

Tomi Huhtanen

Anturitekniikan harjoitustyö

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Tomi Huhtanen

Työn nimi: Anturitekniikan harjoitustyö

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 45 Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda anturitekniikan harjoitustyö Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön käyttöön. Harjoituksen tarkoituksena on tuoda opiskelijalle tutuksi yleisiä teollisuudessa käytettäviä antureita sekä niiden tunnistamiseen liittyviä ominaisuuksia.

Harjoitustyö toteutettiin käyttäen SICK-anturivalmistajan testaus- ja esittelysalkun antureita. Automaatiotekniikan opiskelijat voittivat kyseisen salkun Inssiforum 2017-projektikilpailusta. Yhdeksällä erityyppisellä anturilla sekä johtimilla, virtalähteellä ja tunnistuskappaleilla varustettu salkku soveltuu hyvin antureihin tutustumiseen.

Opinnäytetyön teoriaosuus toimi pohjana harjoitustyön toteuttamiselle. Siinä käsitellään osaa yleisimmistä antureista sekä niiden ominaisuuksia ja valintaan vaikuttavia seikkoja. Teoriaosion toinen puoli syventyy älykkäisiin antureihin, kenttäväyliin ja IO-Linkin toimintaan.

Harjoitustyön alussa opiskelija tutustuu anturisalkun sisältöön ja selvittää haluamistaan lähteistä antureiden tunnistustavan. Tätä seuraa mittaustehtävä, joka suoritetaan kuudella eri anturilla. Esitehtävän tunnistuksen perusteella opiskelija osaa valita oikeat anturit mittaustehtäviin. Mitattavat asiat vaihtelevat anturikohtaisesti, ne voivat olla esim. tunnistusetaisyys tai eri materiaalien tunnistus. Lisäksi opiskelijan pitää jokaisen anturin kohdalla miettiä eri kytkentävaihtoehtoja sekä mahdollisia käyttökohteita kyseiselle anturille.

Avainsanat: anturi, kytkentä, tehtävä, tunnistus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical engineer

Specialisation: Mechanical and production engineering

Author: Tomi Huhtanen

Title of thesis: Sensor Technology Exercise

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2019 Number of pages: 45 Number of appendices:1

The objective of the Bachelor's thesis was to make a sensor technology exercise to be used at School of Technology in Seinäjoki University of Applied Sciences. The purpose of the exercise was for students to learn some of most the commonly used sensors, and to understand features related to sensing.

The exercise was carried out with using SICK sensor manufacturer testing, and a demonstration case of sensors. The case in question was a prize in Inssiforum competition in 2017, which the students of Automation Technology won. The case included nine pieces of sensors, a power source, conductors and multiple identification targets.

The theoretical part of the thesis handled sensors in general, their features and facts to notice when choosing sensors for tasks. Another topic in the theoretical part was smart sensors and the role fieldbuses represented in an automation system. The chapter ended with a paragraph, where IO-link technology was presented and differences between it and fieldbus.

The output of the thesis was an exercise, where a student initially would have to recognize sensors of the case. In the task the student could use any source of information to find knowledge. After the pre-task came a measuring exercise where the student carried out different kinds of measurements using six named sensors from the case. Measurable things could be measuring distance, for example, or detecting various targets with a sensor. The type of measuring would vary, and it was sensor dependent. The task also made the student think about different circuitry possibilities and real-life applications where to use that kind of sensor.

Keywords: coupling, detect, exercise, sensor

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
1 JOHDANTO	9
1.1 Työn tausta	9
1.2 Työn tavoite ja rakenne	10
1.3 Toimeksiantaja	10
2 ANTURIT	11
2.1 Yleistä	11
2.2 Analoginen- ja digitaalinen tieto	12
2.3 Antureiden ominaisuuksia	13
2.4 Koteloinnit	14
2.5 Kytkenät	16
2.6 Induktiiviset anturit	17
2.7 Kapasitiiviset anturit	18
2.8 Magneettiset anturit.....	19
2.9 Optiset anturit.....	20
2.10 Siirtymän- ja kiertymiskulman mittaus.....	21
2.10.1 Pulssianturit	21
2.10.2 Koodianturit.....	23
2.11 Venymäliuskat.....	24
2.12 Paineanturit.....	25
2.13 Anturin valinta	26
3 ÄLYKKÄÄT ANTURIT	28
3.1 Yleistä	28
3.2 Kenttäväylät	29
3.2.1 HART	29
3.2.2 Foundation Fieldbus	30
3.2.3 PROFIBUS.....	31

