

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma / elektroniikan tuotantotekniikka

Arto Sunila

INSTRUMENTOINNIN KOESTUSOHJE

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikka

SUNILA, ARTO	Instrumentoinnin koestusohje
Insinööriyö	32 sivua + 2 liitesivua
Työn ohjaaja	Yliopettaja Esa Pulkkanen
Toimeksiantaja	YIT Teollisuus- ja verkkopalvelut Oy, sähköautomaatio- ja IV-palvelut
Marraskuu 2009	
Avainsana	instrumentointi, koestus, HART, HART-protokolla, mittaustekniikka

Prosessiautomaation instrumentoinnissa on jo hyvän aikaa käytetty HART-protokollaa hyödyntäviä, ns. älykkäitä lähettämiä. Kuitenkin vasta viime vuosina tätä ominaisuutta on alettu hyödyntää käyttöönotossa ja koestuksessa. Ominaisuus ei ole erityisen tuttu kovinkaan suurelle osalle automaatioasentajia, vaikkakin tilanne on korjaantumaan päin suurten prosessiteollisuuden yksöiden hiljalleen siirtyessä HARTin käyttöön myös koestuksessa.

Työn tarkoituksena on selventää HART-protokollan toimintaa ja tehdä koestusohje HART-protokollaa käyttävien kentälaitteiden käyttöönottoa varten. Ohjetta voidaan käyttää myös koulutusmateriaalina automaatiojärjestelmän kentälaitteiden koestus- ja käyttöönottovaiheessa. Tavoitteena on esittää asia siten, että siirtyminen analogisista koestusmenetelmistä digitaalisiin olisi mahdollisimman helppoa myös tietotekniikkaan tottumattomalle asentajalle.

Ohjeessa selvitetään myös hieman mittaustekniikkaa. Laitteiston käyttöönotto ja varsinkin mahdollinen vianhaku helpottuvat, kun tiedetään, miten laite toimii ja mihin sen toiminta perustuu.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Electronics

SUNILA, ARTO Commissioning Instructions for Instrumentation

Bachelor's Thesis 32 pages + 2 pages of appendices

Supervisor Esa Pulkkanen, Principal Lecturer

Commissioned by YIT Industrial and Network Services

November 2009

Keywords instrumentation, HART, measuring technique, commissioning

The instrumentation of process automation has, for some time, been using so-called smart transmitters that support the HART protocol. However, HART has not been used in commissioning until the few recent years. Therefore HART has remained relatively unfamiliar to installers. The situation is improving as some major facilities have started using HART in commissioning.

The goal of this thesis is to introduce the HART protocol to commissioning installers and to provide a guide for the commissioning process of the smart transmitters. The guide aims to facilitate the transition from analogical commissioning methods to new digital ones, especially for the benefit of those who are less familiar with information technology.

The guide also explains some measuring techniques, putting special focus on the most common ones. The commissioning of measuring equipment, and fault diagnostics, in par-

ticular, are significantly easier when the user knows how the equipment works and what the measuring is based upon.

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
MERKINNÄT JA LYHENTEET	7
1 MIKÄ ON HART -PROTOKOLLA?	8
2 KOESTUKSEN ETENEMINEN	9
3 ASENUSTARKASTUS JA MITTAUKSET	10
3.1 Tarkastus	10
3.2 Mittaukset.....	11
3.2.1 Tehonjakelu.....	12
3.2.1.1 Jännitelujuus.....	13
3.2.1.2 Silmukkaimpedanssi	14
3.2.2 Signaaliikaapelit.....	14
4 KOESTUS	14
4.1 Lämpötilalähettimet	16
4.1.1 Tekniikka.....	16
4.1.2 Koestus.....	17
4.2 Painelähettimet.....	18
4.2.1 Tekniikka.....	18
4.2.2 Koestus.....	19
4.3 Paine-eromittaukset.....	20
4.3.1 Tekniikka.....	21
4.3.1.1 Venturiputki	21
4.3.1.2 Mittauslaippa.....	22
4.3.2 Koestus.....	23
4.4 Uimuripintamittaukset.....	23
4.5 Tutkat ja ultraäänipintamittaukset.....	24
4.6 Muut virtausmittaukset.....	24
4.6.1 Ultraäänimittaukset	24

4.6.2	Vortex.....	25
4.6.3	Coriolis.....	26
4.6.4	Annubar-putki	27
4.7	Monimuuttujalähettimet	28
4.8	Venttiilit	29
5	HART-PROTOKOLLAN MAHDOLLISUUKSIA	29
	LÄHDELUETTELO.....	32
	LIITTEET	

1. Oikosulkuvirtataulukko
2. HART-pikaohje, Neste Oil

MERKINNÄT JA LYHENTEET

ATM	Paineen yksikkö , ilmakehän paine
FSK	Frequency Shift Key Tietoliikenteen koodaus menetelmä.
HART	Highway-Addressable Remote Transducer Protokolla automaation digitaaliseen tiedonsiirtoon.
Ia	Jännite
PE	Protective Earth Maadoitusjärjestelmä
R	resistanssi
TE	Technical Earth Maadoitusjärjestelmä, signaalimaa
U	Jännite
Zs	Impedanssi

1 MIKÄ ON HART -PROTOKOLLA?

HART (Highway Addressable Remote Transducer) on kenttälaiteprotokolla, jossa perinteisen analogisen tasavirtaviestin rinnalla piirissä kuljetetaan laite- ja prosessitietoa digitaalisessa muodossa (1). Protokolla voidaan löyhästi suomentaa kieleksi, jolla kaksi laitetta keskustelemaan keskenään.

HART käyttää ns. half-duplex-tyyppistä tiedonsiirtoa, eli digitaalisignaali kytketään päälle lähetyksen ajaksi. Muulloin laite vastaanottaa viestiä samalta linjalta, jolle se lähettää. Digitaalinen signaali koostuu 1200 Hz:n ja 2200 Hz:n taajuuksista. Nämä vastaavat tiloja 1 ja 0. Lähetin moduloi silmukkavirtaa symmetrisellä sini- tai trapetsiaallolla, jonka amplitudi on $\pm 0,5$ mA. (2.)

Koodaustapana käytetään Bell 202 –tiedonsiirtostandardiin perustuvaa FSK–tekniikkaa. Digitaalisignaalin keskiarvo on nolla, minkä ansiosta se ei häiritse analogista tasavirtaviestiä. (1.)

HART–protokollassa tiedon siirto on kahden suuntaista, eli dataa voidaan sekä vastaanottaa, että lähettää laitteelta tai laitteelle mistä signaalitien kohdasta tahansa. Toisin sanoen, HART-laitetta voidaan ohjelmoida muualtakin kuin itse laitteen välittömästä läheisyydestä ja ilman johtimien irrotusta. HART–kommunikaattori eli ohjelmointilaitte liitetään linjaan laitteen rinnalle, mikäli linjan resistanssi on riittävän suuri. Mikäli resistanssi jää liian pieneksi, on linjaan lisättävä kuormavastus sarjaan. (3.)

HART–sanomakehys koostuu seitsemästä osasta ja sitä edeltää tahdistusjakso (4), jonka avulla vastaanottajan modeemi ja sarjaliikennevastaanotin tahdistetaan. Tämän jakson kaikki bitit ovat ykkösiä (2). Tahdistusosan pituus vaihtelee 5 ja 20 tavun välillä (4).

