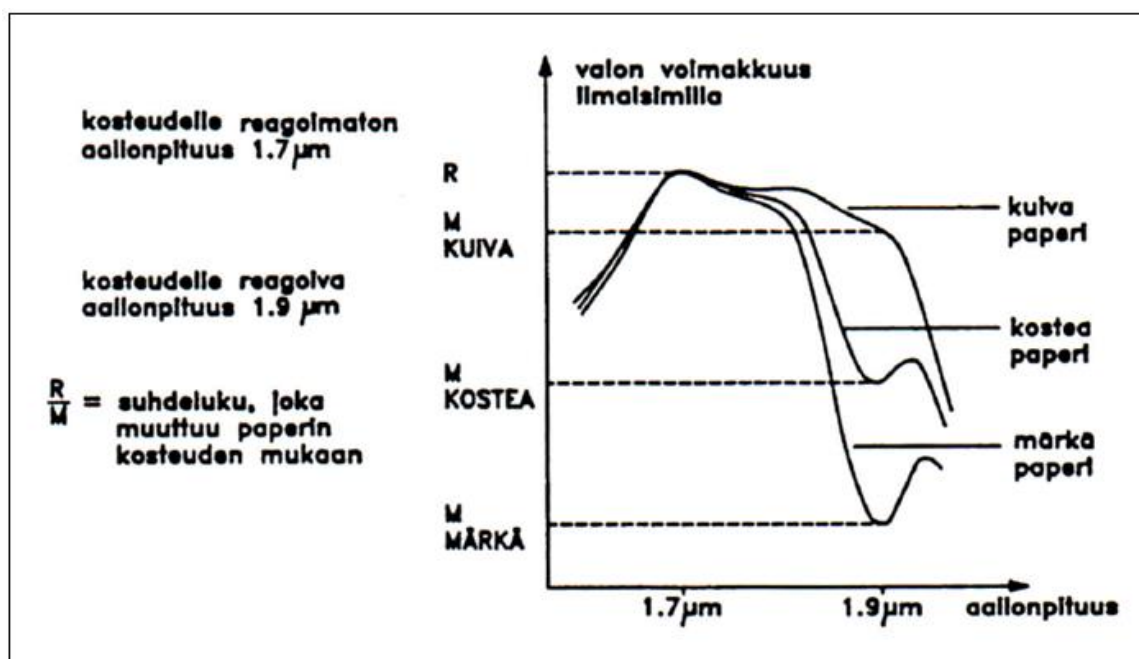
KUVA 18. Bourdonkaarimanometri (Pihkala 2004, 23.)

Bourdonkaarimanometrillä saatava tieto on paikallinen, joten saatua tietoa ei suoraan saada lähetettyä automaatiolaitteistoihin tai osoitinkojeihin. Paineputki voidaan varustaa kuitenkin muuntimella, joka muuttaa anturin antaman liikkeen sähköiseksi suureeksi. Bourdonkaaren yhteydessä voidaan käyttää venymäliuska-anturia, joka toimii samalla periaatteella kuin aikasemmin esitetty punnitusmittauksessa käytetty venymäliuska. (Pihkala 2004, 28; Sivonen 1995, 39.)

7.7 Kosteuden mittaus

Kosteuden mittaamiseen voidaan hyödyntää mikroaaltomenetelmää, joka perustuu mikroaaltojen vaimenemiseen väliaineessa. Mikroaaltojen vaimeneminen riippuu väliaineen kosteuspitoisuudesta, jolloin aineen kosteus voidaan määrittää sopivilla taajuuksilla. Mittausmenetelmä sopii myös kiinteiden aineiden kosteuden mittauksiin, sillä mikroaallot voivat tunkeutua kiinteän aineen läpi. (Pihkala 2004, 134.)

Kosteuden mittauksissa on myös mahdollista käyttää infrapunamenetelmää. Menetelmässä hyödynnetään vesimolekyylien kykyä absorboida infrapunavaloa. Mittauksessa verrataan kahdella eri taajuudella aineen läpi menneen valon vaimenemista, jolloin saadaan selville aineen kosteuspitoisuus. Mittaustapa on hyödynnettävissä niin nesteiden ja kiinteiden aineiden vesipitoisuuden määrittämisessä. (Pihkala 2004, 133.)

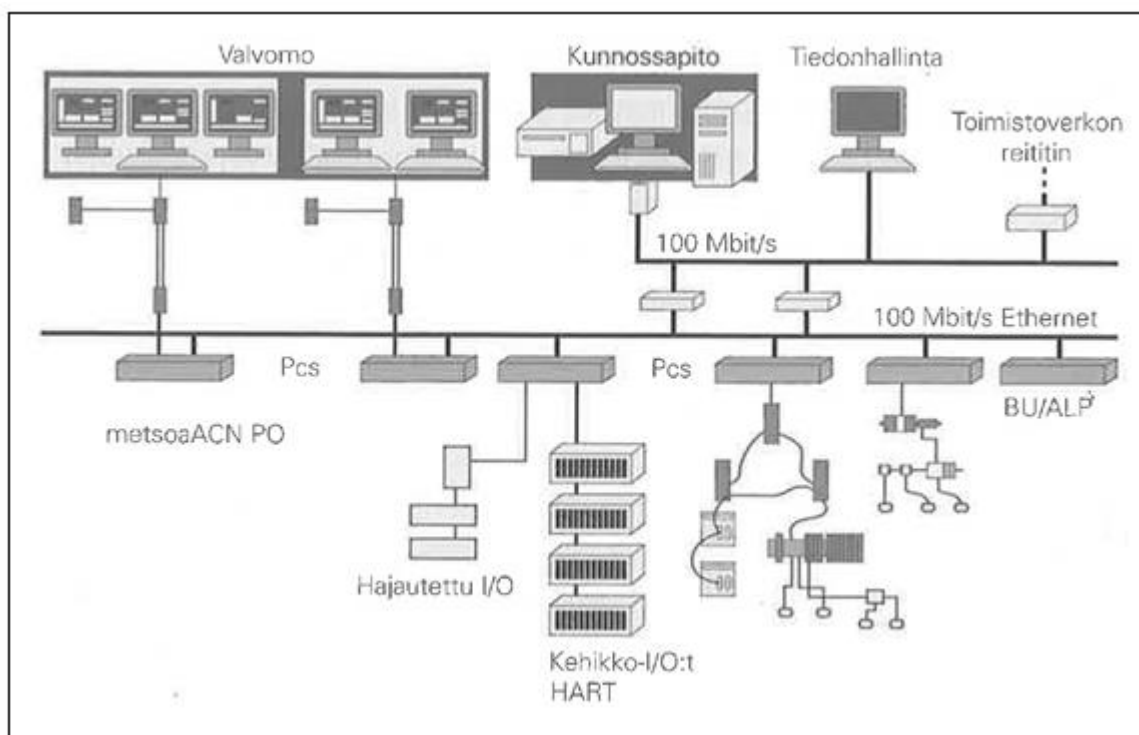


KUVA 19. Kosteuden mittauksen toimintaperiaate (Pihkala 2004, 133.)

8 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Ohjausjärjestelmänä kiilletehtaalla on käytössä Valmet DNA -automaatiojärjestelmä. Nykyinen Valmet DNA –automaatiojärjestelmä on perustettu vuonna 2015, jolloin Valmet osti itselleen Metson prosessiautomaatiojärjestelmät-liiketoiminnan. Aikaisemmin järjestelmä tunnettiin Metso DNA:n nimellä. Valmet DNA –järjestelmä on käytössä myös Yara Suomi Oy:n rikastamolla, josta voidaan ohjata myös etänä kiilletehtaan prosesseja. Kiilletehtaalla on oma prosessinohjauspalvelimensa ja operointipalvelin sekä valvomo, josta pääasiallinen ohjaus tapahtuu. (Savolainen 2014; Valmet, 2016.)

Valmet DNA -automaatiojärjestelmään sisältää kaikki toiminnot prosessin automaatiosta koneiden käyttöihin asti. Automaatiojärjestelmää voidaan käyttää prosessien, koneiden ja sähkökäyttöjen ohjauksiin sekä laatusäätöihin ja optimointiin. Järjestelmä kerää näiden lisäksi historiatietoa, jota voidaan käyttää edelleen prosessien ohjauksessa. Järjestelmä on hyödynnettävissä niin pienissä yksittäisissä järjestelmissä kuin suurissa koko tehdasalueen kattavissa järjestelmissä. (Yara, 2016.)



KUVA 20. Prosessiautomaatorakenteen esimerkkikuva (Kippo & Tikka 2008, 45.)

Kuvassa 20 on esitetty prosessiautomaatorakenteen esimerkkikuva. Automaatorakenteeseen kuuluu automaation rakenne prosessiasemineen (PCS), väylineen ja käyttöliittymineen. Järjestelmään kuuluu I/O-kehikkorakenteet sekä hajautetut I/O-yksiköt. Väylänä asemien välillä toimii Ethernet 100 Mbit/s nopeudella.

Valmetin automaatiolinjaan kuuluvat automaatio- ja informaatiohallintajärjestelmät, -sovellukset ja -palvelut. Hajautetut ohjausjärjestelmät, laatusäätöjärjestelmät, analysointorit ja mittaukset ovat osana näitä järjestelmiä. (Valmet, 2016.)

9 PROSESSILAITTEET

9.1 Virtausmittaukset

Virtausmittauksia käytetään kiilletehtaassa useissa eri kohteissa mittaamaan niin kiintoaineen kuin puhaltimien virtausmääriä ja -nopeuksia. Virtausmittaukset ovat prosessin kannalta yksi kriittisimmistä mittalaiteryhmistä, sillä niiden avulla saadaan tietoa muun muassa tukkeutuneista linjoista.

Virtausmittaukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- Todellinen virtausnopeus, jonka yksikkönä käytetään m/s.
- Tilavuusvirtausnopeus, jonka yksikkönä käytetään m³/s.
- Massavirtausnopeus, jonka yksikkönä käytetään kg/s.

(Heikura 2004, 33.)

Virtausmittauksien mitta-alueet vaihtelevat suuresti mitattavan suureen muuttuessa. Kiilletehtaalla mitattava virtausnopeus mitataan usein tunneissa, mutta toisin kuin perusyksikössä mittaus esitetään sekunneissa. Kiintoaineiden syötteen mittaukset perustuvat usein tilavuusvirtausnopeuden mittaamiseen. Kiilletehtaan syötteiden mittauksissa mitta-alue rajoittuu alueelle 0 - 150 m³/h, jossa virtauksia mitataan pääosin 0 - 30 m³/h mitta-alueella. Veden määrien mittauksissa käytetään kiintoaineiden mittauksien tavoin tilavuusvirtausnopeuden seurantaa, mutta veden virtausnopeuksien mittauksissa on käytössä myös yksikkö l/min.

Puhaltimien ja imusiirtolinjojen virtausmittauksien yksikköinä käytetään Nm³/h. Yksikkö kertoo, kuinka monta kuutiometriä mittauksen läpi kulkee tunnissa, kun mittaus tehdään 0 °C:n lämpötilassa sekä 1013 mbar ilmanalassa. Puhaltimien mitta-alue voi olla niinkin suuri kuin 0...6 500 Nm³/h ja imusiirtolinjojen vastaava virtausalue voi olla aseteltu 0...2 500 Nm³/h:iin. Imusiirtolinjoilla virtausnopeudet rajoittuvat kuitenkin pääosin alueelle 0..250 Nm³/h.

Virtausmittauksissa käytettävä sähkönsyöttö on pääosin vaihtosähköä, jonka suuruus on noin 230 V. Puhaltimien virtausnopeuden mittauksissa on käytössä myös tasasähkösyöttöjä, jotka vaihtelevat alueella 11 - 55 VDC. Sähköinen mittaviesti mittalaitteille on toteutettu virtaviestillä 4...20 mA.



KUVA 21. Virtausmittari (Saarela, 2017.)

9.2 Tiheysmittaukset

Tiheyden mittauksia käytetään ilmaisemaan kiintoaineen määrää kokonaissyötteen määrästä. Tiheysmittauksilla pyritään saamaan prosessille suotuisa kiintoaineen määrä, jotta lopputuotteesta saadaan laadullisesti määritellyn mukaista. Tiheysmittauksilla voidaan yhdessä virtausmittauksien kanssa saada selville sopivan suuruinen kiintoaineen syöte, sillä virtausnopeuksia vertaamalla saadaan kokonaiskuva tulevan syötteen laadusta.