3.3 IO-Link	32
4 HARJOITUSTYÖ	37
4.1 Anturisalkku	37
4.2 Harjoituksen valmistelu	38
4.3 Anturien kytkentä	38
4.4 Harjoituksen toteutus	39
5 YHTEENVETO.....	41
LÄHTEET	42
LIITTEET	45

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Salkun sisältö.....	9
Kuvio 2. Analogisen anturin lohkokaavio.	11
Kuvio 3. Näytteiden ottaminen analogisesta signaalista.	12
Kuvio 4. Hystereesi ja lineaarisuus.	13
Kuvio 5. PNP- ja NPN-kytkennät.....	16
Kuvio 6. Namur-anturin ulostulo.....	17
Kuvio 7. Induktiivisten antureiden tunnistusetaisyyksiä eri metalleilla.....	18
Kuvio 8. Reed-kytkimen toimintaperiaate.....	19
Kuvio 9. Hall-ilmiö.	20
Kuvio 10. Pulssinanturin signaali.	22
Kuvio 11. Kiertymiskulmaa mittaava pulssianturi.	22
Kuvio 12. Pulssikiekon toteutus GRAY-koodilla.	23
Kuvio 13. Yksihilaisen venymäliuskananturin havainnekuva.	24
Kuvio 14. Anturinvalinta vuokaavio.	27
Kuvio 15. Älykkään anturin lohkokaavio.....	28
Kuvio 16. Kantosignaalin taajuusmodulointi digitaaliseksi viestiksi.	30
Kuvio 17. IO-Linkin point-to-point-tyyppinen kommunikointi.	33
Kuvio 18. Erilaisia IO-Linkin master-laitteita.....	33
Kuvio 19. IO-Link-järjestelmä.....	34
Kuvio 20. IO-Linkin porttityypit.	35

Kuvio 21: Anturisalkun sisältö.	37
Kuvio 22: Anturin kiinnitys telineeseen ja virtalähteeseen.....	39
Taulukko 1: Kotelointiluokan ensimmäinen numero, suojaus vieraita esineitä ja pölyä vastaan.....	15
Taulukko 2: Kotelointiluokan toinen tunnusnumero, vesisuojaus.	15
Taulukko 3: Lisänumero kotelointiluokan vesisuojaukseen.....	16

Käytetyt termit ja lyhenteet

A/D-muunnin	Laite, joka muuttaa analogisen signaalin digitaalseksi viestiksi.
Baudi	Tiedonsiirron signalointinopeuden yksikkö. Kuvaa signaalimuutosten määrää sekunnissa.
Dielektrisyysvakio	Suure, joka kuvaa, miten väliaine vaikuttaa siihen kohdistuvaan sähkökenttään.
Gray-koodi	Binäärikoodi, jossa vain yksi bitti voi kerrallaan vaihtaa tilaa.
Impedanssi	Virtapiirin vaihtovirralla aiheuttama vastus.
Kapasitanssi	Kuvaa systeemin kykyä varastoida sähkövarausta.
LC-piiri	KytKentä, joka alkaa värähtelemään sille ominaisella resonanssitaajuudella.
Oskillaattori	Yleisnimitys jaksollisesti värähtelevälle järjestelmälle.
Resoluutio	Kuvaa mittaustekniikassa mittausjärjestelmän erottelukykä
SeAMK	Seinäjoen Ammattikorkeakoulu.
SICK	Anturi ja anturisovellusten valmistaja.
Segmentti	Tiedonkulkuväylä.
Topologia	Tapa, jolla tietoverkon laitteet on kytketty toisiinsa.
Wheatstonen siltakytkentä	Menetelmä vastuksen resistanssin määrittämiseen.

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Nykypäivän teknologiassa yhtenä tärkeänä osana toimivat erityyppiset anturit. Niitä löytyy lähes kaikista laitteista, kuten: autoista, puhelimista, kodinkoneista, sekä automaatiosovelluksista. Näiden tuotteiden parissa työskentelevien tai siihen pyrkivien insinöörien on olennaista tuntea yleisimmät anturit sekä ymmärtää niiden toimintaperiaatteita ja tunnistukseen vaikuttavat seikat.