Tahdistusjakson jälkeen vuorossa on start-tavu, jota seuraa yhden tai viiden tavun mittainen osoite. Yhden tavun osoite on käyttäjän aseteltavissa oleva, pitkä kertoo valmistajan, laitetyypin ja laitteen sarjanumeron. Yleensä käytetään pitkää osoitetta. (2.)

Seuraavaksi annetaan tavun mittainen komento. Pakollisia standardiin sisältyviä komentoja on 14 ja lisäksi joukko vapaaehtoisia komentoja, jotka ohjelmointilaitteen tulee tuntea. Pakollisilla komennoilla haetaan viimeisimmät mittaustiedot ja hallinnoidaan lähettimen tekstimuotoisia tietoja. Vapaaehtoisilla voidaan esimerkiksi hallita laitteen analogista lähtöä. Vapaaehtoiset komennot kirjoittaa laitteen valmistaja määrämuotoiseen kuvaustiedostoon. Kuvaustiedosto mahdollistaa ohjelmointilaitteelle kenttälaitteen komentoamisen peruskäskyjä laajemmin. (2.)

Komennon jälkeen kerrotaan datan pituus tavuina yhden tavun mittaisella viestillä. Näiden jälkeen tulee varsinainen, 0...25 tavun mittainen mittaustieto-osa sekä tarkistustavu. Sarjaliikennekäytössä orjalaite antaa ennen mittaustietoa kahden tavun status-paketin. (4.) Mittaustulokset ja asetusrivot siirretään IEEE 754 –muodossa 32-bittisenä liukulukuna (2).

2 KOESTUKSEN ETENEMINEN

Koestuksen tarkoituksena on todeta laitteiston oikea toiminta, jotta se voidaan ottaa turvallisesti käyttöön.

Koestusorganisaatio koostuu tilaajan ja urakoitsijan edustajista ja vaihtelee kohteen ja sen suuruuden mukaan. Pienissä urakoissa koestuksen vastaanottajana toimii usein kunnossapidon edustaja. Suuremmissa kohteissa koestuksen vetäjänä toimii joko suunnittelu- tai tilaajaorganisaation edustaja. Lisäksi kohteissa, joissa aikataulu on tiukka, saatetaan perustaa erikseen vikapartio, joka korjaa koestuksessa havaittuja vikoja ja puutteita. Tilaajan

edustaja, koestuksen vastaanottaja, on uudiskohteissa yleensä suunnittelija tai käyttöönottoon erikoistunut henkilö, esimerkiksi järjestelmäasiantuntija. Saneerauskohteissa vastaanoton suorittaa yleensä kunnossapidon asentaja tai työnjohto.

Koestuksen vastaanottaja operoi pääsääntöisesti prosessinäyttöä ja toteaa signaalin näkyvän ohjaamon näytöltä. Lisäksi hän merkitsee piirikaavioon mahdolliset tehdyt muutokset kytkennöissä siten, että piirikaavioiden koestussarja vastaa todellista tilannetta käyttöönoton päätyttyä. Tämän sarjan perusteella suunnittelu piirtää puhtaaksi laitteiston piirikaaviot.

Urakoitsijan koestaja kiertää kentällä laitteelta laitteelle generoimassa niiden signaalit järjestelmään ja tarkastamassa sovitut parametrit. Samalla koestaja tarkastaa asennuksia ja kirjaa ylös puutteet. Koestaja voi korjata pieniä vikoja, kuten pieniä kytkentävirheitä. Koestuksen sujuvuuden takia vikojen ja puutteiden korjaus kuuluu pääsääntöisesti vikapartiolle tai asennuksen tekijälle, mikäli aikataulu antaa myöten. Erityisen tärkeää koestajan roolissa on ilmoittaa koestuksen vastaanottajalle mahdolliset poikkeamat todellisen, olemassa olevan asennuksen tai kytkennän ja kuvien välillä. Poikkeamat piirustusten ja todellisen tilanteen välillä saattavat aiheuttaa paitsi päänvaivaa ja turhaa työtä kunnossapitomielessä. Mahdollisissa tulevilla muutoksissa tällaiset ristiriidat voivat aiheuttaa suunnitelmissa päällekkäisyyksiä.

3 ASENNUSTARKASTUS JA MITTAUKSET

3.1 Tarkastus

Asennusten tarkastus on pääsääntöisesti työnjohdon vastuulla, mutta tässäkin käytäntö vaihtelee paitsi kohteen koon, myös tiimin kokemuksen mukaan. Koestuksen yhteydessä käydään jokainen laite läpi koestajan toimesta, mistä syystä koestaja voi tarkastaa silmä-

määräisesti asennuksen ja raportoida huomaamansa puutteet niistä vastaaville henkilöille. Koestajan varsinaiselle vastuulle kuuluu laitteiston toimivuuden testaus.

Suojaputkitus, kaapelointi laitteen läheisyydessä ja läpiviennit ovat tarkastettavia seikkoja lähettimen merkintöjen ja kytkentöjen lisäksi. Koestaja kirjaa asennuspuutteet sekä virheet.

3.2 Mittaukset

Koestajalle saattaa kuulua myös joitain mittauksia. Esimerkiksi sähkösyöttökaapeliin jännitelujuus- ja jatkuvuusmittaukset tulevat luontevasti tehdyksi koestuksen yhteydessä, mikäli kaapelointi ei kulje esimerkiksi suljettavassa kaapeliojassa. Kaapeliojat on suljettava niin pian kuin mahdollista, joten ojaan asennettujen kaapeliin mittaukset on suoritettava heti vedon jälkeen. Tämä siltä varalta, että kaapeli jostain syystä on viallinen ja se joudutaan vaihtamaan.

Signaalikaapeloinnin vastaavat mittaukset kannattaa tehdä kootusti joko maadoituspisteen välittömästä läheisyydestä tai kenttäkoteloilta. TE-järjestelmä on yhdistetty PE-järjestelmään yleensä ristikytkentähuoneessa pääkiskot yhdistämällä. TE-järjestelmän kelluvuus mahdollistaa koko järjestelmän mittaamisen kerralla erottamalla järjestelmät toisistaan. Mikäli vikaa löytyy, on se etsittävä haarukoimalla runkokaapeli kerrallaan.

Kenttäkaapeleiden mittaukset suoritetaan yhdessä runkokaapelin kanssa ristikytkentä- tai järjestelmäkaapista, jos molemmat ovat uusia. Näin testatuksi tulee koko johdinjärjestelmä kytkentäkoteloiden liittimiä myöten. Mikäli vain kenttäkaapelointi on uutta, mittaus suoritetaan kenttäkotelolta ennen kytkentää.

3.2.1 Tehonjakelu

Tehonjakelukaapeilla tarkoitetaan sellaisia kaapeleita, joilla syötetään käyttöjännite aktiivisille laitteille, järjestelmäkaapeille, moottoreille yms. laitteille. Näissä kaapeleissa jännite on yleensä yli 24 V. Jotkin instrumentit käyttävät erillistä 24 V:n syöttöä, mutta nämä mitataan yleensä kuten instrumentoinnin signaalikaapelit, ellei tehdasstandardi toisin määrää.