Tiheysmittaukset on toteutettu poikkeuksetta radiometrisillä mittauksilla, sillä syötteen laatu on materiaaleja helposti kuluttavaa. Radiometrisellä mittauksella tiheysmittaus voidaan toteuttaa ainetta koskematta. Mittaustapa on siten myös varmin, sillä kuluvia osia tulee mittaukseen vähemmän sekä tarkkuudeltaan ne ovat riittävän tarkkoja. Tarkkuudet tiheysmittauksissa ovat ± 1 % luokkaa. Kuvassa 22 on esitetty radiometrinen virtauksen tiheysmittaus.



KUVA 22. Radiometrinen virtauksen tiheysmittaus (Saarela, 2017.)

Kiilleprosessissa olevien tiheysmittausten säädöt tapahtuvat soveltuvin osin automaattiosäädöillä. Automaatio pyrkii ajamaan prosessia säätöjen ja asetusarvojen mukaan, jotta haluttuun tiheyden asetusarvoon päästään mahdollisimman tarkasti. Automaatio ohjaa monia toimilaitteiden säätöjä, jolloin tuloksena saadaan lähes asetusarvojen mukaiset tiheyspitoisuudet. Jokainen tiheyden säätö ei kuitenkaan ole automatisoitu vaan osa tiheyden säädöistä joudutaan operoimaan veden ja kiintoaineen venttiilien operoinneilla. Tiheysmittauksella saadaan siten tieto tiheydestä, mutta sen säätö on kokonaan operoijan vastuulla.

Tiheysmittaukset ilmaistaan kiilletehtaalla usein yksiköllä kg/m^3 . Mittausalueina tiheysmittauksissa käytetään n. 1 000 - 1 600 kg/m^3 suuruisia alueita. Sähkönsyöttö tiheysmittauksille on toteutettu ~ 230 V vaihtosähköllä ja mittaviestinä niissä on käytössä 4...20 mA virtaviesti.

9.3 Pinnankorkeuden mittaukset

Pinnankorkeuden mittaukset kiilletehtaalla on toteutettu useilla eri mittausten menetelmillä. Suuremmissa siiloissa ja säiliöissä pinnanmittaukset ovat toteutettu ultraäänen avulla, kun taas lasermittausta käytetään pääosin pienempien säiliöiden tai mm. kaukaloaltaiden pinnanmittauksissa. Lasermittauksen käyttö rajoittuu matalimpien säiliöiden tai vastaavien pintojen mittauksiin, sillä etäisyydet vaikuttavat lasersäteen käyttöön. Lasermittaus on toteutettavissa maksimissaan 20 metriin asti, jonka vuoksi ultraääntä käytetään pääosin suurempien siilojen pinnanmittauksissa. Kuvassa 23 on esitetty lasermittauksella toteutettu pinnanmittaus yhdessä kiilletehtaan kohteessa.



KUVA 23. Lasermittauksella toteutettu pinnanmittaus (Saarela, 2017.)

Pinnanmittaukset ilmaistaan kiilteprosessissa lähes poikkeuksetta prosentteina. Ainoastaan siilojen pinnanmittauksien yhteydessä on käytössä punnitusmittaukset, jolloin niitä voidaan käyttää hyödyksi pinnanmittauksen määrityksessä. Mitattavien pintojen pinnanmittaukset eivät vaadi tarkkaa yksiköllistä ilmaisemista, sillä pinnanmittauksissa riittää, että pinnat säilyvät asetettujen arvojen rajoissa eikä tuleva syöte pääse valumaan säiliöiden tai kaivojen yli. Pinnanmittauksista saatuja prosenttiarvoja käytetään kuitenkin paljon automaation ohjauksissa, sillä pinnanmittaukset vaikuttavat automaatti-asetuksilla muun muassa syöttöpumppujen toimintaan. Jos pinta pääsee jossakin säiliössä tai kaivossa nousemaan, siitä lähtevä pumppu saa usein siitä tiedon automaation kautta ja se pyrkii laskemaan pinnan lähelle asetusrvoa kasvattamalla pumpun kierrosnopeutta.

Pinnanmittauksien yhteydessä käytetään pintakytkimiä, joilla ilmaistaan säiliöiden ylä- tai alarajojen toteutumista. Pintakytkimillä voidaan varmistaa pinnantasot, jolloin tiedetään varmasti, jos esimerkiksi säiliö on täynnä. Pintakytkimiä käytetään tämän lisäksi toimilaitteiden ohjauksissa, missä pinnan ylärajakytkimen toiminta voi sammuttaa esimerkiksi siloa syöttävän sulkusyöttimen.

Mittalaitteiden sähkönsyötöt on toteutettu niin vaihto- että tasasähkösyötöillä. Vaihtosähkösyötöt ovat verkkojännitteen suuruista eli noin 230 V ja tasasähkösyötöt vaihtelevat alueella 11 - 40 V. Sähköiset mittaviestit ovat muiden laitteiden tapaan 4...20 mA virtaviestejä.

9.4 Voiman mittaukset

Voiman mittauksilla tarkoitetaan silojen punnituksissa käytettäviä punnitusantureita, joilla mitataan silossa olevien tuotteiden määriä. Nappiantureilla on mahdollista määrittää mitta-alueet halutun suuruisiksi, jolloin ne soveltuvat laajalle mitta-alueelle. Mittaukset ilmaistaan prosessinäytöissä tonneina, mutta mittauksia voidaan edelleen tarkastella satojen tai kymmenien kilojen tarkkuudella. Tuotettavien määrien ollessa suuria ja silojen kapasiteettien ollessa vähintään kymmeniä tonneja, ei tarkempiin mittauksiin ole tarvetta. Nykyisillä mittausten menetelmillä päästään siten tarpeeksi suuriin tarkkuuksiin.

Punnitusantureiden syöttönä käytetään vaihtosähköä, jonka suuruus on ~230 V. Standardiviestinä käytetään 4...20 mA virtaviestiä.

9.5 Lämpötilan mittaukset

Lämpötilan mittauksia kiilletehtaalla on virtausmittausten ohella eniten. Lämpötilan mittaukset on sijoitettu pääosin flash-kuivureiden yhteyteen, joilla mitataan niin kuivureiden toimintalämpötiloja sekä kuivureiden jälkeisiä ylälämpöjä. Lämpötilamittauksilla voidaan sellaisenaan määrittää syötteen laadullisuutta. Nopeat lämpötilan muutokset esimerkiksi kuivureiden ylälämmöissä ilmaisee tavaran laadullista muuttumista eli tavara voi muuttua kostemmaksi tai kuivemmaksi. Kuivureiden lämpötilat ovat operoitavissa ja säädettävissä ohjaajan toimesta, mutta automaatio on otettu osaksi järjestelmää, jolloin kuivureiden lämpötilat pyrkivät muokkautumaan syötteen ja pinnanmittausten mukaan. Poistolämpötilaa hyödynnetään myös prosessin ohjauksessa, missä ylälämmöllä pyritään säätämään tuotteen lopullista varastoimislämpötilaa.

Lämpötilan mittauksia käytetään myös mittaamaan prosessissa olevien laitteiden ja niihin kuuluvien osien lämpötiloja. Lämpötilan tarkastelua voidaan hyödyntää muun muassa laakerien toimivuuden tarkastelussa, jolloin lämpenemä voi ilmaista laakerien viallisuutta tai liian suurta kulumista.

Lämpötilamittaukset ovat toteutettu Pt-100-antureilla (kuva 24) tai termoelementeillä. Pt-100-anturi on sovellettavissa moneen kohteeseen, ja hinnaltaan se on edullinen vaihtoehto lämpötilamittauksiin. Anturi on tämän lisäksi sellaisenaan äärimmäisen kestävä, jolloin se soveltuu hyvin teollisuusympäristöön. Anturilla on mahdollista toteuttaa laaja mitta-alue, joten se on soveltuva

lähes kaikkiin kohteisiin. Kiilletehtaalla mittausalueena on käytössä 0 - 850 °C suuruinen alue, josta lämpötilan yläraja on kuitenkin n. 560 °C alueella. Sähkönsyöttönä käytetään tasasähkösyöttöä jännitealueella 12 - 42 V. Sähköisenä viestinä on käytössä 24 V Damatic-viesti sekä 4...20 mA virtaviesti.



KUVA 24. Pt-100-lämpötilanmittaus (Saarela, 2017.)

9.6 Paineen mittaukset

Paineen mittauksia hyödynnetään pääosin paine-erojen mittauksissa. Paine-erojen määrittämisellä saadaan tietoa esimerkiksi suotimien tilasta, jolloin voidaan päätellä, ovatko suotimet tukkeutumassa ja tarvitsevatko ne vaihtoa. Suoranaisesti paine-ero mittaukset eivät ilmoita suotimien tukkeutumisesta, mutta prosessin operaattori voi paineen muutoksista päätellä suotimien tilaa.

Paineen mittauksia on käytetty myös alipainemittauksissa. Alipainetta mitataan muun muassa imusuotimelta (kuva 25), jossa alipainetta käytetään poistamaan ylimääräistä kosteutta tulevasta syötteestä. Alipainemittauksella saadaan tietoa siitä, tuottaako rumpusuodin tarpeeksi suuren alipaineen, jotta se toimii suunnitellulla teholla.



KUVA 25. Imusuodin (Saarela, 2017.)

Mittausalueet vaihtelevat mitattavan paineen suhteen. Suotimien paine-erojen mittauksissa käytetään yksikköä kPa (kilopascal), kun taas alipaineiden mittauksissa käytetään yksikköjä bar sekä mbar. Paine-erojen mittausalueet on aseteltu aina 7 kPa:iin asti, mutta todellisuudessa mittaukset jäävät usein alle 1 kPa:n. Alipainemittauksissa mitta-alueena on käytössä 0...-1.0 bar (0...-1 000 mbar).

Painemittaukset ovat viritettävissä 10 mbar tarkkuudella ja niiden mittatarkkuudet ovat < 0,1 % luokkaa. Instrumentoinnin mittaviestinä laitteet käyttävät 4...20 mA virtaviestiä.

10 KRIITTISIMMÄT LAITTEET JA KORVATTAVUUS

10.1 Kiilletehtaan syöte

Kiilletehtaan syöte on kiilletehtaan kannalta yksi tärkeimmistä mittauspisteistä. Kokonaisuudessaan kaikki kiintoaine, joka tulee kiilletehtaalle, tulee yhden linjan ja kyseisen mittauksen kautta.

Tulevassa syötteessä tulee olla tietyn verran kiintoainetta, jotta syöte ei pääse liian märäksi tai puolestaan liian tiheäksi. Kiintoaineen tiheys vaikuttaa koko prosessin jatkoon, ja tavaran muuttuessa prosessi saattaa tarpeettomasti heilahdella ja vaikuttaa lopputuotteeseen haittaavasti.

Kuvassa 26 on esitetty kiilletehtaalle tulevan linjan virtaus- ja tiheysmittaus. Virtausmittaus sijaitsee kuvan yläosassa, jossa mittausmenetelmänä käytetään induktiivista anturia. Kuvassa keskellä on tiheysmittaus, jossa säteilylähde on sijoitettu vasemmalle puolen lähtevää linjaa ja ilmaisimän tämän vastapuolelle. Gammasäteilylähteenä on käytössä Cesium 137.



KUVA 26. Kiilletehtaalle tulevan linjan virtaus- ja tiheysmittaus (Saarela, 2017.)

Nykyisellään mittaukset ovat toteutettu kahdella eri mittaustekniikalla ja anturilla. Tämä aiheuttaa laitteille ja prosessille kohdistuvaa riskiä, sillä prosessissa on enemmän rikkoutuvia osia ja laitteita, jotka rikkoontuessaan voivat aiheuttaa prosessin alasajon. Mittalaitteiden ollessa vanhoja, kohdistaa se edelleen suuremman riskin prosessin kulkuun.

Oheinen virtaus- ja tiheysmittaus on mahdollista toteuttaa yhdellä mittalaitteella, jos mittaus muutetaan massavirtamittaukseksi. Massavirtamittarilla voidaan mitata massa- ja tilavuusvirta, tiheys, lämpötila sekä pitoisuuden määrä. Prosessissa käytettävien mittalaitteiden määrää on siten

mahdollista vähentää, sillä massavirtamittarilla pystytään mittaamaan virtaus- ja tiheysmittausten ohella muitakin suureita, jolloin tulevaisuudessa prosessin käyttöön pystytään hyödyntämään muitakin mittauksia yhdellä ja samalla laitteella. Yhden mittalaitteen käytön vuoksi rikkoontumismahdollisuus on pienempi sekä se on kannattavampaa, sillä yhden laitteen uusiminen ja varalle hankkiminen helpottuu eikä monimuotoisemman laitemäärän varastointiin ole tarvetta. Mittausten tarkkuus ei myöskään kärsi, sillä massavirtamittarilla päästään parempaan tarkkuuteen kuin nykyisillä laitteilla.