Tätä ajatusta tukemaan haluttiin kehittää opiskelijoille itseopiskelupaketti SICK-anturivalmistajan testaus- ja esittelysalkun antureista. SeAMKin automaatiotekniikan opiskelijat voittivat salkun Inssiforum 2017-projektikilpailusta. Se sisältää yhdeksän erityyppistä anturia sekä tarvittavat johtimet, virtalähteen, peilit, tunnistuskohteita jne. Kuviossa 1 on nähtävissä salkun sisältö.



Kuvio 1. Salkun sisältö.

1.2 Työn tavoite ja rakenne

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää harjoitustyöohje anturisalkulle. Työssä opiskelija pystyy itsenäisesti tai ryhmässä tutustumaan antureiden toimintaan laadittujen ohjeiden avulla sekä suorittamaan niillä annetut mittaustehtävät.

Opinnäytetyössä tutustutaan erityyppisiin antureihin sekä selvitetään niiden ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita. Älykkäitä antureita käsittelevässä kappaleessa käydään läpi mikroprosessorin anturiin tuomia ominaisuuksia sekä yleisiä kenttäväylä-protokolia ja IO-linkin toimintaa.

1.3 Toimeksiantaja

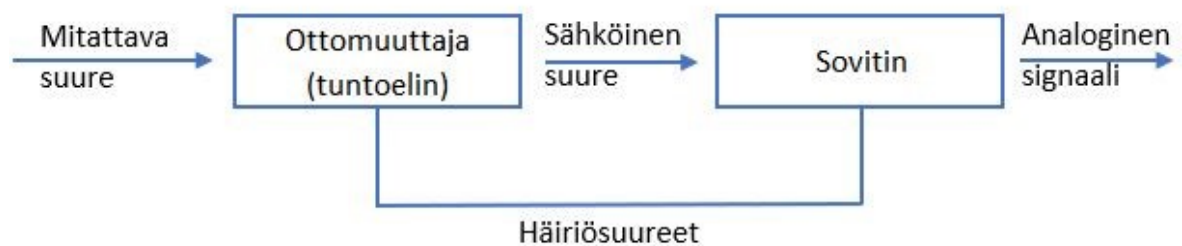
Työn toimeksiantajana toimii Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikkö. SeAMK Tekniikassa on mahdollista suorittaa automaatio-, kone- ja rakennusinsinöörin sekä rakennusmestarin tutkinnot. Ylemmän AMK:n tarjontaan kuuluvat rakentaminen ja teknologiaosaamisen johtaminen. Yksikkö tarjoaa myös testaus-, mitta- ja simulointipalvelua yrityksille rakentamisen, automaation, digitaalitekniikan, sekä koneteknologian osa-alueilla. (SeAMK, [Viitattu 4.2.2019].)

2 ANTURIT

Tässä luvussa perehdytään anturikäsitteeseen, niiden viestintään, valintaan vaikuttaviin seikkoihin sekä tutustutaan osaan yleisesti käytössä oleviin antureihin. Antureita käytetään paljon eri teknologian aloilla, tässä työssä keskitytään kuitenkin tarkastelemaan asiaa lähinnä teollisuusautomaation näkökulmasta.

2.1 Yleistä

Anturilla tarkoitetaan laitetta, joka muuntaa mitattavan prosessisuureen arvon siihen verrannolliseksi sähköiseksi tai pneumaattiseksi viestiksi. Ne toimivat siis koneen aisteina keräten tietoa prosessin tai koneen tilasta. Anturi on kokonaisuus, joka sisältää mittaelimen, anturiosan (muuntimen) ja yleensä vielä samaan rakenteeseen sisällytetyn lähettimen. (Keinänen ym. 2007, 187.)



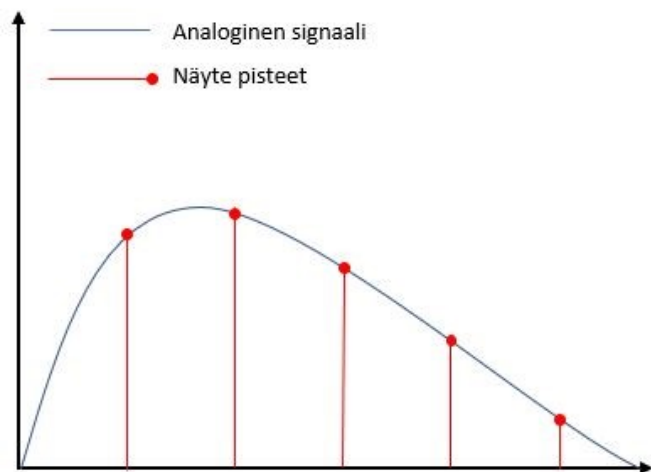
Kuvio 2. Analogisen anturin lohkoakaavio.
(Keinänen ym. 2007, 187.)