Tehonjakelukaapeleiden eheys tulee varmistaa, jotta niitä voidaan turvallisesti käyttää. Tehonjakelukaapeli on yleensä suojattu vikavirtasuojalla tai sulakkeella, joka katkaisee piirin kaapelin tai laitteen vioittuessa. Jotta voidaan varmistua suojan sopivasta koosta, tulee tietää kaapelin oikosulkuvirta. Riittävä oikosulkuvirta tietyllä nimellisvaihejännitteellä on määritelty sähköturvallisuusstandardissa erikseen erityyppisille johdonsuojille 0,2 (230 V), 0,4 (400 V) ja 5 (>400 V) sekunnin toiminta-ajoilla (5). Sulakkeilla arvot on määritelty toiminta-ajoille 0,4 ja 5 sekuntia. Taulukko on esitetty liitteessä 1.

Oikosulkuvirta lasketaan soveltaen kaavaa

$$U \geq Z_s * I_a$$

jossa

U = nimellisvaihejännite (mitataan)

Z_s = piirin impedanssi (mitataan)

I_a = virta, jolla katkaisu toimii vaaditussa ajassa. (5.)

Mikäli käytetty mittari osaa mitata oikosulkuvirran, ei arvoa tarvitse laskea. Huomion arvoista on, että mitatun arvon tulee olla laskennallista 25 % suurempi.

3.2.1.1 Jännitelujuus

Jännitelujuusmittaukseen tarvitaan tarkoitukseen tehty mittari. Kuvassa 1 on esitetty Fluke 1507, joka on kompakti, 1000 V:iin asti soveltuva eristysvastusmittari. Mittarilla tutkitaan kaapelin johtimien välistä eristysvastusta tekemällä niiden välille käyttöjännitettä suurempi jännite. Tyypillisiä testijännitteitä teollisuusympäristössä ovat 250 V, 500 V ja 1000 V. Yli kilovoltin jännitteitä käytetään sähkönjakeluun liittyvissä kaapeleissa ja laitteissa. Mittaustulokset ovat yleensä gigaohmien luokkaa. Mikäli johtimen mittaustulokseksi saadaan pieni vastusarvo tai muista saman kaapelin johtimista merkittävästi poikkeava arvo, voidaan johtimessa olettaa olevan vikaa.



Kuva 1. Fluke 1507 -eristysvastusmittari

3.2.1.2 Silmukkaimpedanssi

Silmukkaimpedanssin mittauksessa kaapelin toinen pää oikosuljetaan ja mitataan toisesta päästä johtimien muodostaman silmukan impedanssin arvo. Tämä arvo tarvitaan oikosulkuvirran laskemiseen, jos mittari ei sitä osaa mitata. Mittauksessa ei yleensä eritellä impedanssin komponentteja, vaan tuloksena ilmoitetaan pelkkä ohmimäärä.

3.2.2 Signaalikaapelit

Signaalikaapeloinnin mittaukset tehdään yleensä jo hyvissä ajoin ennen koestuksen alkua, mutta monesti koestuksen ja mittaukset suorittaa sama henkilö. Instrumentoinnin signaalikaapeloinnin mittaukset riippuvat osittain asennuskohteen tilaluokituksesta. Räjähdyksenvaaralliset tilat tuovat mukanaan lisää mitattavia johtimia.

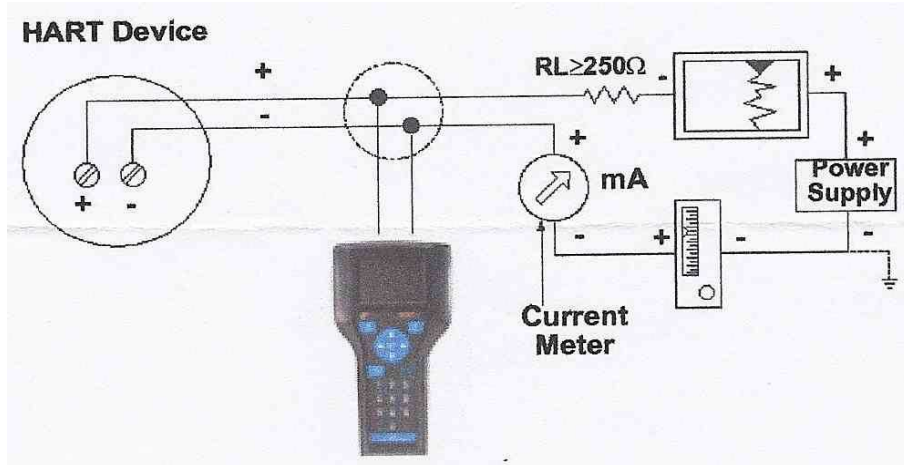
Normaaleissa tiloissa kaapeleista mitataan parin ja TE -johtimen välinen jännitelujuus. Räjähdyksenvaarallisissa tiloissa mitataan lisäksi

- PE- ja TE-järjestelmien välinen jännitelujuus
- PE- ja TE-johtimien silmukkavastus.

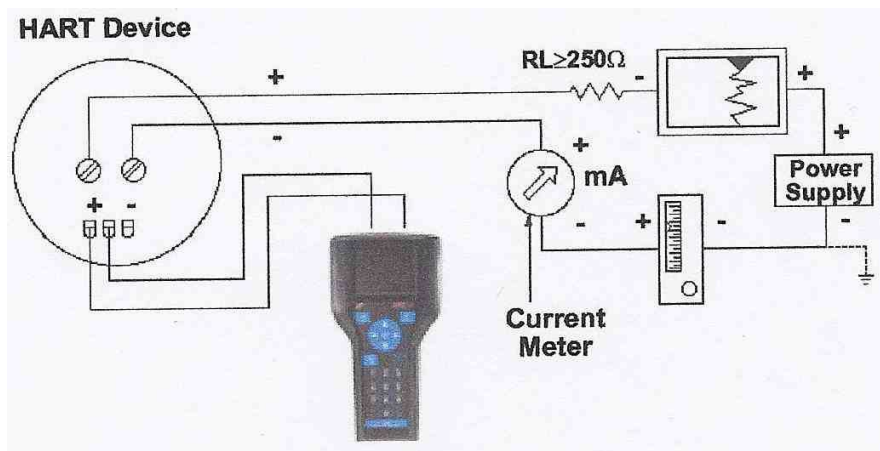
4 KOESTUS

HART-protokolla on mahdollistanut laitteiston etäohjelmoinnin ja virittämisen, mutta laitteen koestus käyttöönottovaiheessa tapahtuu yleensä itse laitteelta käsin. Koestustapahtumassa tarkastetaan, että prosessiin asennettu laite on sille tarkoitettulla paikalla ja asennettu oikein. Perinteisesti on tarkastettu laitteen kaapelointi simuloimalla milliampeeriviesti laitteelta järjestelmän näytölle. Simulointi voidaan suorittaa tarkoitukseen tehdyllä milliampeerisimulaattorilla, simulaattoriominaisuudella varustetulla yleismittarilla kyt-

kemällä simuloiva laite sarjaan lähettimen kanssa, tai muuttamalla lähettimen lähtö digitaaliseksi HART – kommunikaattorilla, jolloin ei siis tarvitse irrottaa laitetta piiristä.



Kuva 2. Kommunikaattorin kytkentä piiriin laitteen rinnalle. (3.)



Kuva 3. Kommunikaattorin kytkentä suoraan laitteeseen. (3.)