Massavirtamittaus on toteutettu coriolisvoimaan perustuvalla mittausmenetelmällä. Maapallon pyörimisliike aiheuttaa maapallon liikkeen suuntien muutoksia tavalla, jossa pohjoisella pallonpuoliskolla liike pyrkii kääntymään oikealle ja eteläisellä pallonpuoliskolla vasemmalle. Coriolisvoimaa on hyödynnetty massavirtamittauksessa, jossa coriolisilmiö aiheuttaa siniaallon vaihesiirron. Kun massavirtamittauksen läpi kulkee mitattavaa kiintoainetta, coriolisvoiman aiheuttama siniaallon vaihesiirto mitataan kahden sensorin avulla. Mittauksella saadaan tieto massavirran suuruudesta, sillä vaihesiirron suuruus on suoraan verrannollinen massavirtaan. Tiheysmittaustieto mittalaitteesta saadaan värähtelyn avulla, jossa mittalaitteen putki asetetaan värähtelemään ja jonka värähtelytaajuuden avulla voidaan arvioida mitattavan aineen tiheys. Lämpötilamittaus massavirtamittauksessa on toteutettu erillisellä lämpötila-anturilla (Pt-500). (Krohne, 2017.)

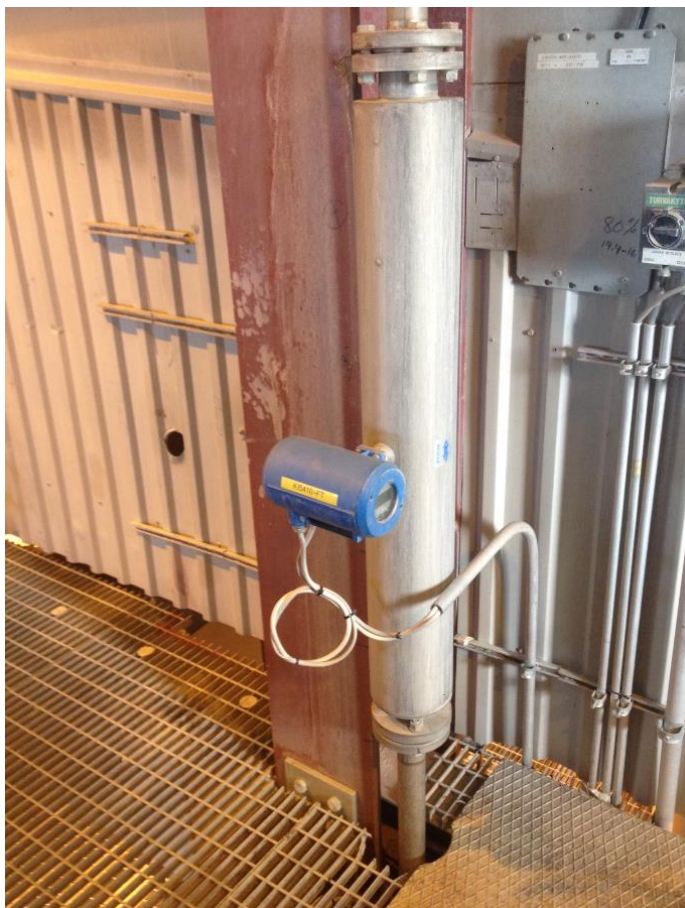
Massavirtamittaus on mahdollista toteuttaa esimerkiksi samanlaisella mittalaitteella, jota on käytetty kiilletehtaan imusuotimen syötteen mittauksessa. Mittalaitteena on käytössä Krohnen Optimass – sarjan massavirtamittaus (kuva 27), jolla voidaan mitata niin tiheys, massa- ja tilavuusvirta, pitoisuus sekä lämpötila. Mittalaite on helposti asennettavissa olemassa olevaan linjaan, sillä mittalaite on tyypiltään suora putki, joka on mahdollista asentaa suoraan induktiivisen virtausmittauksen tilalle. Yhtenäistämällä mittalaitteita, prosessin käytössä olevat laitteet vähenevät, jolloin varalle olevia laitteita on yksinkertaisempaa hankkia.

Liitteessä 3 on esitetty vaihtoehtoinen massavirtamittaus toteutus Siemensin massavirtamittauksella. Liitteessä on myös lisätietoja nykyisestä Krohnen massavirtamittarista.

10.2 Imusuotimen syöte

Imusuotimen syöte on prosessin kannalta merkittävimpiä kiintoaineen tiheyden mittauksia, joita killeprosessissa on. Imusuotimen syötteen mittaukset ovat prosessinvaiheen viimeisiä mittauksia, joilla syötteen laatua voidaan vielä muuttaa. Imusuotimelta eteenpäin syötteen tiheyttä ei voida enää säädöllisesti säätää, sillä imusuotimelta killeprosessi jakaantuu kuiva- ja märkäjauhatuksiin. Virtauksen määrän ja tiheyden mittauksen paikkansapitävyys on siten ensisijaisen tärkeää, jotta tuote saadaan halutunlaiseksi prosessin jatkon kannalta.

Imusuotimelle tuleva virtaus- ja tiheysmittaus on toteutettu massavirtamittauksella (kuva 27). Massavirtamittauksella mahdollistetaan mittaustulosten saaminen samasta kohteesta, jolloin prosessin ohjauksen kannalta massavirtalaite toteutus on paras ratkaisu. Mittauksesta ei tarvitse tällöin tehdä mahdollisia takaisinkytkentöjä muihin laitteisiin, sillä saadut mitattavat suureet ovat samalta mittalaitteelta. Massavirtamittauksella vältetään myös näin ylimääräisten viiveiden syntyminen, sillä asetusten vertailuarvot ovat samassa kohteessa eikä säätöihin vaikuttavat asetukset ole prosessin kannalta eri alueilla.



KUVA 27. Massavirtamittaus (Saarela, 2017.)

Imusuotimen syötön mittauksen vaihtaminen ei ole perusteltua, sillä mittaus on uusittu viimeksi noin pari vuotta sitten. Mittalaitteen elinkaareissa pari vuotta on lyhyt aika, jolloin kyseisellä mittauksella pärjätään vielä pitkälle tulevaisuuteen. Massavirtamittauksella pystytään toteuttamaan tarvittavat mittaukset sekä prosessin ohjauksen kannalta se on myös paras ratkaisu, sillä viiveet vähenevät

takaisinkytkentöjen vähetessä. Vastaavan laitteen hankinta varastoon on kuitenkin paras ratkaisu, sillä mittalaitteen tyypistä johtuen toimitusajat voivat olla jopa useitakin kuukausia, jolloin tehdas jouduttaisiin ajamaan alas yhden mittalaitteen vikaantumisen takia. Teollisuuden käytössä olevilla tehtailla ei ole mahdollisuutta olla pitkiä aikoja alasajettuina, joten viikonkin pysähdys on liian pitkä mittalaitteen vikaantumisen takia. Yhden mittalaitteen hinta onkin vähäinen, jos sillä voidaan välttää tehtaan pidempiaikaiset alasajot.

10.3 Kellutusten tiheysmittaukset

Kellutusten tiheysmittaukset ovat kiilletehtaalle tulevan syötteen ensisijaiset tiheydensäätöön liittyvät tiheyden mittaukset. Kellutuksiin määritellään prosessin kannalta sopivimmat kiintoaineen sekä veden määrät, joilla tiheys sekä kellutuksilta saatava ylite saadaan halutunlaiseksi. Tiheyden muutokset tehdään ensisijaisesti kellutuksilta, sillä muutokset ovat helposti toteutettavissa prosessin esiluokitus-osassa. Esiluokitukseen tehtävillä muutoksilla saadaan selkeä kuva myös prosessin jatkoon kannalta, jolloin säätöjen vaikutuksia voidaan katsoa prosessin edetessä.

Kellutustiheyksien mittaukset ovat toteutettu kahden eri valmistajan valmistamilla tiheysmittauslaitteistolla. Mittausperiaate kummassakin mittalaitteessa on sama ja ominaisuuksiltaan ne ovat samankaltaiset. Kellutukset itsessään eivät ominaisuuksiltaan eroa toisistaan, joten kummassakin kellutuksen tiheydenmittauksen toteutuksessa on suositeltavaa mieltä saman valmistajan tiheydenmittauksen käyttöä. Kiilletehtaan radioaktiivisissa mittauksissa on käytetty useita Bertholdin valmistamia tuotteita, mukaan lukien kiilteen 2 kellutuksen tiheydenmittauksessa. Kiilteen 1 kellutuksessa on puolestaan käytetty Ronanin valmistamaa mittalaitteistoa, joten mittalaitteiden monimuotoisuus voi aiheuttaa tarpeetonta työtä varaosien hankinnan ja ylläpidon kannalta. Kellutuksien tiheydenmittauksien muuttamisella saman valmistajan mittalaitteistoihin saavutetaan mittaustulosten samankaltaisuus, joten virhemarginaalit ovat samanlaiset ja kummassakin kellutuksen ohjauksessa on ominaisuuksiltaan yhteneväiset laitteet.

Tiheyden mittauksien yhtenäistäminen on helpointa toteuttaa vaihtamalla olemassa olevista laitteista toinen, esim. Ronanin laitteisto Bertholdin laitteistoon. Ratkaisu on kustannustehokkaampi ja se vaatii vähemmän työtä kuin kahden tiheyden mittauksen käyttöönotto. Liitteessä 1 on esitetty eri valmistajien tiheysmittalaitteistoa, joilla kyseinen mittaus on mahdollista toteuttaa. Raportin lopussa on myös esitetty laitteistoista pyydetyt tarjoukset, jotta vertailua eri laitteiden välillä voidaan tehdä.

10.4 Flash-kuivureiden lämpötilamittaukset

Flash-kuivureiden kammion lämpötilamittaukset ovat yksi tärkeimmistä mitattavista lämpötilamittauksista. Kammion lämpötilamittauksia voidaan hyödyntää usealla eri tavalla, ei ainoastaan suoraan pelkän lämpötilanäyttämisen avulla.

Kuivureiden kammioiden lämpötilamittauksia käytetään säätämään prosessin karkeakuivausta ja hienojauhatuksen kuivausta. Kuivureiden lämpötilasäädöillä pystytään ohjaamaan lämpötiloja vastaamaan syötteen tuottoa, jolloin prosessi saadaan kulkemaan tasaisesti. Ilman lämpötilamittauksia, tuoton ja kuivauksen tasapainoa on vaikea säätää. Lämpötilasäädöt voidaan asetella toimivan automaattisesti, jolloin lämpötilamittauksia voidaan käyttää syöttöjen automaattisessa säädössä.



KUVA 28. Kuivurin lämpötilan mittaus (Saarela, 2017.)

Lämpötilan mittauksista saadaan tieto, toimivatko kuivurit suunnitellulla teholla. Kiilteen kuivauksessa käytettyjen kuivureiden lämpötilamittauksia voidaan hyödyntää tarkkailemalla asetusarvon ja todellisen kammion lämpötilan välisiä eroja. Jos asetusarvo on maksimissaan, mutta todellinen lämpötilan mittaus näyttää satoja asteita vähemmän, kuivurin lämmönsäätö on voinut jumittua. Lämpötilanmittausta tarkkailemalla pystytään siten havaitsemaan mahdolliset kuivureiden lämpötilasäätöjen vikatilanteet.

Lämpötilan mittauksien hyödyntäminen ei ainoastaan rajoitu lämpötilasäätöjen tarkkailuun. Korkeat lämpötilat vahingoittavat nopeasti laitteita ja voivat pahimmillaan aiheuttaa merkittäviä tuhoja. Lämpötilamittausten tulee siten olla varmatoimisia ja niiden tulee näyttää lämpötila-arvot tarkasti, jotta vikatilanteisiin pystytään reagoimaan nopeasti. Lämpötilamittareiden rakenteen ja sijoituspaikkojen tulee olla sellaisia, että mittaus kestää lämpötilavaihtelut.