Anturit ovat keskeisessä osassa automaatiota, jota on kehitetty kautta 1900-luvun ja pienissä määrin 1800-luvun lopulla. Kuitenkin vasta 1970-luvulla automatisointi otti hyppäyksen eteenpäin, koska mikroprosessorin keksiminen mahdollisti nopean ja luotettavan tietojen käsittelyn. Koneautomaation näkökulmasta katsottuna anturit ovat usein kaksitilaisia läsnäolon havaitsevia antureita, suurerajakytkimiä sekä pulssi- ja nopeusantureita. (Fonselius ym. 1988, 3-6.) Näistä vanhimpia komponentteja edustavat mekaaniset mikro- ja rajakytkimet (Keinänen ym. 2007, 188). Toiminnan ollessa hieman laajamuotoisempaa voidaan tarvita lisäksi voiman ja momentin mittausta, hahmon tunnistusta sekä toleranssien valvontaa (Fonselius ym. 1988, 3-6).

2.2 Analoginen- ja digitaalinen tieto

Anturit voidaan karkeasti jakaa viestintätyyppinsä perusteella kahteen eri luokkaan: analogisiin- ja digitaalisiin antureihin (Fonselius ym. 1988, 19). Analoginen tieto vastaa arvoltaan suoraa mittausdataa. Signaali kuitenkin vääristyy ja vaimenee lähetettäessä. Signaalia voidaan toki vahvistaa, mutta samalla vahvistuvat myös vääristymät. Niiden korjaaminen on rajoitettua, koska häiriöitä ei pystytä erottamaan signaalista. (Digitaalitekniikka 2013.)

Digitaalinen tieto on numeerista tietoa, joka muodostetaan ykkösellä ja nolllalla (1/0) binäärikoodiksi. Analoginen signaali saadaan muutettua digitaalseksi A/D-muunnoksella. Tässä muunnoksessa analogisen tiedon suurtaajuiset häiriöt suodatetaan pois ja signaali näytteistetään. Prosessissa tulevasta signaalista otetaan näytteitä tasaisin välein (kuvio 3). Seuraavaksi tehdään kvantisointi, missä saatujen näytteiden arvot pyöristetään lähimpään määritettyyn arvoon. Lopuksi näytteiden arvot koodataan binäärimuotoon ja lähetetään digitaalisena ulostulona. (Digitaalitekniikka 2013.) A/D-muunnos suoritetaan siihen tarkoitettulla muuntimella, joka on yleensä 8-12-bittinen. Siihen siis tuodaan viesti yhdellä kanavalla ja koodataan ulos 8-12 kanavalla. (Keinänen ym. 2007, 190.)



Kuvio 3. Näytteiden ottaminen analogisesta signaalista.

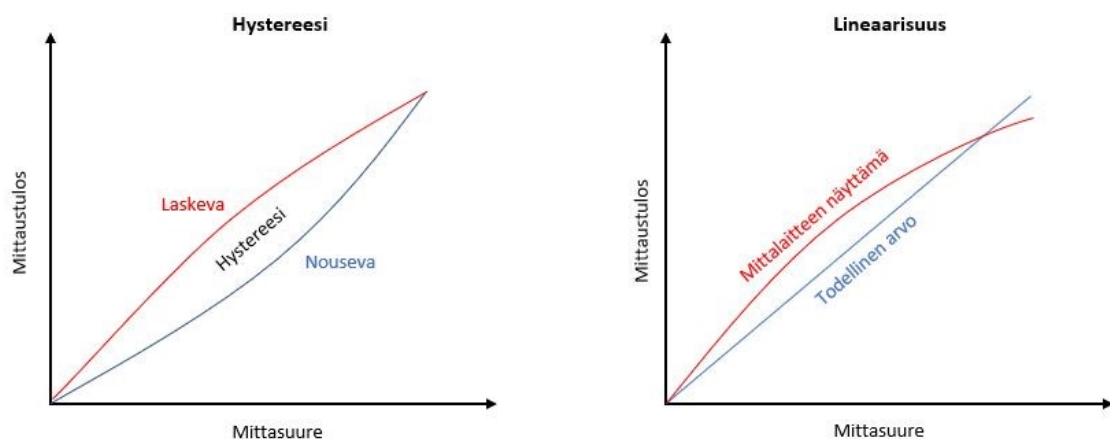
2.3 Antureiden ominaisuuksia

Antureita käytetään monissa erilaisissa tuotteissa ja sovelluksissa. Siksi niiltä vaaditaan tarkoituksen mukaisia ominaisuuksia, kuten:

- käyttötarkoitukseen riittävä tunnistusetaisyys
- luotettavuus
- riittävä kytkentänopeus
- lujuutta ja oikeanlaista suojausta. (Keinänen ym. 2007, 188.)