Kommunikaattori kytketään kuvan 3 esittämällä tavalla suoraan lähettimen diagnostiikkalle tarkoitettuihin liittimiin ja kytketään laitteeseen virta. Avautuvasta valikosta valitaan ”Online”, jolloin kommunikaattori alkaa etsiä linjaan kytkettyjä laitteita. Yhteyden muodostuttua näytölle ilmestyy aloitusvalikko, johon on numeroitu toimintoja (3). Toiminto

valitaan nuolinäppäimellä toiminnon päälle siirtymällä ja vahvistamalla valinta enter-näppäimellä tai painamalla numeronäppäimistöä toiminnon numeroa. Liitteessä 2 on lueteltu yleisimpien Rosemount- ja Yokogawa-lähettimien käyttöönotossa tarvittavien toimintojen numeronäppäinsarjoja eli HART-puita.

4.1 Lämpötilalähettimet

4.1.1 Tekniikkaa

Lämpötilan mittaamiseen käytetään teollisuudessa pääsääntöisesti joko lämpötilan mukaan muuttuvaan resistanssiin tai jännite-eroon perustuvaa tekniikkaa. Termoelementin toinen johdin on joko kokonaan eri metallia tai toisella metallilla seostettua verrattuna toiseen. Kahden eri metallin johtokyky eri lämpötiloissa on erilainen, joten johtimien välillä syntyy jännite-eroa, jonka perusteella lähetin muodostaa milliampeeriviestin. Samasta syystä johtimien tulee olla samaa materiaalia lähettimelle asti. Ominaisuus on nimetty Seebeckin ilmiöksi (6). Termoelementtiä käytetään yleensä suuria lämpötiloja mitattaessa. K-tyyppin termoelementillä kyetään mittaamaan yli 1000 °C:n lämpötiloja.

Vastuksen muuttumiseen lämpötilan mukaan perustuvaa mittaustekniikkaa, yleensä PT-100-tyyppistä anturia, käytetään pienemmissä lämpötiloissa. PT-100-anturin vastus 0 °C:n lämpötilassa on 100Ω, josta se pienenee lämpötilan laskiessa ja kasvaa lämpötilan noustessa. Tämän ansiosta vastukseen perustuva mittausta on tarkempi matalilla lämpötiloilla verrattuna termoelementtiin, mutta se ei kestä yhtä korkeita lämpötiloja. Molempia anturityyppejä voidaan yleensä käyttää samoilla lähettimillä.

4.1.2 Koestus

Lämpötilalähettimen koestus tapahtuu perinteisesti joko milliampeerisimulaationa tai simuloimalla itse anturia. Anturia simuloidaan joko tarkoitukseen tehdyllä kalibraattorilla, esimerkiksi Beamex MC-5 sisältää tämän ominaisuuden, tai lämmittämällä anturia esimerkiksi kannettavassa uunissa. Kuvassa 4 on esitetty tyypillinen puikkoanturi kytkentärasiaan asennettuna. Kuvassa 5 esitetty lähetin asennetaan kytkentärasiaan, jossa anturin ja kaapelin johtimet liitetään lähettimeen.



Kuva 4. Esimerkkikuva lämpötila-anturista kytkentärasiaassaan.

Hart-koestuksessa lämpötilalähettimestä tarkistetaan

- laitepositio
- mitta-alue
- mittayksikkö.

Näiden lisäksi tehdään simulointi. Jos lähettimessä on anturivian tunnistusominaisuus, voidaan senkin asetusta muuttaa Hartin avulla. Anturivian tunnistus kannattaa pitää käytössä. Poikkeuksen muodostavat termoelementtimittaukset, joiden mitta-alue on 0 °C:n ympäristössä. Tässä lämpötilassa termoelementin jännite-ero putoaa niin pieneksi, että lähetin tulkitsee anturin vialliseksi. Joissain lähettimissä anturihälytys asetetaan virtaviestin perusteella. Vian tulkintaperusteena käytetään tällöin asetettua milliampeeriarvoa, joka valitaan mitta-alueen ulkopuolelta (alle 4 tai yli 20 mA).



Kuva 5. PR-instrumentsin 2-johdinlämpötilalähetin.

4.2 Panielähtimet

4.2.1 Tekniikkaa

Yleisin painemittausanturi on kalvorasia, jossa paineenalainen aine liikuttaa lähetimen anturina toimivaa kalvoa, jonka asemaa tulkitsemalla muodostetaan itse signaali. Kalvo on yleensä integroitu itse lähettimeen. Kuva 6 on tyypillisestä painelähtimestä, johon on integroitu paikallinäyttö.

Toinen yleinen tapa on hydraulinen paineen välitin, joka vastaa muuten kalvorasiaa, mutta paine välitetään hydraulisesti itse lähettimelle. Näin on mahdollista suojata lähetintä kuumien, likaavien, kiteytyvien tai vaikeasti juoksevien aineiden vaikutuksilta. (6.)

Koska lämpötilan muuttuessa myös paine muuttuu, lähettimet pyritään sijoittamaan tasalämpöisiin olosuhteisiin. Ulkotiloissa tämä tarkoittaa yleensä lämmitettyä kaapia. Lisäksi lähettimen tulisi olla helposti luokse päästävissä paikassa.



Kuva 6. Painelähetin.

4.2.2 Koestus

Kuten lämpötilalähettimessä, painelähettimeistäkin tarkistetaan

- laitepositio
- mitta-alue
- mittayksikkö.

Käyttöönottovaiheessa voidaan, mikäli tarpeen, suorittaa nollaus. Nollauksella tarkoitetaan lähettimen lähdön virittämistä oikealle paineelle. Usein nollapaine on ilmanpainetta vastaava paine. Ennen nollausta lähettimen anturi on saatettava nollapaineeseen. Ensin on

varmistettava, että laite on eristetty prosessista. Tämä tapahtuu sulkemalla erotusventtiili impulssiputkesta. ATM-paine saadaan jättämällä impulssiputkiston ulospuhallusventtiili auki tai irrottamalla impulssiputkisto lähettimestä. Mikäli nollapaine on jokin muu kuin ATM-paine, on lähettimen anturi saatettava kyseiseen paineeseen muilla keinoin, esimerkiksi pumppaamalla oikea paine anturille. Joissain tapauksissa, kuten esimerkiksi nesteen painetta mitattaessa, täytetään impulssiputki mitattavalla aineella, jolloin saadaan neste-patsaan aiheuttama paine kompensoiduksi.

Lähettimen anturin ollessa nollapaineessa tarkistetaan piiristä virta. Nolla-virta on 4 mA. Mikäli lähettimen syöttämä virta piirissä on eri, on suoritettava nollaus. Tämä voidaan tehdä HART-kommunikaattorilla asettamalla mitattu arvo mitta-alueen alarajaksi.

4.3 Paine-eromittaukset



Kuva 7. Rosemount 2051 –paine-erolähetin.

4.3.1 Tekniikkaa

Paine-erolähetin eroaa painelähetimestä lähinnä anturinsa osalta. Kuvassa 7 näkyy Rosemount 2051 – mallin lähetin. Paine-erolähettimen kalvon molemmille puolille tuodaan ulkoinen paine, joiden eroa tutkitaan kalvon aseman avulla. Näin voidaan toteuttaa esimerkiksi virtaus- tai pintamittauksia. Myös hydraulivälittimiä voidaan käyttää paine-eromittauksissa.

Paine-eroon perustuvassa pinnan mittauksessa säiliöön asennetaan kaksi mittausyhdetä eri korkeudelle. Säiliön täytyessä hydrostaattinen paine muodostaan antureiden välille paine-eron, jota mittaamalla voidaan laskea pinnan korkeus. (6.)