Liitteessä 4 on esitetty kammion lämpötilamittauksiin soveltuvia lämpötila-antureita. Oheisilla lämpötila-antureilla voidaan toteuttaa esimerkiksi ns. kahdennus, jossa samaisesta mittapisteestä mitataan kahdella eri anturilla samaa mitattavaa suuretta, tässä tapauksessa lämpötilaa. Kahdennuksella varmistetaan oikea tieto kammion lämpötilasta sekä mahdollistetaan prosessin keskeytyksetön jatkuminen, jos yksi lämpötilamittaus lopettaa toimintansa. Kustannukseltaan Pt-100 tai termoelementti anturit ovat halpoja, joten mittauksen kahdennus kyseisessä pisteessä voisi olla järkevää ja se olisi helposti toteutettavissa.

11 MITTAUSTEN PÄIVITTÄMINEN JA LISÄÄMINEN

Mittausten päivittämisellä ja lisäämisellä pyritään parantamaan prosessin toimintavarmuutta sekä helpottamaan prosessiin kohdistuvien säätöjen suorittamista. Mittausten päivityksillä pyritään myös edistämään syötteen laadun parantamista löytämällä mittauksille suotuisampia mittauspisteitä.

11.1 Massavirtamittaukset

Massavirtamittareilla mahdollistetaan monen mittauksen toteutus yhdellä laitteella.

Massavirtamittareilla voidaan mitata yhteensä jopa viittä eri suuretta, jotka ovat massa- ja tilavuusvirta, tiheys, lämpötila sekä aineen pitoisuuden mittausta. Kaikki mittaukset tapahtuvat yhden suoran putken sisällä, jolloin asennuskustannukset vähenevät verrattuna usean eri mittalaitteen asennuksen toteutuksessa. Vaikka kaikkia mitattavia suureita ei prosessin ohjauksessa tarvita, voidaan massavirtamittaukselta ottaa muut mittaukset käyttöön, jos prosessiin tulee tarve lisätä mittauksia.

Massavirtamittauksilla voidaan korvata radiometriset tiheydenmittaukset, jolloin saadaan vähennettyä säteilylähteitä sisältäviä mittausmenetelmiä. Radioaktiiviset mittaukset ovat luvanvaraisia, jolloin ne ovat vaikeita hankkia ja vaativat erillisen hyväksynnän, jotta niitä voidaan käyttää. Radioaktiivisten laitteiden käyttöönotto on siten hankalaa, toisin kuin massavirtamittareiden, joiden käyttöönottoon ei tarvita erillisiä lupia.

Luotettavuudeltaan massavirtamittaukset ovat jopa parempia kuin erikseen toteutetut samankaltaiset mittaukset. Mittaukset tapahtuvat putken sisäisesti, jolloin ulkopuolinen ympäristö ei pääse vaikuttamaan mittaustuloksiin. Mittaustarkkuudet säilyvät massavirtaus toteutuksessa tarkkoina eikä mittaustulokset kärsi, vaikka mittaukset tapahtuvat samassa laitteessa. Massavirtausmittarin heikkous ja samalla sen vahvuus on yhdellä mittalaitteella toteutettu mittausten menetelmä, sillä laitteen rikkoontuessa useat mittaukset voivat vääristyä. Laitte on kuitenkin helppo vaihtaa, sillä usean eri laitteen asennuksia ei tarvita.

Prosessin ohjaus ei käytännössä muutu, jos mittauksia toteutetaan massavirtamittauksilla. Massavirtamittareiden lisäämisellä saavutetaan vähemmän viiveitä, sillä mahdollisia takaisinkytkentöjä joudutaan tekemään vähemmän, jos prosessiin halutaan ohjelmoida lisää automatiikkaa ohjaamaan säätöjä. Mittaukset ovat toteutettavissa yhdessä mittapistessä, jolloin ohjelmallisesti säätöjä on helpompi toteuttaa. Muuten prosessin ohjauksessa säilyvät kaikki samat ominaisuudet eikä erityisiä muutoksia tarvita mittausmenetelmiä muutettaessa.

11.2 Analyysimittaukset

Analyysimittauksia käytetään prosessin laadullisissa mittauksissa, joilla mitataan mm. tuotteen kosteutta. Analyysimittauksia hyödynnetään prosessin eri vaiheissa kertomaan tuotteen laadullisista muutoksista, joiden perusteella prosessinkulkuun voidaan tehdä muutoksia.

Kiilletehtaalla analyysimittaukset koostuvat kosteusmittauksista. Tuotettavat lajikkeet ovat ominaisuuksiltaan sellaisia, että analyysimittauksia ei tarvita muita kuin kosteusmittauksien osalta. Tuotteille ei ole tarvetta suorittaa muita laadullisia mittauksia, sillä prosessissa ei käytetä kemikaaleja, joiden pitoisuuksia tulisi mitata.

Kiilleprosessissa on käytössä kaksi syötteen kosteuden mittaavaa mittauspistettä. Ensimmäinen kosteusmittaus on kiilteen luokitusvaiheessa ja toinen mittaus on imusuotimella oleva kosteusmittaus. Kiilteen luokituksessa olevalla kosteuden mittauksella ei ole tällä hetkellä merkitystä prosessinohjauksen kannalta, sillä tuotteen kosteuden mittaustietoa ei käytetä prosessinohjaukseen myöskään automaattiosäädöissä. Kosteuden mittauspiste on tämän lisäksi epäsuotuisa, sillä mittauspisteen jälkeen tuotteen kosteus voi muuttua merkittävästi prosessin heilahduksen sattuessa. Prosessin heilahdukset voivat usein johtua tulevan syötteen nopeana hetkellisenä muutoksena. Prosessin heilahduksen seurauksena automaatio voi ohjata lisävettä prosessiin, jos kaivojen pinnat laskevat liikaa, jolloin tuotteen kosteus muuttuu eikä mittauspiste ilmaise läheskään tuotteen oikeaa kosteuspitoisuutta. Kosteuden mittauspisteen siirtämistä onkin syytä miettiä esimerkiksi siirtämällä mittauspiste tuotekaivojen jälkeiseen vaiheeseen, jossa tuotteen kosteudesta saadaan totuudenmukaisempi kuva. Kosteuden mittausta on siten mahdollista hyödyntää paremmin prosessin automatisoinnissa, sillä tuotteen kosteudesta saadaan tarkempi tieto.

Imusuotimella mitattava kosteudenmittaus ilmoittaa syötteen lopullisen kosteuden ennen kuin prosessi jakautuu karkeakuivaukseen ja hienojauhatukseen. Kosteuden mittaus ei ole tällä hetkellä toiminnassa, minkä vuoksi tuotteen lopullisesta kosteudesta ei saada tietoa. Mittaukselle ei ole siten mahdollista asettaa ohjauksia tai prosessiin ei ole mahdollista tehdä säätöjä, joilla tuotteen lopullista kosteutta voitaisiin säätää. Imusuotimelle sijoitettu kosteuden mittaus antaisi paremman kokonaiskuvan tuotteen laadusta kuin luokitusvaiheessa oleva kosteuden mittaus. Vaihtoehtona onkin siirtää kiilteen luokituksessa oleva kosteuden mittaus imusuotimelle, jossa kosteuden mittaus on paremmin hyödynnettävissä. Kiilteen luokituksessa olevalla kosteuden mittauksella ei kuitenkaan ole vaikutusta nykyiseen prosessin kulkuun, joten mittalaitteen siirtäminen ei vaikuttaisi prosessiin. Vastaavan mittalaitteen hankinta kiilteen luokitukseen on kuitenkin järkevää, jos laitteen paikkaa siirretään tuotekaivojen jälkeiseen linjaan, jossa kosteuden mittaus on paremmin käytettävissä.

Analyysimittauksien lisäämistä kiilleprosessiin tulee jatkoon kannalta pohtia. Kosteuden mittauksien lisäämiseen ei ole tällä hetkellä kriittistä tarvetta, mutta kiilteen esiluokituksen on mahdollista lisätä kosteuden mittaava mittalaite. Kosteuden pitoisuudella pystyttäisiin ohjaamaan prosessiin käytettävän veden määrää, mutta kuitenkin säilyttää haluttu syötön laatu ja tiheys. Mittauksen lisäyksen jälkeen kosteuden muuttumista olisi mahdollista seurata esiluokitusvaiheesta aina kuivaus-

ja hienojauhatusvaiheeseen asti. Esiluokitusvaiheessa olevalla kosteuden mittauksella saataisiin myös tieto kiilletehtaalle tulevan syötteen ja veden laadun muutoksista, jos syötteiden laadut muuttuvat merkittävästi. Kosteuden mittausta ei olisi tarvetta liittää automaattiosäätöjen yhteyteen vaan kosteuden mittaus olisi helpottamassa prosessinohjaajan työtä, jonka perusteella prosessinohjaaja osaisi tehdä tarvittavia säätöjä.

Analysaattoreiden lisääminen prosessiin on kallista, joten jokainen analyysimittaus ja sen hyödyt tulee käsitellä tarkoin. Turhien analyysimittausten lisääminen lisää laitteiden kuluja, ja ne vievät tilaa tärkeimmiltä mittalaitteilta, joita prosessiin olisi mahdollista lisätä myöhemmin. Kiilteen esiluokitukseen lisättävä kosteuden mittaus ei ole välttämätön, sillä se on toteutettavissa imusuotimella, josta saadaan tämänhetkisen prosessin kannalta riittävä tieto tuotteen kosteudesta. Prosessin alkuvaiheessa prosessia ohjataan säätämällä haluttu tiheys, jolloin kosteuden mittaus ei ole myöskään niin merkitsevä.

Analysimittausten ohessa tulee miettiä niin sanottujen online-mittausten lisäämistä prosessiin. Online-mittauksilla mahdollistetaan esimerkiksi näytteiden otot näyttöpäätteen kautta, jolloin paikalla tehtäviä näytteiden ottoja voidaan vähentää tai tietokoneen näyttämiä tietoja on mahdollista verrata itse paikalla otettuihin näytteisiin. Online-mittaus on parhaiten hyödynnettävissä kiireellisissä tilanteissa, joissa halutaan nopeasti tieto syötteen laadusta. Online-mittauksilla toteutetut näytteenottomahdollisuudet ovat kuitenkin rajalliset, sillä näytteiden analysoinnit vaativat yleensä laboratoriotestaukset. Online-mittaus toimisikin parhaiten laboratoriossa tehtävien näytteiden analysointien rinnalla, jolloin tuloksia voitaisiin vertailla.

Liitteessä 2 on esitetty erityyppisiä kosteuden mittaavia mittalaitteita. Kosteus on mahdollista mitata ainetta koskematta infrapunavälillä, jolloin laitteen kuluminen on vähäisempää. Kosketukseton kosteuden mittaus voisi olla toteutettavissa suoraan imusuotimelta, joka antaisi myös parhaimman kuvan tuotteen laadusta. Toinen kosteuden mittauskeino on mikroaallolla toimiva mittaus, jossa syöte on kosketuksissa suoraan mittalaitteeseen. Hydro-Probe kosteusmittauslaite on helpommin sijoiteltavissa imusuotimen jälkeiseen kaukalo, josta lopullinen kosteus saadaan tietoon. Kyseinen laite on myös varmatoimisempi, sillä mittauksen väliin ei pääse mitään väliaineita, jotka häiritsevät mittausta.

11.3 Mittausten kahdentaminen

Mittausten kahdentamisella tarkoitetaan saman mittauksen toteuttamista kahdella erillisellä mittalaitteella. Kahdentamisella pyritään varmistamaan prosessin toiminta, vaikka prosessissa oleva mittalaitte rikkoontuu tai mittalaitteen näyttämä vääristyy jonkin vian seurauksena. Kahdentamalla tai jopa kolmentamalla mitattava suure, prosessin toiminta varmenee, mutta kustannukset nousevat laitteiden lisäyksien myötä.

Mittausten kahdentaminen on sovellettavissa eri käyttökohteisiin. Kahdentamisella on mahdollista varmistaa kriittisten laitteiden toimintavarmuus, mutta toteutuksissa on syytä miettiä

kustannustehokkuutta sekä automaatioon tehtävien muutoksien laajuutta. Mittalaitteen kahdennus sopii erityisesti suuriin prosesseihin, joissa prosessin alasajo aiheuttaa merkittäviä tappioita tai prosesseihin, jotka kestävät kauan ajaa takaisin ajotilanteeseen. Kiilleprosessi on mahdollista ajaa ylös melko nopeasti, vaikka jonkin laitteen rikkoontumisen takia se jouduttaisiin ajamaan nopeasti alas. Kiilleprosessiin ei tämän vuoksi ole pakollista tarvetta kahdentaa kriittisiä mittauksia, sillä mittalaitteiden äkilliset rikkoutumiset ovat myös harvinaisia.