Anturin välittämään tietoon eli mittaustulokseen sisältyy aina jonkin verran virhettä, mikä koostuu mm. seuraavista staattisista tekijöistä:

- **Lineaarisuus**; mitattavan suureen todellinen muutos olisi sama kuin mittaustuloksen muutos. Usein suorat poikkeavat hieman toisistaan (kuvio 4)
- **Toistokyky**; kuinka tarkasti mittalaite pystyy toistamaan saman arvon samalla suureella tehdyistä mittauksista.
- **Herkkyys**; Pienin prosessiarvon muutos, joka voidaan havaita mittalaitteesta
- **Hystereesi**; mittaustuloksen ero samalle suurelle nousevassa ja laskevassa mittauksessa (kuvio 4). (Anturitekniikka, [Viitattu 23.11.2018].)



Kuvio 4. Hystereesi ja lineaarisuus.

Lämpötilojen vaihtelu on merkittävä häiriöiden ja epälineaarisuuden aiheuttaja, mutta myös kosteus ja lika voivat aiheuttaa joidenkin anturityyppien kohdalla virhekytkentöjä. (Keinänen ym. 2007, 188 ja 194.)

2.4 Koteloinnit

Sähkölaitteiden koteloinnit ja niiden merkintä on määritelty standardissa SFS-EN 60529. Kotelointinluokat ilmoitetaan IP-koodilla, joka muodostuu alun kirjainlyhenteen jälkeen lisäksi kahdella numerolla. Niistä ensimmäinen luku ilmaisee koteloinnin suojauksen vieraita esineitä ja pölyä vastaan. Vastaavasti toinen luku ilmaisee suojauksen veden sisään tunkeutumiselta (taulukot 1 ja 2). Koodia voidaan vielä täydentää kahdella vapaaehtoisesti käytettävällä lisämerkinnällä (lisäkirjain ja täydentävä kirjain). (Keinänen ym. 2007, 191.)

Mikäli IP-luokitus on täydennetty Ex-merkillä, tarkoittaa se, että anturi täyttää räjähdysvaarallisten tilojen erityisvaatimuksen. 1.7.2003 päivitetty räjähdysuojausdirektiivi 94/9/EC, jota kutsutaan yleensä lyhenteellä "ATEX" tiukensi vaatimuksia niin, että ennen sitä Ex-laitehyväksynät eivät ole enää voimassa. Markkinoilla saa olla vain ATEX-direktiivin mukaisia laitteita ja suojausjärjestelmiä. (Keinänen ym. 2007, 191.)

Taulukko 1: Kotelointiluokan ensimmäinen numero, suojaus vieraita esineitä ja pölyä vastaan. (SFS-EN 60529 + A1.)

Ensimmäinen numero	Lyhyt kuvaus
0	Suojaamaton
1	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 50 mm vierailta esineiltä
2	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 12,5 mm vierailta esineiltä
3	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 2,5 mm vierailta esineiltä
4	Suojaamaton halkaisijaltaan yli 1 mm vierailta esineiltä
5	Pölysuojattu
6	Pölytiivis

Taulukko 2: Kotelointiluokan toinen tunnusnumero, vesisuojaus. (SFS-EN 60529 + A1.)