Paine-erolähettimillä toteutetut virtausmittaukset perustuvat usein kuristukseen putkessa. Kuristuksen kohdalla aineen virtausnopeus kasvaa ja paine heti kuristuksen jälkeen pienenee. (6.)

4.3.1.1 Venturiputki

Venturiputki on virtausmittausmenetelmä ja kärjistetyksi kavennus prosessiputkessa. Mittaus perustuu paineen vaihteluun putken halkaisijan muuttuessa. Paine mitataan tulopuolelta ennen kavennusta sekä kavennuksen keskeltä, jossa virtausnopeus kasvaa ja paine pienenee. Näin ollen miinusputki liitetään kavennuksen liitäntään. (6.)

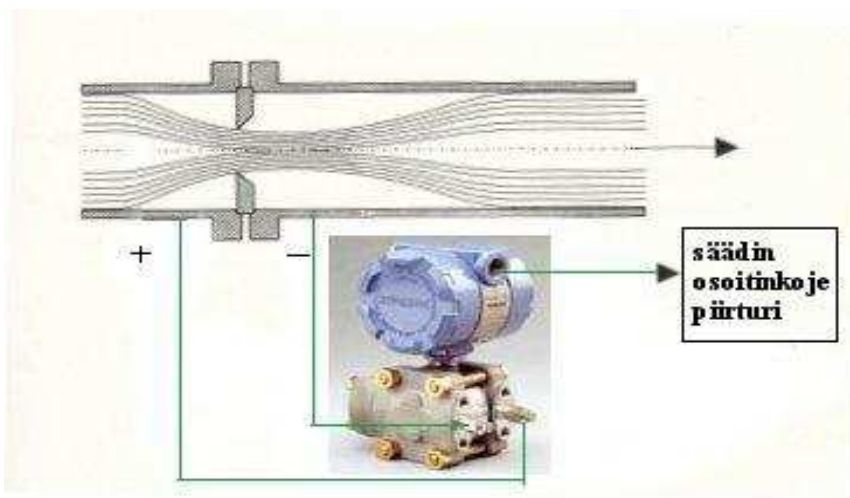
Venturiputken mittayhteet voidaan liittää joko suoraan prosessiputkeen tai sitä ympäröivään mittaputkeen. Mittaputki on ikään kuin vanne prosessiputken ympärillä ja yhteydessä prosessi putkeen useammasta kohtaa putkea. Esimerkki venturiputkesta nähtävissä kuvasta 8.



Kuva 8. Venturiputki.

4.3.1.2 Mittauslaippa

Mittauslaippa on yksinkertainen kuristuselin ja hyvin yleisesti käytetty. Paine mitataan välittömästi laipan molemmin puolin ja verrataan niiden eroa. Mittauslevyn etupuolelle syntyy estettä vasten paine. Välittömästi esteen jälkeen paine on pienempi virtausnopeuden paikallisesti kasvaessa. (6.) Mittauslaipan periaatetta on havainnollistettu kuvassa 9. Nuoli kuvan oikeassa reunassa kertoo virtaussuunnan.



Kuva 9. Mittalaipan periaatekuva.

4.3.2 Koestus

Paine-erolähttimen koestaminen tapahtuu kuten painelähttimen. Myös paine-erolähttimen anturi on saatettava lepotilaan ennen nollapisteen tarkistusta. Tämä tapahtuu kammioiden paineen tasauksella. Käytettäessä läpivirtaavaa asennusventtiiliä on ensin suljettava H-kammion impulssiputken venttiili läpivirtauksen välttämiseksi, mikäli prosessiaine on kuumaa. Läpivirtaava kuuma prosessiaine saattaa polttaa lähttimen kalvon tai sen tiivisteet. Seuraavaksi avataan erotus, jolloin kammioiden paine tasaantuu. Viimeiseksi suljetaan L-kammion venttiili. L-kammion paine on pienempi, joten paineen liiallinen nousu impulssiputkistossa on epätodennäköisempää kuin H-kammion puolella. Prosessiaineen ollessa jossain muussa kuin kaasumaisessa olomuodossa tulee varmistua lähttimen kammioiden puhtaudesta, jos lähtin on ollut käytössä. Kalvolle jääneet epäpuhtaudet vääristävät mittaustulosta.

4.4 Uimuripintamittaukset

Uimuripintamittausta käytetään nesteiden pinnankorkeuden mittauksissa. Masoneilanin mittaustavassa nestepinnan mukana putkessa kelluva uimuri kääntää momenttitangon välityksellä roottoria. Roottorin asennon vaihtaminen muuttaa magneettikenttää, jonka avulla indusoidaan ensiökämin jännite toisiokäämeihin staattorissa. Jännitteestä luetaan uimurin sijainti putkessa. (6.)

Uimuripintalähttimestä tarkistetaan

- laitepositio
- mitta-alue
- mittayksikkö
- uimurikammion tilavuus (asetuksen pitää vastata tyyppikilvessä mainittua).

4.5 Tutkat ja ultraäänipintamittaukset

Pinnankorkeutta voidaan mitata äänen kulkunopeuteen perustuvien mittausten avulla. Mittalaite lähettää korkeataajuisia pulsseja, jotka heijastuvat takaisin laitteeseen. Pulssin kulkuajasta lasketaan pinnan korkeus vertaamalla sitä asetettuihin parametreihin (6). Nämä laitteet otetaan käyttöön perinteisesti laitetoimittajan avustuksella, ja normaalin huollon yhteydessä niille tehdään johdotuksen tarkistus eli milliampeerisimulointi tai piirin katkaisu, jolloin järjestelmän näytöllä tulisi näkyä hälytys oikealta laitteelta. Laitteesta mahdollisesti myös tarkistetaan laitepositio HART-protokollaa hyväksikäyttäen.

4.6 Muut virtausmittaukset

4.6.1 Ultraäänimittaukset

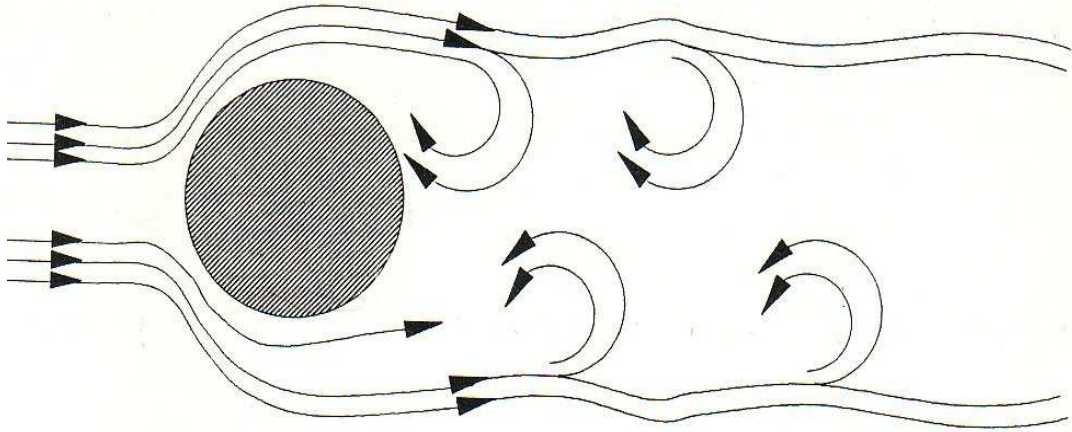
Ultraäänimittauksia käytetään pääsääntöisesti nesteiden virtauksen mittaukseen ja niitä on kahta tyyppiä. Doppler-mittaus perustuu virtausnopeuden mukaan muuttuvaan takaisin heijastuneen äänipulssin taajuuteen. Äänipulssit heijastuvat takaisin nesteen epäpuhtauksista ja kuplista. Putkeen on asennettuna anturi, joka lähettää ja vastaanottaa signaalia. (6.)