Mittalaitteiden kahdentaminen on hyödynnettävissä kohteissa, joissa kustannukset ovat vähäiset ja joissa mittausten kahdentaminen tuo merkittäviä hyötyjä. Usean mittauksen lisääminen on sovellettavissa kiilleprosessissa esimerkiksi flash-kuivureiden yhteyteen, joissa kammion lämpötilan mittaukset ovat kahdennettavissa. Kahdennuksella saadaan tieto kahdesta erillisestä mittalaitteesta, jolloin lämpötilojen virhenäyttämät poistuvat ja kammion lämpötilasta saadaan oikea tieto. Pt-100 anturin tai termoelementti lämpötilamittauksen lisääminen tuo toimintavarmuutta, jos toinen lämpötilamittaus lopettaa toimintansa. Pt-100- ja termoelementtianturit ovat lisäksi kustannuksiltaan kohtuullisen halpoja, jolloin kustannustehokkuudeltaan ratkaisu olisi toimiva.

Mittalaitteiden lisääminen tuo uusia ongelmia sähkö- ja automaatiojärjestelmien kannalta. Kiilletehtaalla on valmiiksi vähän vapaita I/O-kortti paikkoja, jolloin automaatiolaitteiden lisääminen tuo haasteita. Mittausten kahdentamisella prosessin automatisointiin jää vähemmän tilaa eikä tuotantoon ole mahdollista tehdä suuria laajennuksia, jos mittauksia kahdennetaan liian suurissa määrin. Mittausten kahdentaminen onkin ajankohtaisempaa, kun kiilletehtaalla on uusittu automaatiojärjestelmää.

12 HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Kriittisimmille laitteille on määritelty ennakkohuoltoon liittyviä toimenpiteitä, joita tulee vuosittain suorittaa. Tehtävät suoritteet liittyvät pääosin mittalaitteiden uudelleen kalibrointiin ja taarukseen (=nollaukseen). Kalibroinneilla ehkäistään mittalaitteiden vääriä näyttämiä, joita voi ajan mittaan syntyä, kun mm. mittalaite vanhenee. Anturin eteen kerääntyneet epäpuhtaudet voivat haitata mittausta ja näin ollen kalibrointi voi häiriintyä.

Tietyille mittalaitteille tehtäviä huoltoja on määritelty tehtäväksi noin 1 tai 2 kertaa vuodessa. Huoltotoimenpiteet johtuvat harvoin mittalaitteen rikkoontumisesta, mutta tarkastuksenomaisia huoltoja tärkeimmille mittalaitteille tulisi vähintään tehdä 2 kertaa vuodessa. Määritelty 1-2 tarkastuskertaa vuodessa on määrällisesti vähän eikä vaadi suuria toimenpiteitä. Mittalaitteista saatava oikea näyttämä on sitäkin tärkeämpi, jolloin tarkastuskertojen määrällä voi olla vaikutuksia näyttämien oikeellisuuteen. Tarkastuksilla varmistetaan laitteiden oikeanlainen toiminta ja niiden näyttämä, jolloin laitteiden mittauksista saadaan tarkempi tieto prosessinkulun kannalta. Mittareiden antamista tiedoista saadaan luotettavampi tieto, jolloin pidempiaikainen prosessinseuranta on totuudenmukaisempi. Mittalaitteiden näyttämien tarkastaminen aika-ajoin on prosessinkulun kannalta edullisinta, sillä mittalaitteiden vanhetessa mittaustulokset voivat myös muuttua. Mittaukset voivat näyttää vääriä näyttämiä, jonka vuoksi prosessin automaatio ei esimerkiksi osaa ohjata prosessia suotuisaan suuntaan vaan se pyrkii pitämään prosessinkulun samana. Todellisuudessa prosessin syöte voi haittaavasti muuttua ja vaikuttaa näin lopputuotteeseen.

Jokapäiväisiin ennakkohuollon toimenpiteisiin voidaan sisällyttää mittalaitteiden silmämääräiset tarkastelut. Tehdasympäristö sekä prosessin laatu ovat tyypiltään sellaisia, että antureiden eteen kertyy helposti epäpuhtauksia. Tarkastuskierroksien ohella mittalaitteiden puhtaus on mahdollista tarkastaa, jolloin vältetään epäpuhtauksista johtuvien mittavirheiden vaikutukset prosessiin. Päivittäisten kierrosten ohella saadaan myös tieto hyvissä ajoin, jos mittalaitteista on nähtävillä, että laite on rikkoontumassa tai jos mittalaitteen toimintaa häiritsee jokin muu esine anturin läheisyydessä. Laitteiden silmämääräinen tarkastelu on helppo ja nopea toteuttaa eikä se vaadi ylimääräistä työtä tarkastuskierrosten ohella.

Huoltotoimenpiteiden merkintään Yaralla käytetään huoltotaulukoita, joihin merkitään laitteen positiolle tehdyt huoltotoimet päivämäärineen. Kiilletehtaan laitteita on liitetty rikastamon huoltodokumenttien yhteyteen eikä kiilletehtaalle ole olemassa omaa huoltodokumenttia tai kattavaa huoltohistoriaa. Kiilletehtaaseen liittyviä huoltotoimenpiteitä ei ole merkitty kuin yksittäisille mittalaitteille, joten suurimman osan mittalaitteiden huoltotiedot ovat jätetty merkitsemättä tai niitä ei ole tehty. Huoltotoimenpiteiden helpottamiseksi olisi järkevää tehdä kiilletehtaalle oma listaus mittalaitteista ja tehdä merkinnät niiden huolloista. Tulevaisuutta varten oma tehdaskohtainen laitteiden huoltolistaus helpottaisi huoltojen tarkastelua ja tulevien huoltojen suunnittelua. Vaikka prosessissa olisi ns. vähemmän kriittisiä laitteita, jotka vaativat vähemmän huomiota, helpottaisivat huoltodokumentit hahmottamaan laitteen elinkaarta sekä niiden toimivuutta, jos huoltotietoja pidettäisiin ajan tasalla. Jotta dokumenttien päivittämisistä ei tulisi liikaa lisätyötä, kriittisille laitteille

voidaan toteuttaa vuosittaiset tarkastukset ja tehdä niistä merkinnät dokumenttiin, mutta vähemmän kriittisille laitteille huoltodokumenttiin riittäisi merkintä ainoastaan laitteen positiolle tehdyistä huoltotoimenpiteistä. Tällöin olisi kirjallista tietoa tehdyistä huolloista, jolloin esimerkiksi tietyn laitteen rikkoontumisriskiä voitaisiin tarkastella.

13 SÄÄTÖSUUNNITTELU

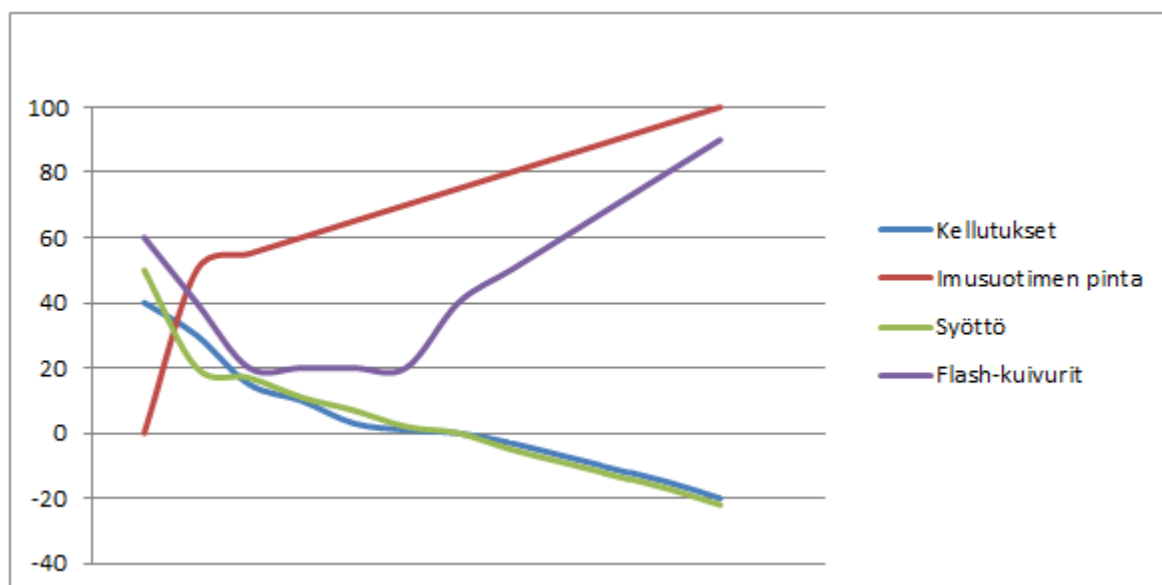
Säätösuunnittelu on tärkeä osa prosessin saattamista toimivaksi kokonaisuudeksi. Vääränlainen säätösuunnittelu aiheuttaa prosessin turhaa heilumista ja vaikuttaa näin haittaavasti koko prosessiin ja lopputuotteeseen. Toimintaperiaatteeltaan säätöstrategiana on mahdollista käyttää ns. vetävää säätöä, jossa kulutus ohjaa syöttöä. Vetävässä säädössä säätöketju ohjautuu kulutuksen mukaan, jolloin eri prosessivaiheiden syöttöjä ohjataan mahdollisimman tasaisesti vastaamaan kulutusta.

Säätösuunnittelussa tulee huomoida monen eri laitteen yhteisvaikutus prosessiketjussa. Kiilleprosessissa kellutusten ja imusuotimen pinnankorkeudet ohjaavat syöttöjä kulutusten mukaan, jolloin flash-kuivurit ohjautuvat pinnanmittausten ja syötön mukaan suotuisille lämpötila-alueille. Pinnanmittaukset ohjautuvat tämän lisäksi kohti omia asetusarvojaan, jolloin prosessin säätösuunnittelussa tulee huomioida useita eri tekijöitä samaan aikaan. Onnistunut säätösuunnittelu vaatii tarkan perehtymisen prosessin kulkuun ja näkemyksen, kuinka prosessissa olevat eri laitteet tulee toimia suhteessa muihin laitteisiin.

Taulukossa 2 on esitetty säätösuunnitteluesimerkki, jossa kuvataan eri ohjausvaikutukset imusuotimen pinnan mukaan. Taulukossa on oletettu, että säätö määräytyy imusuotimen pinnan mukaan, johon muut prosessin vaiheet pyrkivät säätymään. Asetusarvo voidaan esimerkiksi asettaa 70 %:iin, jossa kellutukset ja syöttö lisäävät säätösuunnitteluesimerkin mukaan edelleen niiden syöttöjä. Flash-kuivurit pysyvät asetusarvon mukaisesti vakiona eivätkä ne tee lämpötilan säädöllisiä muutoksia kumpaankaan suuntaan. Jos imusuotimen pinta laskee alle asetusarvon, syötöt kasvavat mutta flash-kuivurit laskevat niiden lämpötiloja, jos imusuotimen pinta pääsee putoamaan liikaa. Pinnan noustessa yli asetusarvon, kuivurit nostavat lämpötilojaan aina niiden maksimi lämpötila-alueelle, jolloin ainoastaan syötöillä voidaan yrittää estää pinnan nousemista liian korkealle. Jotta prosessi ei jatkuvasti heiluisi säätöjen mukana, voidaan säädöille asettaa alueita, joissa säädöillä pyritään tasaamaan prosessi lähelle asetusarvoa (esim. 75% kohdalla). Muutosvaikutukset pienenevät lähestyttäessä asetusarvoa, jolla myös vähennetään prosessin säätöjen heilumismahdollisuutta.

TAULUKKO 2. Esimerkki prosessinsäädöstä (Yliaska, 2017.)

| Imusuotimen pinta | Kellutukset | Syöttö | Flash-kuivurit |
|-------------------|-------------|--------|----------------|
| 0 | 4.0 | 5.0 | laskee |
| 50 | 3.0 | 2.0 | laskee |
| 55 | 1.5 | 1.7 | laskee |
| 60 | 1.0 | 1.1 | vakio |
| 65 | 0.3 | 0.7 | vakio |
| --> 70 | 0.1 | 0.2 | vakio |
| 75 | 0 | 0 | nousee |
| 80 | -0.3 | -0.5 | nousee |
| 85 | -0.7 | -0.9 | nousee |
| 90 | -1.1 | -1.3 | nousee |
| 95 | -1.5 | -1.7 | nousee |
| 100 | -2.0 | -2.2 | nousee |



KUVIO 1. Graafinen kuvaus prosessin ohjausvaikutuksista (Saarela, 2017.)

Kuviossa 1 on kuvattu graafisesti prosessin ohjausvaikutuksia. Lukuarvot ovat viitteellisiä, mutta kuvaaja helpottaa hahmottamaan prosessissa tapahtuvia muutoksia.

Kuviosta nähdään, että imusuotimen pinnan ollessa matalalla kellutusten syöttö ja imusuotimen syöttö ovat korkealla, kun taas kuivureiden lämpötilat laskevat. Pinnan noustessa kuivureiden lämpötilat tasoittuvat ja lopulta kääntyvät kasvuun pinnan nousun mukaan. Syötöt puolestaan alkavat vähentämään syötettävää kiintoaineen määrää, ja lopulta kellutuksien ja imusuotimen syötöt laskevat alle asetusarvojen, jos imusuotimen pinta alkaa nousta liian korkealle. Kuivurit taas nostavat lämpötilansa aina maksimiarvoonsa asti, jos imusuotimen pinta nousee eikä se pääse laskemaan alle asetusarvon.

Taseita on mahdollista hyödyntää prosessin säätösuunnittelussa sekä tuotantomäärien määrittämisessä. Taseiden määrittämisellä on mahdollista selvittää mm. kiintoainetase, jolla laitoksen kokonaistuotannon ja –kulutuksen suhde saadaan selville. Taseiden määrittämisen edellytyksenä on, että tuotannon ja kulutuksen kokonaismäärät tunnetaan. Kokonaistuotanto on esimerkiksi mahdollista selvittää tiheyden, virtausnopeuden ja kiintoaineen määrästä. Taseita voidaan siten hyödyntää prosessien ohjauksissa ja automaation säätöjen parannuksissa.

14 YHTEENVETO

Työn keskeisenä tavoitteena oli tutkia mittalaitteita ja niiden korvattavuutta sekä mittausten, mittaustapojen ja mittalaitteiden keskeisiä vaikutuksia kiilleprosessissa. Työ toteutettiin tutustumalla mittalaitteisiin ja niiden toimintaperiaatteisiin sekä kokonaisuudessaan kiilleprosessiin, jotta prosessiin voitiin perehtyä kattavasti.

Työn tuloksena selvitettiin kiilleprosessissa olevia kriittisiä laitteita ja niille etsittiin sopivia korvaavia laitteita. Kiilleprosessin mittalaitteiden ja mittauksiin tutustumalla prosessiin etsittiin mahdollisia parannuskeinoja, joita mittauksilla ja niiden sijoittelulla on mahdollista tehdä. Mittalaitteiden päivittämisellä ja mittausten sijoittelulla parannetaan prosessin toimintavarmuutta sekä mahdollistetaan paremmat ohjausmahdollisuudet prosessin automatisoinnissa. Kattava tehdaskohtainen huolto ja kunnossapito varmistavat mittalaitteiden pitkän elinkaaren.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- ABB. (2000-07). *Automaation tietoliikennetekniikka*. Haettu 8. 3. 2017 osoitteesta
http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05_0_Automaation%20tietoliikenne.pdf
- Bolton, William. (1991). *Instrumentation and Process Measurements*. Longman Scientific & Technical.
- Frondeius, Leila. (2005). *Mittaaminen teollisuudessa*. Haettu 9. 3. 2017 osoitteesta Moodle:
<http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/mittaus/mittauspiiri/>
- Heikura, Harri. (2004). *Prosessimittaukset ja niiden instrumentointi*. Haettu osoitteesta Moodle Savonia:
moodle.savonia.fi
- Juntunen, Ari. (2017). *Kiilletuotanto, raportti*. Julkaisematon.
- Kippo, Asko. K.; & Tikka, Aimo. (2008). *Automaatiotekniikan perusteet*. Edita Prima Oy.
- Krohne. (2017). *Optimass 7000, Technical Datasheet*.
- Lahti Precision Oy. (2012). *Nappianturijärjestelmä, raportti*. Julkaisematon.
- LKAB Minerals Oy. (2017). *Industry uses*. Haettu 10. 4. 2017 osoitteesta Industrial mineral uses:
<http://lkabminerals.com/en/Applications/>
- Pihkala, Juhani. (2004). *Prosessisuureiden mittaustekniikka*. Vantaa: Opetushallitus.
- Savolainen, Mikko. (2014). *Kiilletehtaan sähkökeskusten ja automaatiojärjestelmän laajennusmahdollisuudet*.
- Siemens. (2017). *Profinet*. Haettu 13. 4. 2017 osoitteesta Siemens:
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/profinet.htm
- Sivonen, Markku. (1995). *Teollisuuden instrumentointi*. AEL.
- Valmet. (2016). *Valmet*. Haettu 26. 1. 2017 osoitteesta Automaatio: <http://www.valmet.com/fi/sijoittajat/valmet-sijoituskohteena/liiketoimintalinjat/automaatio/>
- Yara International. (2017). *Yara International*. Haettu 5. 1. 2017 osoitteesta Yara at a Glance:
http://yara.com/about/at_a_glance/
- Yara, ohjausjärjestelmä. (2016). *Valmet Automation manuaalit*. Julkaisematon.
- Yara Suomi Oy. (2017a). *Yara Suomi Oy*. Haettu 5. 1. 2017 osoitteesta Tietoa Yarasta: <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/about-yara-local/>
- Yara Suomi Oy. (2017b). *Yara Suomi Oy*. Haettu 5. 1. 2017 osoitteesta Yara maailmalla: <http://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-global/production-sites/silinjarvi/>
- Yliaska, Sami. (2017). *Säätöprosessiohje*. Julkaisematon.

LIITE 1. TIHEYSMITTAUKSET

VEGA Radiometrinen tiheysmittalaitteisto, ilmainen (1/2)

Specification sheet

VEGA**MINITRAC 31****4 ... 20 mA/HART four-wire****Radiation-based sensor for density measurement****Area of application**

The MINITRAC 31 is a radiation-based sensor for non-contact density measurement of liquids and bulk solids. The MINITRAC 31 detects the density contactlessly from outside through the pipeline or vessel wall. Through its compact design it is ideal for mounting in positions hardly to access and in narrow space applications.

Advantages

- Simple retrofitting during production processes
- High plant availability through non-contact measurement
- Exact measuring results independent of process conditions

Function

In radiation-based measurement, a Caesium-137 or Cobalt-60 isotope emits focussed gamma rays. A special sensor on the opposite side of the vessel receives this radiation. The so-called scintillator converts these gamma rays into signals, the number of which is detected and evaluated. Since gamma rays are attenuated when penetrating matter, the sensor is able to calculate the level, the limit level, the density and the mass flow rate from the intensity of the received radiation.

Technical data

| | |
|--|--|
| Reproducibility | ±0.1 % at -40 °C ... +60 °C (-40 °F ... +140 °F) |
| Ambient, storage and transport temperature | -40 °C ... +60 °C (-40 °F ... +140 °F) Extended range available |
| Voltage supply | |
| Operating voltage | 20 ... 72 V DC; 20 ... 253 V AC, 50/60 Hz |
| Max. power consumption | 4 W; 6 VA |
| Analogue input | |
| Input type | 4 ... 20 mA passive |
| Internal load | 250 Ω |
| Switching input | |
| Input type | |
| – Open Collector | 10 mA |
| – Relay contact | 100 mA |
| Relay output | |
| Turn-on voltage | min. 10 mV, max. 253 V AC, 253 V DC |
| Switching current | min. 10 µA, max. 3 A AC, 1 A DC |
| Breaking capacity | min. 50 mW, max. 750 VA AC, 40 W DC |
| Current output | |
| Range | 4 ... 20 mA/HART, active or passive |
| Max. load | 500 Ω (300 Ω with intrinsically safe IS) |
| Switching output | |
| Type of output | NPN transistor output (floating) |
| Turn-on voltage | < 55 V DC |
| Load current | < 400 mA |
| Weight | 4.5 kg (10 lbs.) |
| SIL rating | up to SIL2 |

Materials/Scintillator

Sodium iodide (NaI) is used as scintillation material.

Housing versions

The housing is available as double chamber version of Aluminium or stainless steel in protection class IP 66/IP 67.

Electronics versions

4 ... 20 mA/HART is available as electronics version. Intrinsically safe outputs are optionally available.

Approvals

You can find detailed information on the existing approvals in the "configurator" on our homepage under www.vega.com/configurator.

Specification Sheet



SHLD 1[®]

Rotary Shutter Source Holder



Application Area

The SHLD 1 is designed for radiation-based measurement of applications including density, weight, continuous and point level. The most common applications for the SHLD 1 include:

- Offshore
- Petrochemical
- Water and Wastewater
- Pulp and Paper
- Plastics
- Power
- Food and Beverage
- Cement
- Asphalt
- Chemical
- Mining

Advantages

- Rotary shutter mechanism
- Wide range of collimation angles
- Polyester powder coated carbon steel
- Wide range of accessories
- Available with General License
- Stainless steel housing (optional)

Function

The SHLD 1 is a component of a density, level, or weight gauge. The source holder is a gamma radiation device secured in a fixed position near a vessel or pipe and is responsible for directing radiation through the process material.

Technical Data

| | |
|--------------------------------|---|
| Maximum Cs-137 Activity | 7.4 GBq (200 mCi) for 50 uSv@305 mm (5 mR/hr@12") |
| Fire Resistance | + 538 °C for 5 minutes (+ 1000 °F for 5 minutes) |
| Shielding Material | Lead |
| Handle/Shutter | Rotary |
| Collimation Angle | 0°, 15°, 30°, 45°, 60° |
| Housing Material | Carbon Steel with Polyester Powder Coating 316 Stainless Steel (optional) |
| Temperature | -50 °C ... +221 °F (-58 °F ... +105 °C) |
| Weight | 29.5 kg (65 lbs.) |
| Accessories | Interlock Shutter Actuator Captive Lock and Lanyard Shutter Micro Limit Switch |

Materials

The shielding material is lead.

Housing Versions


The housing is available in low carbon steel with polyester powder coating or an optional 316 stainless steel.

Approvals

The SHLD 1 is suitable for use in hazardous areas. Contact Ohmart/VEGA for specific certifications applicable to this source holder.