Kulkuajamittauksessa putkeen on asennettu kaksi kappaletta korkeita, yli 20 kHz:n taajuisia äänipulsseja lähettävää ja vastaanottavaa anturia. Ääniaallon kulkunopeus on erilainen myötä- ja vastavirtaan mitattuna. Kumpikin anturi lähettää ja vastaanottaa signaalia ja virtausnopeus lasketaan signaalien kulkuajakerrosta. (6.)

Ultraäänimittaukset kuuluvat niihin, jotka ottaa käyttöön laitetoimittajan edustaja tai laitteisiin erikseen perehdytetty henkilö.

4.6.2 Vortex

Vortex-virtausmittarissa putkeen on asennettu estekappale, jonka taakse muodostuvat pyörteet vääntävät estokappaleen takapuolelle asennettua anturia. Anturi voi olla toteutettu pietsosähköisellä elementillä, termoanturilla, venymäliuskalla tai differentiaalikondensaattorilla. Pyörteilyn aiheuttaman värinän taajuus muutetaan sopivaksi sähköiseksi signaaliksi. Taajuus riippuu virtausnopeudesta. (6.) Kuvassa 10 näkyy pyörrevanan periaate.



Kuva 10. Pyörrevanan periaatekuva (6.)

Vortex-lähettimeä on kahta tyyppiä. Ns. kompaktilähetin sisältää anturin lisäksi myös lähettimen ja mahdollisesti myös näytön. Hajautetussa versiossa itse lähetin on erillinen laite ja yhdistetään putkistoon asennettavaan anturiin valmistajan toimittamalla erikoiskäapelillä. Kuvassa 11 näkyy Yokogawan kompakti Vortex-lähetin.



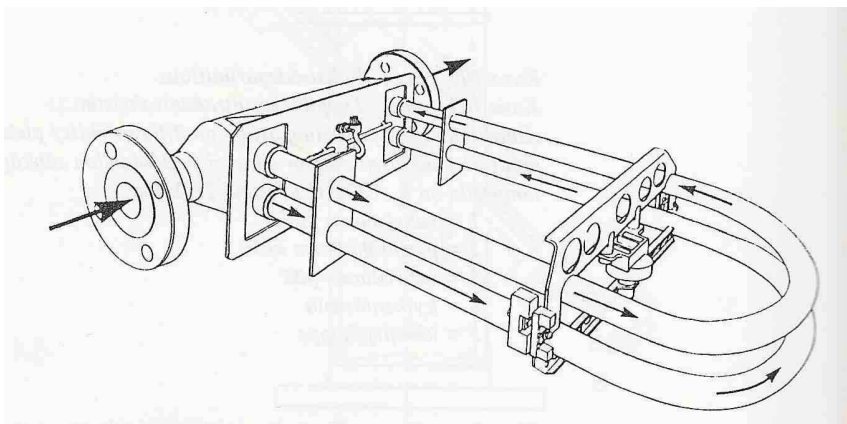
Kuva 11. Yokogawan kompakti Vortex-lähetin.

Vortex-lähettimen koestukseen sisältyy

- laiteposition tarkistus
- mitta-alueen tarkistus
- mittayksikön tarkistus
- vikatilän suunnan tarkistus
- simulointi.

4.6.3

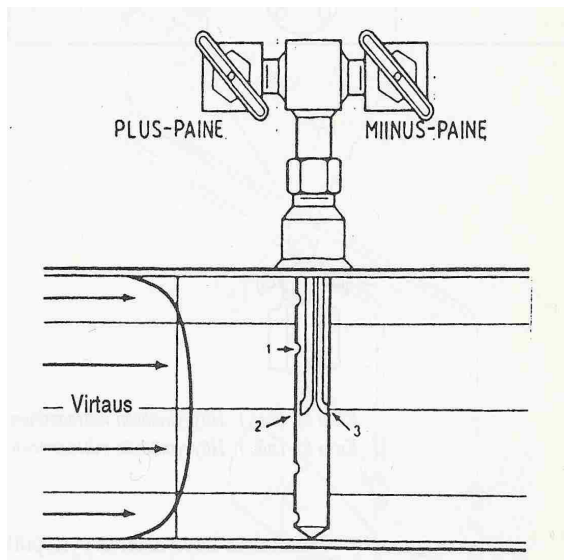
Coriolis



Kuva 12. Kaksiputkinen Coriolis-anturi (6.)

Coriolis-anturit perustuvat virtaavan massan aikaan saamaan värähtelyamplitudin muutokseen. Putki tai putket, kuten kuvassa 12, saatetaan värähtelemään tyypillisesti 80 Hz:n taajuudelle. Virtaavan aineen massa vastustaa värähtelyä putken tulopäässä ja vahvistaa sitä lähtöpäässä. Näin putkeen syntyy voima, jonka vaikutuksesta putkeen aiheutuu 1...3 mm:n vääntymä, jota mitataan magneettisin anturein. (6.) Putki yrittää vääntyä rusetille.

4.6.4 Annubar-putki



Kuva 13. Annubar-putken periaatekuva. (6.)

Annubar-putki on Pitot-putken kaltainen mittausmenetelmä, mutta Annubar-putki mittaa virtausta koko putken halkaisijan matkalta, siinä missä Pitot-putki ainoastaan putken keskeltä. Asia on havainnollistettu kuvassa 13. Virtausnopeus on erisuuruinen putken keskellä ja reunoilla, joten mittaustulos on putken keskimääräinen virtausnopeus. (6.)

Lähettimeen on merkitty virtaussuunta, joka tulee tarkistaa koestuksen yhteydessä. Väärinpäin asennettu lähetin antaa väärän mittaustuloksen. Kuvassa 14 on esitetty Emersonin toteutus Annubar-lähetimestä. Lähettimeistä tarkistetaan

- laitepositio
- mitta-alue
- mittausyksikkö.



Kuva 14. Emersonin Annubar-lähetin antureineen.

4.7 Monimuuttujalähettimet

Monimuuttujalähettimeistä saadaan useita mittaustietoja. Yksi laite voi lähettää samanaikaisesti tietoa esimerkiksi massavirtaamasta, lämpötilasta ja tiheydestä. Monimuuttujalähettimet yleensä virittää ja ottaa käyttöön laitetoimittajan edustaja tai laitteen käyttöönottoon erikseen perehdytetty henkilö. Koestuksen yhteydessä näistä tarkistetaan laitepositio, sekä johdotus katkaisemalla piiri. Järjestelmän näytölle tulisi ilmestyä hälytys oikealta laitteelta.

4.8 Venttiilit

Venttiilit koestetaan perinteisesti ajamalla venttiiliä järjestelmästä ja toteamalla toiminta kentällä. Venttiili ajetaan ääriasennosta toiseen 25 %:n askelin ja asento todetaan karan indikaattorista. Mikäli poikkeamia ohjausarvosta esiintyy, tehdään kalibrointi tai virityksen muutos. Samalla tarkistetaan ja tarvittaessa säädetään ohjauspaine pneumaattisella toimilaitteella varustetuista venttiileistä. HART-kommunikaattorilla tarkistetaan säätöventtiilin positio.