Operation

The SHLD 1 is used to position and protect a radioactive source near a process vessel or pipe. Radiation from the source is directed through the process by an integral collimator. A radiation detector placed opposite the source holder measures radiation fluctuations caused by process condition changes. The detector correlates radiation levels to process conditions such as level and density.

| SmartSeries LB 414 | | Technical Information | |
|---|--|-----------------------|--------------------------------|
|  | | <h1>1</h1> | <h2>Technical Information</h2> |
| | | | <h3>1.1 Technical Data</h3> |
| Mechanical Design | | | |
| Ambient temperatures | -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F) extended temperature range with metal cover and metal cable glands: -40...+60 °C (-40 ... +140 °F) with Water Cooling System: -40 ... 100 °C (-40 ... +212 °F) | | |
| Housing material | Stainless steel ISO 1.4301 / AISI 304 (other materials on request) | | |
| Plastic components | PBT or PC | | |
| Weight | max. 10 kg | | |
| Length | approx. 483 mm | | |
| Degree of protection (with closed cover) | IP 66 / IP 67 (according to IEC 60529) | | |
| Degree of protection (with open cover) | IP 40 (according to IEC 60529) | | |
| Environmental Test Conditions | IEC 60068-2-27 Mechanical shock (30 g) IEC 60068-2-6 Vibration (1.9 g in resonance, sinusoidal) IEC 60068-2-38 Temperature/humidity cyclic (-10 ... 65 °C; >90%) IEC 60068-2-14 Temperature shock (-45 ... 65 °C in 10 s) | | |
| General ambient conditions | Degree of pollution 2 Installation category 3 Height above sea level up to 3,000 m Humidity < 90% | | |
| Water Cooling System | Optional, stainless steel ISO 1.4301 / AISI 304; Water pressure up to 6 bar Tube connection R1/4", d=10mm Weight approx. 3.5 kg | | |
| Collimator | Optional, lead, painted To reduce background radiation Part no. 4506 and 11814 Weight approx. 9.5 kg | | |

| Electrical Design | |
|---|---|
| Supply voltage | Variant 1: 100...240 VAC +/- 10%, 50...60 Hz max. 10 VA Variant 2: 24 VDC, 18...32 VDC max. 8 W 1x fuse 1A/T for L conductor |
| EMC | Emitted interference according to EN 61326-1, operating equipment class A interference immunity according to EN 61326-1, NAMUR NE21 Low-voltage Directive EN 61010-1 |
| Approvals | CE, cCSA _{US} general area |
| Line glands | 2x M20 x 1.5 mm 2x M16 x 1.5 mm |
| Wire cross section for spring terminals | 1 mm ² to 2.5 mm ² ; 8 mm insulation stripping |
| Relay output | Relay contact (SPDT) max. 24 V switching voltage, at 5 A max. current and 5AT fuse. Can be configured by means of software for: <ul style="list-style-type: none"> • System status messages • Detector temperature violations • Process value violations |
| Current output | HART current output 4...20 mA, potential-free, passive or active Resolution above 6µA Active impedance range: 120 Ohm to 500 Ohm Passive impedance range: max. 250 Ohm at 12 V, max. 500 Ohm at 24 V. For safe HART® communication, at least 250 Ohm are required. The maximum cable length of the HART® loop depends on the connected resistance as well as on the capacity and inductance of the cable. Max. cable length with BERTHOLD cable (part no. 32024): <ul style="list-style-type: none"> • 3300 m at 120 Ohm • 1600 m at 250 Ohm • 800 m at 500 Ohm |
| RS485 | For software updates and PC software interface Max. cable length 30 m |
| External connection plug | M20 plug and cable for connection of Detector Service Modem or 475 HART Communicator. |
| Count rate | Max. 1,000,000 cps |
| System integration | Via 4...20 mA current interface with optional HART® protocol according to BEL-202 FSK standard. |
| Temperature monitoring | Measuring sensor inside the detector, deviation of max. 3 K |
| Temperature stability | ≤ 0.01 %/°C (-40...+60°C) for polymer scintillator ≤ 0.002 %/°C (-40...+60°C) for NaI(Tl) crystal |

| SmartSeries LB 414 | | Technical Information |
|------------------------------|---|-----------------------|
| Digital electronics | 32 bit microprocessor with Watchdog timer and self-monitoring 2x16 digits display with backlight, one-button operation and integrated status LED | |
| Scintillator | | |
| Scintillator | NaI point detector 40x35 mm Polymer point scintillator 50x60 mm Sensitivity: Dose rate approx. 1 μ Sv/h for 300 cps | |
| Software | | |
| Measuring application | Density (e.g. of fluids, suspensions or bulk material) <ul style="list-style-type: none"> Measuring units: g/cm³, kg/m³, g/l, SGU, % (wt/wt), lb/gal, lb/ft³ Conformity according to NE-21, NE-43 and NE-107 Safety write protection for software available. Prevents unauthorised operation. Data backup in non-volatile memory | |
| Automatic decay compensation | Cs-137, Co-60 | |
| User interfaces | All interfaces enable full parameterisation and calibration: <ul style="list-style-type: none"> Local User Interface Registered HART® Device (device description provided) PC Interface (with Detector Service Modem and special software) | |

LIITE 2. KOSTEUSMITTAUKSET

NIR 6000 –kosteusmittalaite

NIR 6000

Sensortech Systems, Inc.

On-Line Moisture Measurement and Control System

Analyzer Specifications

| | |
|---|-----------------------------|
| Number of Measured Constituents | 1, 2, or 3 |
| Moisture Range & Accuracy | 0 - 95% ±0.01% * |
| * All accuracies are subject to application | |
| Measurement Distance | 4.0 - 16 in. (100 - 400 mm) |
| Optical Sampling Size | 1.50 in. (38 mm) |
| 6200 Series | 0.40 in. (10 mm) |
| Number of Stored Calibrations | 50 |
| Standard Weight | 16 lbs. (7 Kg) * |
| * Non-Standard enclosures are subject to application. | |

Enclosure

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Standard | Cast Aluminum |
| 6100, 6300 & 6500 Series | Stainless Steel |
| 6400 & 6900 Series | Subject to application |
| Dimensions | Refer to diagram on right |
| Power | 80 / 260 VAC (50 / 60 Hz) |
| Option | 24VDC |

Temperature Control

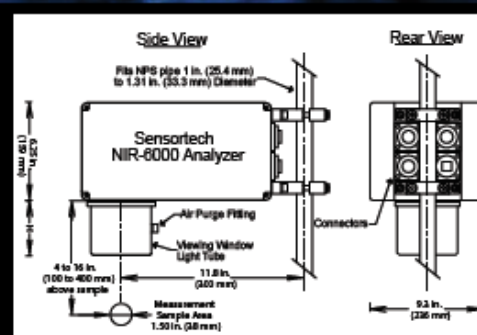
| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| Standard Operating Temperature | 32 - 120°F (0 - 50°C) |
| 6300 Series | 32 - 185°F (0 - 85°C) |

- Several options are available spanning and exceeding the minimum and maximum stated specifications.
- Contact Sensortech for details.

| | |
|---------------------------|--|
| Analyzer Inputs / Outputs | <ul style="list-style-type: none"> • Three self-powered isolated 4-20mA outputs • Ethernet TCP/IP, RS-232, RS-422/485 • 1 Digital Input • 1 Digital Output |
|---------------------------|--|

| | |
|---------------------------------|--|
| Communication Interface Options | PROFIBUS, PROFINET, DeviceNet, EtherNet/IP, Modbus |
|---------------------------------|--|

| | |
|----------|--|
| Warranty | 2 year system guarantee Lamp and Motor (Lifetime) |
|----------|--|



Standard Features Include:

- 16-bit conversion and 32-bit processing
- Wavelength selection for each application
- Advanced digital filtering for noise free signal
- Surface mount technology
- Windows operating software
- Standard ethernet output
- 3 x 4-20mA outputs
- Optical window contamination monitor
- 2 year parts & labor warranty
- Factory Calibration included with your purchase

Options:

- Digital Display (DD)
- Touch Operator Interface (OI)
- Cooling Panels (Air or Liquid Cooled)
- Calibration Reference Standards
- Product Temperature Sensor
- PROFIBUS, PROFINET, EtherNet/IP, DeviceNet, Modbus
- KEL-F, Quartz, and Sapphire Viewing Windows
- Extended Warranty

Hydro-Probe

Digital microwave moisture sensor for bins, silos and conveyors

The Hydro-Probe is a rugged, microwave moisture measurement sensor designed to be installed in bins, silos and conveyors in process control environments.

Measuring at 25 times per second and with on-board functionality such as signal processing and averaging, the Hydro-Probe accurately measures the moisture content of material as it flows over the ceramic faceplate. Remote configuration, calibration, diagnostics and firmware upgrades are simple using Hydronix Hydro-Com software. The linear output allows direct integration with any control system using industry standard interfaces.

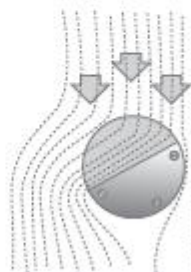


Features

- Digital technology provides precise linear moisture measurement with 25 readings per second.
- Advanced Digital Signal Processing provides a clear signal with rapid response.
- Fully temperate compensated measurement.
- Two analogue outputs, digital RS485 communications and configurable digital inputs/output, alarms.
- Remote communication with Hydro-Com software allows configuration of all sensor parameters.
- Consistent performance with no need for recalibration except for use with different materials.
- Calibration data points stored within the sensor for improved quality control.
- Stand alone or simple integration into a new or existing automation system.
- The Averaging Mode provides a continuous "average" moisture over a batch.
- Averaging, "Bin Empty" and "High Moisture" Alarms and Signal Processing are performed internally by the sensor.

Angle of Sensor

Ensures continuous flow over the sensor



Technical Information

Construction

Body: Stainless Steel
Faceplate: Ceramic

Fixing

The sensor must be placed in the flow of material.

Bins and Silos: Install in the neck of a bin or underneath the gate. Standard and Extension Mounting Sleeves are available to suit different bin widths.

Conveyors: Secure in the flow of material.

Operating Temperature

0-60° C. The sensor will not measure ice.

Penetration of Field

Approximately 75-100mm dependent upon material.

Refresh Rate

25 times per second.

Moisture Range

The sensor will measure up to saturation of material.

Analogue Outputs

Two configurable 4-20mA or 0-20mA current loop source available for moisture and temperature. May also be converted to 0-10V DC.

Digital Inputs/Output

2 configurable digital signals available for averaging and alarm functions.

Digital (Serial) Communication

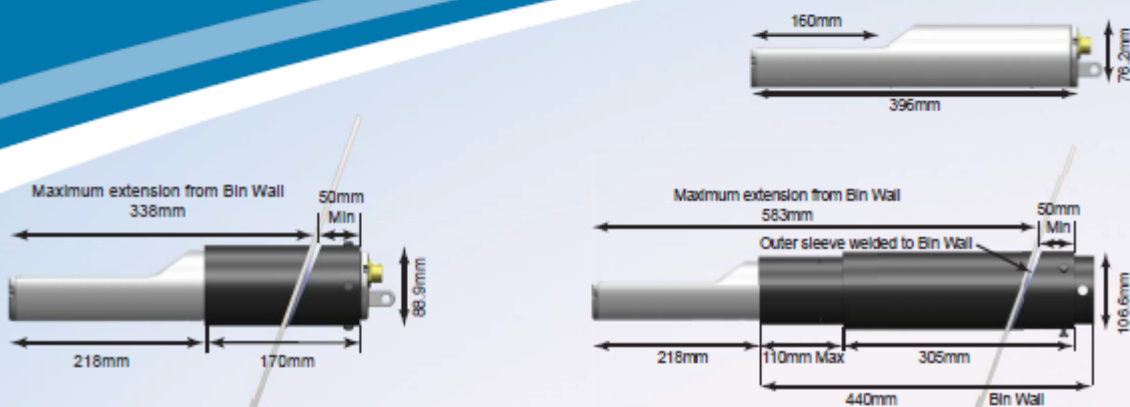
Opto-Isolated RS485 2-wire port.
RS232, Ethernet and USB Interfaces available.
Programming details to access sensor values and parameters are available on request.

Extension Cable

Six twisted pairs, 22AWG, 0.35mm² conductors. Screen braid with 65% minimum coverage plus aluminium/polyester foil. Maximum cable run of 100m.

Power Supply

+15V to +30V DC, 4W.



Head Office - United Kingdom:

Tel: +44 (0)1483 468900
Fax: +44 (0)1483 468919

Email: enquiries@hydronix.com

Central Europe & Southern Africa:

Tel: + 49 2563 4858

France:

Tel: + 33 652 04 89 04

Americas, Spain & Portugal:

Tel: 888-887-4884 (toll free)
or +1 231-439-5000

| Part Number | Description |
|-------------|---|
| HP04 | Hydro-Probe Digital Microwave Moisture Sensor |
| 0025 | Standard Mounting Sleeve |
| 0026 | Extension Mounting Sleeve |
| 0024X | Flanged Mounting Sleeve (for vertical mounting) |
| 0023 | Clamp Ring for use with Flanged Mounting Sleeve |
| 0975A | 4m Sensor Cable with military specification sensor connector |
| 0067 | Terminal Box (IP66, 10 Terminals) |
| 0116 | 24VDC Power Supply 30 watt for up to 4 Sensors |
| 0049A | RS232-485 Adapter DIN rail mounting |
| 0049B | RS232-RS485 Converter, 9 pin D-type to Terminal Block |
| SIM01-A | USB Sensor Interface Module including cables and power supply |
| EAK01 | Ethernet Adapter Kit |
| EPK01 | Ethernet Power Kit |
| P4EW | 4 Year extended warranty option |

www.hydronix.com

8L0029 1.0.0

Information given is correct at the time of publication. Hydronix reserve the right to modify and change the specification as deemed appropriate without notification.

Hydronix, Hydro-View, Hydro-Probe, Hydro-Mix and Hydro-Control are Trade Marks of Hydronix Limited.