Pneumaattisella toimilaitteella varustettujen venttiilien turvasuunta tarkistetaan katkaisemalla ilma- sekä sähkösyöttö erikseen. Venttiilin tulee asettua turvasuunnan mukaiseen tilaan (auki tai kiinni). Oikea turvasuunta selviää laiteluettelosta.

Auki/kiinni -venttiileistä tarkistetaan toimisuunnan oikeellisuus ja mahdolliset raja-anturitiedot. Joissain tapauksissa raja-anturien haittoja saatetaan joutua säätämään. Tämä pätee yhtäläillä säätöventtiileihin. Raja-anturit ovat yleensä joko mikrokytkimin tai induktiivisin anturein toteutettuja.

5 HART-PROTOKOLLAN MAHDOLLISUUKSIA

Kaukoasettelu parantaa turvallisuutta erityisesti räjähdysvaarallisissa tiloissa, kun kantta ei tarvitse avata päästäkseen ohjelmoimaan laitetta. Lisäksi kunnossapidollinen tehokkuus kasvaa, kun laitteen ohjelmoimiseksi ei tarvitse hakeutua laitteen viereen. Erityisesti tästä hyödytään, kun laitteisto on hajallaan pitkien matkojen päässä, esimerkiksi tuulivoimaloissa, joiden valvomo on usein satojen, jos ei tuhansien kilometrien päässä itse laitteistosta.

Hart-protokollaa voi käyttää myös täysdigitaaliseen tiedon siirtoon ilman analogista milliampeeriviestiä. Tällöin samaan silmukkaan voidaan liittää useita lähettäjiä. Viestien kohdistus oikealle laitteelle tapahtuu osoitteiden avulla (2). Itse säätäminen voidaan hoitaa paikallisesti pienissä kokonaisuuksissa ja siirtää mittaustieto digitaalisesti muualle tallennettavaksi, jolloin kaapelointi yksinkertaistuu.

Paremmiin puhelinmodeemistandardina tunnetun Bell 202:n ansiosta HART-signaalia voidaan siirtää sovittimien avulla myös puhelinlinjaa pitkin. Myös suoraan tietokoneen RS-232-porttiin liitettäviä modeemeja on olemassa. Tällä tavoin tiedon keruu logiikalle tai muulle ohjauksjärjestelmälle yksinkertaistuu kaapeloinnin osalta edelleen, kun erillistä apujännitettä ei tarvita. (2.)

HART-protokollaa on pidetty monessa yhteydessä väliaikaisena ratkaisuna, mutta se on yhteensopivuutensa ansiosta vakiinnuttanut asemansa yhtenä suosituimmista, ellei jopa suosituimpana tiedonsiirtoprotokollista. Suosiota on lisännyt myös tutun ja turvallisen virtaviestin käyttömahdollisuus. Oikeampaa olisi ehkä sanoa, että HART – protokollan käyttömahdollisuus virtaviestin rinnalla on mahdollistanut koko protokollan yleistymisen. Sitä hyödynnetään kuitenkin varsin suppeasti vieläkin, vaikka käyttökokemuksen lisääntyessä soveltaminen onkin lisääntynyt. Metsä-Botnian Fray Bentosin tehtaan automaatiosta vastaavan projektijohtajan kommentti Tekniikka ja talous –lehdessä vuonna 2007 kiteyttää hyvin väylätekniikan nykytilan.

*”Tutkimme kenttäväylien käyttöön ottamista myös instrumentoinnissa, mutta emme uskaltaneet ottaa niitä käyttöön. Keräsimme tietoa kenttäväylien käyttökokemuksista, ja emme halunneet ottaa lisäriskiä uuden tekniikan sisäänajamisesta näin suuressa tehtaassa”,
Jouko Kotilainen selvittää. (7.)*

Kenttäväylät ovat ilmeisesti edelleen suomalaiselle prosessiteollisuudelle peikko, jonka käyttöönottoa ja kokeilua pelätään. Asiaa ei helpota väylätekniikan vaikeus verrattuna

vanhaan ja koeteltuun virtaviestiin. Väylätekniikkaan siirtyminen edellyttää henkilöstön koulutusta uuteen laitekantaan sekä niiden käyttöön ja ohjelmointiin. Aiemmin tehdyt kokeilut ovat myös olleet, syystä tai toisesta, pettymyksiä puolillaan, joten monet käyttäjät ovat pitäytyneet luotettavaksi todetussa tekniikassa.

LÄHDELUETTELO

1. ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, 5. luku, Automaation tietoliikennetekniikka, Saatavissa: [http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/\\$file/050_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/$file/050_0007.pdf), [viitattu:27.8.2008]
2. Hämäläinen, J. 2004. Hart-mittauslähettimen kehittäminen, diplomityö, Tampereen Teknillinen yliopisto
3. Field Communicator 475 User's Manual, Emerson Process Management, 2009
4. Metsola, J. 2007. Sähköpostitiedonanto, Kenttälaitteiden energiansyöttö ja signalointi. Metso Endress+Hauser Oy, Saatavuus: sähköposti
5. SFS6000 Sähköturvallisuus. Liite 2., Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
6. Räsänen, J. 1993. Automaatiotekniikan mittauksia, Helsinki: Valtion painatuskeskus
7. Ukkonen, A. 2005. Uruguay sellutehdas tukeutuu tuttuun, Tekniikka & Talous 31.5.2005. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/metsa/article45472.ece>, [viitattu: 27.8.2008]

Suunnittelutoimisto Hakala Oy SFS 6000 mukainen mittausten ja laskelmien vaatimustaulukot
1.1.2008 alkaen. Liite 2.

Taulukko 1 Johdonsuojien vaatimat oikosulkuvirrat vikasuojaukseen ja oikosulkusuojaukseen.

Pienimmät oikosulkuvirrat, jolla erilaiset suojalaitteet toimivat 0,2, 0,4 tai 5,0 sekunnissa					
Suojalaitteen nimellisvirta A	Pienin sallittu yksivaiheinen oikosulkuvirta A				
	Johdonsuojakatkaisijat				
	B-tyyppi 0,2, 0,4 s ja 5,0 s	C-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	C-tyyppi 5,0 s	D-tyyppi 0,2 ja 0,4 s	D-tyyppi 5,0 s
	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo/ mitattu arvo	Lask.arvo / mitattu arvo	Lask.arvo mitattu arvo /
6	30 / 38	60 / 75	42 / 55	120 / 150	42 / 55
10	50 / 65	100 / 125	70 / 90	200 / 250	70 / 90
16	80 / 100	160 / 200	112 / 140	320 / 400	112 / 140
20	100 / 125	200 / 250	140 / 180	400 / 500	140 / 180
25	125 / 160	250 / 320	175 / 220	500 / 630	175 / 220
32	160 / 200	320 / 400	225 / 280	640 / 800	225 / 280
40	200 / 250	400 / 500	280 / 350	800 / 1000	280 / 350
50	250 / 320	500 / 630	350 / 440	1000 / 1250	350 / 440
63	315 / 400	630 / 790	440 / 550	1260 / 1600	440 / 550
80	400 / 500	800 / 1000	560 / 700	1600 / 2000	560 / 700
125	625 / 780	1250 / 1570	875 / 1100	2500 / 3130	875 / 1100

Taulukko 2 Vaaditut oikosulkuvirrat käytettäessä gG tai gL -sulakkeita.