LIITE 3. MASSAVIRTAMITTAUKSET

Siemens, Sitrans FC430 massavirtamittauslaite

Flow Measurement
SITRANS F C

Flowmeter SITRANS FC430

Overview



The complete flowmeter system SITRANS FC430 can be ordered for standard, hygienic or NAMUR service. All versions can be ordered for CT service, according to OIML R 117 (Liquids other than water) and NTEP.

SIL specified compact variants can be validated and configured for SIL 2 or SIL 3 operation. SIL 3 operation requires two flowmeters in series and monitored by a SIL-rated control system. Series mounting must not introduce cross-talk between the sensors. Refer to installation guidelines.

The flowmeter is based on the latest developments within digital signal processing technology – engineered for high measuring performance:

- Fast response to rapid changes in flow
- Fast dosing applications
- High immunity against process noise
- High turndown ratio of flowrates
- Suitable for liquid and gas service
- Easy to install, commission and maintain

FC430 is available as standard with 4 to 20 mA analog output with HART 7.2. Additional functions can be freely configured for analog, pulse, frequency, relay or status output or binary input.

The transmitter comes with a user-configurable graphical display and SensorFlash, a micro SD card for configuration backup, firmware update and data storage.

The SITRANS FC430 flowmeter system consists of a SITRANS FCS400 sensor and a SITRANS FCT030 transmitter.

Benefits

- It is compact and light, fitting neatly into dense piping arrangements
- Easy maintenance because modules can be exchanged rapidly
- Effective separation of measurement from plant vibration
- Highly secure operation in safety critical applications
- Non-volatile memory of all setup and operation data
- Reliable measurements due to high signal to noise ratio
- Secure, digital transfer of measurement data from the sensor
- Short overall length; easy drop-in replacement into most existing installations
- Functional Safety (SIL X). Device suitable for use in accordance with IEC 61508 and IEC 61511.

Technical specifications

| | |
|--|---|
| Sizes | DN 15 (1/2"), DN 25 (1"), DN 50 (2"), DN 80 (3") |
| Accuracy | ± 0.10 % |
| Repeatability | ± 0.05 % |
| Flow range (water @ 1 bar pressure loss) | DN 15: 3 700 kg/h (8 157 lb/h) DN 25: 11 500 kg/h (25 353 lb/h) DN 50: 52 000 kg/h (114 640 lb/h) DN 80: 136 000 kg/h (300 000 lb/h) |
| Architecture | Compact or remote configuration |
| Display | Full graphical display, 240 x 160 pixels with selection of twelve languages including Chinese and Russian |
| Power supply | 20 ... 27 V DC ± 10%; 100 ... 240 V AC ± 10 %, 47 ... 63 Hz ± 10% |
| Weight | 4.6 ... 50 kg |
| Material | <ul style="list-style-type: none"> • Sensor <ul style="list-style-type: none"> - Wetted parts - Enclosure • Transmitter |
| | 316L stainless steel or Hastelloy C22 304 stainless steel Aluminum with corrosion-resistant coating |
| Enclosure rating | IP67 |
| Pressure ratings | <ul style="list-style-type: none"> • Measuring tubes <ul style="list-style-type: none"> - 316L - Hastelloy C22 • Sensor enclosure • Sensor enclosure burst pressure |
| | 100 bar (1450 psi) 160 bar (2321 psi) 20 bar (DN15, DN 25) 17 bar (DN 50, DN 80) > 160 bar (all sizes) |
| Temperature ratings | <ul style="list-style-type: none"> • Process medium • Ambient • Display |
| | -50 ... +200 °C (-58 ... +392 °F) -40 ... +60 °C (-40 ... +140 °F) -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F) |
| Process connections | <ul style="list-style-type: none"> • Flanges • Pipe threads • Hygienic threads • Hygienic clamps |
| | EN 1092-1 B1, EN 1092-1 D, ANSI/ASME B16.5, JIS B 2220, DIN 11864-2 ASME B1.20 (NPT), ISO228-1 G (BSPP), VCO Quick-connect DIN 11851, DIN 11864-1A, ISO 2853, SMS 1145 DIN 11864-3A, DIN 32676, ISO 2852 |
| Approvals | <ul style="list-style-type: none"> • Hazardous area • Pressure equipment • Hygienic • Custody transfer • Operational safety (compact system only) |
| | ATEX, IECEx, EAC Ex, FM, NEPSI, CSA, INMETRO PED, CRN 3A, EHEDG OIML R 117, NTEP SIL 2 Single SIL 3 Redundant system |
| NAMUR | NAMUR-compliant (e.g. NE 21, NE 41, NE 107 and NE 132) |
| I/O | Up to 4 channels combining ana- log, relay or digital outputs and binary input |
| Communication | HART 7.2 |
| EMC performance | <ul style="list-style-type: none"> Emission Immunity |
| | EN 55011/CISPR-11 (Class A) EN/IEC 61236-1 (Industry) |
| Mechanical load | 18 to 400 Hz random The flow meter will mechanically tol- erate 3.17 g RMS in all directions. Flow accuracy cannot be guaran- teed under all conditions. |

KROHNE Optimass 7000, massavirtamittauslaite


OPTIMASS 7000 Technical Datasheet

Measuring system

| | |
|---------------------|---|
| Measuring principle | Coriolis mass flow |
| Application range | Mass flow and density measurement of fluids, gases and solids |
| Measured values | Mass, density, temperature |
| Calculated values | Volume, referred density, concentration, velocity |

Design

| | |
|-----------------|--|
| Basic | System consists of a measuring sensor and a converter to process the output signal |
| Features | Fully welded maintenance free sensor with single straight measuring tube |
| Variants | |
| Compact version | Integral converter |
| Remote version | Available with field, wall or 19" rack mount versions of the converter |
| Modbus version | Sensor with integral electronics providing Modbus output for connection to a PLC |

Measuring accuracy

| | |
|---|--|
| Mass | |
| Liquid | $\pm 0.1\%$ of actual measured flow rate + zero stability |
| Gas | $\pm 0.35\%$ of actual measured flow rate + zero stability |
| Repeatability | Better than 0.05% plus zero stability (includes the combined effects of repeatability, linearity and hysteresis) |
| Zero stability | |
| Titanium | $\pm 0.004\%$ of maximum flow rate with respective sensor size |
| Stainless Steel / Hastelloy® / Tantalum | $\pm 0.015\%$ of maximum flow rate with respective sensor size |
| Reference conditions | |
| Product | Water |
| Temperature | +20°C / +68°F |
| Operating pressure | 1 barg / 14.5 psig |
| Effect on sensor zero point caused by a shift in process temperature | |
| Titanium | 0.001% per 1°C / 0.00055% per 1°F |
| Stainless Steel / Hastelloy® / Tantalum | 0.004% per 1°C / 0.0022% per 1°F |
| Effect on sensor zero point caused by a shift in process pressure | |
| Titanium / Stainless Steel / Hastelloy® / Tantalum | 0.0011% of the max flow rate per 1 bar _{rel.} / 0.000076% per 1 psig |
| Density | |
| Measuring range | 400...2500 kg/m ³ / 25...155 lbs/ft ³ |
| Accuracy | ± 2 kg/m ³ / ± 0.13 lbs/ft ³ |

| | |
|---------------------|---|
| On site calibration | $\pm 0.5 \text{ kg/m}^3 / \pm 0.033 \text{ lbs/ft}^3$ |
| Temperature | |
| Accuracy | $\pm 1^\circ\text{C} / \pm 1.8^\circ\text{F}$ |

Operating conditions

| | |
|--|--|
| Maximum flow rates | |
| 06 | 1230 kg/h / 45 lbs/min |
| 10 | 3500 kg/h / 129 lbs/min |
| 15 | 14600 kg/h / 536 lbs/min |
| 25 | 44800 kg/h / 1646 lbs/min |
| 40 | 120000 kg/h / 4409 lbs/min |
| 50 | 234000 kg/h / 8598 lbs/min |
| 80 | 560000 kg/h / 20567 lbs/min |
| Ambient temperature | |
| Compact version with Aluminium converter | -40...+60°C / -40...+140°F Extended temperature range +65°C / +149°F for some I/O options. For more information contact manufacturer |
| Compact version with Stainless Steel converter | -40...+55°C / -40...+130°F |
| Remote versions | -40...+65°C / -40...+149°F |
| Process temperature | |
| Titanium | -40...+150°C / -40...+302°F |
| Stainless Steel | 0...+100°C / 32...+212°F Extended temperature range 0...+130°C / 32...+266°F on Stainless Steel, sizes 25...80, hygienic connections only |
| Hastelloy® | 0...+100°C / 32...+212°F |
| Tantalum | 0...+100°C / 32...+212°F |
| Nominal pressure at 20°C / 68°F | |
| Measuring tube | |
| Titanium | -1...100 barg / -14.5...1450 psig |
| Stainless Steel / Hastelloy® / Tantalum | -1...50 barg / -14.5...725 psig |
| Outer cylinder | |
| Non PED / CRN approved | Typical burst pressure > 100 barg / 1450 psig at 20°C |
| PED approved secondary containment | |
| Titanium (Stainless Steel 304 or 316 outer cylinder) | -1...63 barg / -14.5...910 psig |
| Titanium (Stainless Steel 316 outer cylinder) | -1...100 barg / -14.5...1450 psig |
| Stainless Steel / Hastelloy® (Stainless Steel 304 or 316 outer cylinder) | -1...63 barg / -14.5...910 psig |
| Tantalum (316 outer cylinder) | -1...50 barg / -14.5...725 psig |
| CRN approved secondary containment | |
| Titanium (Stainless Steel 304 or 316 outer cylinder) | -1...63 barg / -14.5...910 psig |
| Stainless Steel / Hastelloy® (Stainless Steel 304 or 316 outer cylinder) | -1...63 barg / -14.5...910 psig |

LIITE 4. LÄMPÖTILAMITTAUKSET

Pt-100 ja termoelementti



Tuotelehti 2

Kierrettävä lämpötila-anturi T-B-Ø / W-B-Ø standardin DIN 43772 form 2G mukaan

Ominaisuudet

- lämpötila-alue -200...+1200 °C
- Pt100 tai termoelementti
- suojataskumateriaali sovelluksen mukaan
- Pt100, tarkkuusluokka A vakiona, tarkemmat pyydettyäessä. TE, luokka 1 vakiona
- vaihdettava sisäelementti, MI-rakenne
- asiakaskohtaisia erikoisratkaisuja
- saatavana myös ATEX-versioita, Ex i ja Ex d

Tyypillisiä sovelluksia

- energia- ja voimalaitostekniikka
- prosessiteollisuus
- kemianteollisuus
- koneen- ja laivanrakennus, tehdastekniikka



Tekniset tiedot

| | |
|-------------------------------------|---|
| Suojataskun materiaali | AISI, suurin lämpötila +550 °C, hetkellisesti +850 °C Kuumankestävä teräs 1.4841, suurin lämpötila +1100 °C, hetkellisesti +1200 °C |
| Vakiokierrevaihtoehdot | G, R, NPT, M, muut pyydettyäessä |
| Toleranssit Pt100 (EN-60751) | A, toleranssi +/- 0,15 + 0,002 x t, käyttölämpötila -100...+450 °C B, toleranssi +/- 0,3 + 0,005 x t, käyttölämpötila -196...+600 °C B 1/3 DIN, toleranssi +/- 1/3 x (0,3 + 0,005 x t), käyttölämpötila -196...+600 °C B 1/10 DIN, toleranssi +/- 1/10 x (0,3 + 0,005 x t), käyttölämpötila -196...+600 °C |
| Toleranssit TC (EN-60584-2) | Tyyppi J toleranssi luokka = -40...375 °C +/- 1,5 °C, 375...750 °C +/- 0,004 x t Tyytit K ja N toleranssi luokka 1 = -40...375 °C +/- 1,5 °C, 375...1000 °C +/- 0,004 x t |
| Lämpötila-alue Pt100 | -200...+550 °C |
| Lämpötila-alue TE | -200...+1200 °C riippuen termoelementtityypistä HL = 250 mm -> suurin lämpötila +750 °C HL = 300 mm -> suurin lämpötila +1000 °C HL = 350 mm -> suurin lämpötila +1200 °C |
| Hyväksynnät | ATEX, GOST-R, METROLOGICAL PATTERN APPROVAL, ROSTECHNADZOR |
| Laatusertifikaatti | ISO 9001:2008 myöntäjä DNV |
| Kotelointiluokka | IP65, korkeampi kotelointiluokka pyydettyäessä |

TE = termoelementti
HL = kaulaputki

LIITE 5. TARJOUKSET (POISTETTU)