Sulakkeiden nimellisvirta A	Laukaisuaika	
	0,4 s	5,0 s
	Laskettu arvo / mitattu arvo	Laskettu arvo / mitattu arvo
2	16 / 20	9 / 12
4	32 / 40	18 / 23
6	46,5 / 58	28 / 35
10	82 / 103	46,5 / 58
16	110 / 138	65 / 81
20	145 / 180	85 / 105
25	180 / 225	110 / 138
32	270 / 340	165 / 210
35	290 / 365	175 / 220
40	315 / 395	190 / 240
50	470 / 590	250 / 315
63	550 / 690	320 / 400
80	840 / 1050	425 / 530
100	1000 / 1250	580 / 725
125	1450 / 1800	715 / 895
160	1600 / 2000	950 / 1190
200	2100 / 2625	1250 / 1560
250	2800 / 3500	1650 / 2065
315	3700 / 4625	2200 / 2750
400	4800 / 6000	2840 / 3550
500	6400 / 8000	3800 / 4750
630	8500 / 10625	5100 / 6375

Paine-eroon perustuvat virtausmittaukset				EJA-nimitys			3051 nimitys		
	EJX-nimitys	EJX-Puu	Huom.		EJA-puu	Huom.		3051-puu	Huom.
Laitepositio	Tag	1,3,(1)		Tag	1,3,(1)		Tag	1,3,(1)	
Virityksen yksikkö	Unit	1,3,(2)		Unit	1,3,(2)		Unit	1,3,(2)	
Virityksen alaraja	LRV	1,3,3,1,(1)		LRV	1,3,3,1,(1)		LRV	1,3,3,1,(1)	
Virityksen yläraja	URV	1,3,3,1,(2)		URV	1,3,3,1,(2)		URV	1,3,3,1,(2)	
Juurto	Xfer frctn (Sq root)	1,3,(5)		Xfer frctn (Sq root)	1,3,(5)		Xfer frctn (Sq root)	1,3,(5)	
Nollapeitto	Low Cut Mode (Zero)	1,3,(8)		Low Cut Mode (Zero)	1,3,(8)		-	-	
Nollapeitto raja	Low Cut (3%)	1,3,(7)		Low Cut (3%)	1,3,(7)		-	-	
Vikaantumissuunta	AO Alm Typ (Low)	1,4,3,2		-	-	Kytkin	AO Alarm Type (Low)	1,4,2,7	
Mittausalueen alitus	AO lower limit	1,4,3,2,(7) 3,8mA		-	-		-	-	
Mittausalueen ylitys	AO upper limit	1,4,3,2,(8) 20,5mA		-	-		-	-	
Simulointi	Loop test	1,2,2		Loop test	1,2,2		Loop test	1,2,2	
Paine-eroon perustuvat pintamittaukset, paine- ja paine-eromittaukset				EJA-nimitys			3051 nimitys		
	EJX-nimitys	EJX-Puu	Huom.		EJA-puu	Huom.		3051-puu	Huom.
Laitepositio	Tag	1,3,(1)		Tag	1,3,(1)		Tag	1,3	
Virityksen yksikkö	Unit	1,3,(2)		Unit	1,3,(2)		Unit	1,3	
Virityksen alaraja	LRV	1,3,3,1,(1)		LRV	1,3,3,1,(1)		LRV	1,3,3,1	
Virityksen yläraja	URV	1,3,3,1,(2)		URV	1,3,3,1,(2)		URV	1,3,3,1	
Vikaantumissuunta	AO Alm Typ (Low)	1,4,3,2		-	-	Kytkin	AO Alarm Type (Low)	1,4,2,7	
Mittausalueen alitus	AO lower limit	1,4,3,2,(7) 3,8mA		-	-		-	-	
Mittausalueen ylitys	AO upper limit	1,4,3,2,(8) 20,5mA		-	-		-	-	
Simulointi	Loop test	1,2,2		Loop test	1,2,2		Loop test	1,2,2	
Lämpötilälähettimet				Rosemount 644			Rosemount 3144P		
	5335 nimitys	5335 puu	Huom.						
Laitepositio	Tag	1,3,(1)		Tag	1,3,4,(1)		Tag	1,3,5,(1)	
Virityksen yksikkö	PV Unit	1,3,2,(3)		PV Unit	1,3,3,1,(4)		PV Unit	1,3,4,1,(4)	
Virityksen alaraja	PV LRV	1,3,2,(1)		PV LRV	1,3,3,1,(1)		PV LRV	1,3,4,1,(1)	
Virityksen yläraja	PV URV	1,3,2,(2)		PV URV	1,3,3,1,(2)		PV URV	1,3,4,1,(2)	
Vikaantumissuunta	Broken sensor (low) 3,5	1,4,3,1,3,1		AO Alarm Type (Low Jumppi)	1,3,3,2		AO Alarm Type	1,3,4,2	
Vikaantumissuunta	Shorted sensor (low) 3,5	1,4,3,1,3,2		-	-		-	-	
Vikatilan arvo	-	-		Low alarm	1,3,3,2,2	3,6mA	Low alarm	1,3,4,2,(1) 3,6mA	
Vian tarkkailu	Error Detection	1,4,1,1,3,2 broken (TC) and shorted		-	-		-	-	
Simulointi	Loop test	1,2,2		Loop test	1,2,1,1		-	-	
Uimuripintamittaus				Rosemount VORTEX virtaus					
	Masonelan 12300	Puu	Huom.						
NORMAL MODE			Read only	UNIT	1,3,3,2,1				
Laitepositio	Tag	6,3,1		TAG	1,3,1				
Vikaantumissuunta		6,4,3		VIKA	1,4,3,1				
Uimurin tilavuus		6,7,1	Verrataan laitekilpeen Muutokset	JUMPIT	AL Sec LO Off				
MANUAL MODE									
Laitepositio	Tag	2,1							
Vikaantumissuunta		2,3							
Simulointi		3,3,2							
ZERO		4,3,1,1,2							
Span		4,3,1,1,3							
Kalibrointiaineen tiheys		4,3,1,1,1							
Prosessiaineen tiheys		4,3,2,1							
Vaiikosta poistuminen ja tietojen lähetyksen lähettimelle		4,3,1,1,4							
Lähettimen tilan muuttaminen takaisin normaaliin		4,1,2	Paluu normaalitilaan						

Uimuripintamittaus

1. Kalibrointiaineen tiheyden muuttaminen. (Vedellä 1,000)
 2. Nollan tarkistaminen, jos heittoa 1 % tai yli, niin suositeltavaa nollata. (Uimurikammion oltava tyhjä).
 3. Kammion täyttäminen vedellä.
 4. Alueen tarkistaminen, jos heittoa 1 % tai yli, niin suositeltavaa korjata alue, 100 %. (Uimurikammion oltava täynnä).
 5. 50 % tarkistus ja merkkaukset kalibrointipäiväkirjaan.
 6. Prosessiaineen tiheyden muuttaminen takaisin normaaliin (4.3.2.1). (Prosessiaineen tiheys = 0,XXX)
 7. Pintamittauksen tarkistaminen. Varmistetaan että tiheyden muutos ja kalibrointi on varmasti onnistunut.
 8. Lähettimen tilan muuttaminen takaisin normaali moodiin.
- Tämä ohje sopii normaaleihin pintamittauksiin, ei rajapintoihin