Toinen numero	Lyhyt kuvaus
0	Suojaamaton
1	Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä
2	Suojattu pystysuoraan tippuvalta vedeltä, kun kotelointi on kallistettu 15° asti
3	Suojattu satavalta vedeltä
4	Suojattu roiskuvalta vedeltä
5	Suojattu vesisuihkulta
6	Suojattu voimakkaalta vesisuihkulta
7	Suojattu lyhytaikaisen veteen upottamisen vaikutuksilta
8	Suojattu jatkuvan veteen upottamisen vaikutukselta

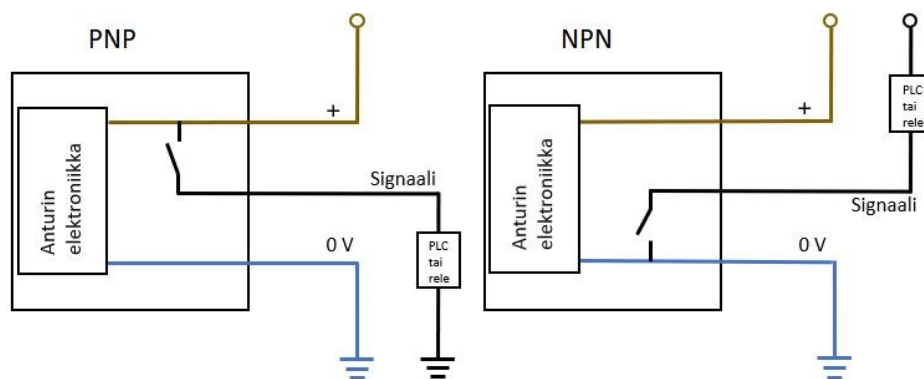
Vuonna 2013 standardia täydennettiin muutoksella (SFS-EN 60529/ A2), mikä toi olemassa olevaan standardin vesisuojaukseen seuraavan uuden luokan.

Taulukko 3: Lisänumero kotelointiluokan vesisuojaukseen. (SFS-EN 60529/ A2.)

Toinen numero	Lyhyt kuvaus
9	Suojaus korkeapaineiselta ja korkealämpötilaiselta vesisuihkulta

2.5 Kytkenät

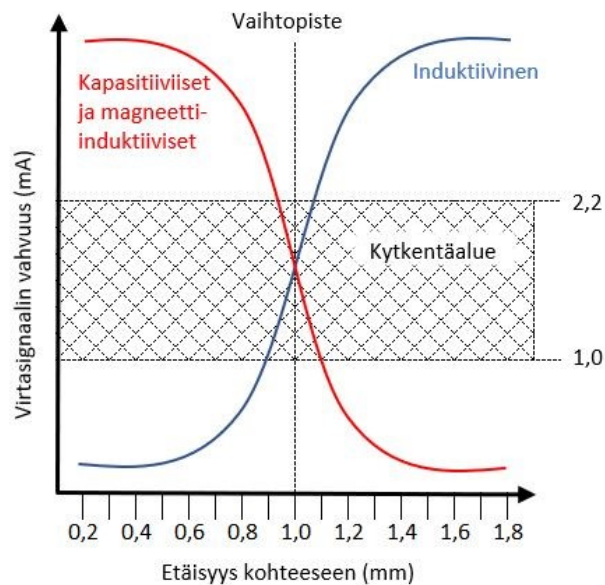
Perinteisissä kolmijohdinantureissa, joissa on kaksi jännitejohtoa ja yksi signaalijohdin, voidaan kytkeä PNP- tai NPN-tyyppisesti (kuvio 5). PNP-kytkennässä signaali kytkeytyy positiiviseen jännitteeseen ja vastaavasti NPN-kytkennässä negatiiviseen (kuvio 2). Kytkentätyypillä ei ole tekemistä sen kanssa, onko anturi NO (normaalisti auki) vai NC (normaalisti kiinni). Valinta PNP- ja NPN-anturin välillä on riippuvainen ohjauspiiristä, eli siitä mihin laite kytketään. (Schneider Electric, [Viitattu 27.11.2018].)



Kuvio 5. PNP- ja NPN-kytkennät.

Lähestymisantureilla voi olla myös kaksijohtiminen NAMUR-ulostulo. Siinä lähetetään matalan tason virtasignaalia, jonka lukemiseen tarvitaan ulkoista vahvistinta. Virtatason määrästä riippuen anturi antaa on/off -tiedon. Toiminta perustuu muuttuvan vastuksen impedanssin muutokseen tunnistettavan kohteen lähestyessä anturia. (Pasho 2013.)

Kun induktiivisen NAMUR-anturin tunnistusalueella ei ole kohdetta, on impedanssi pieni ja virran kulku suuri. Kohteen saapuessa tunnistusalueelle impedanssi kasvaa ja virran määrä pienenee. Kapasitiivisilla ja magneetti-induktiivisilla antureilla toiminta on päinvastainen (kuvio 6). (Turck 2018.)

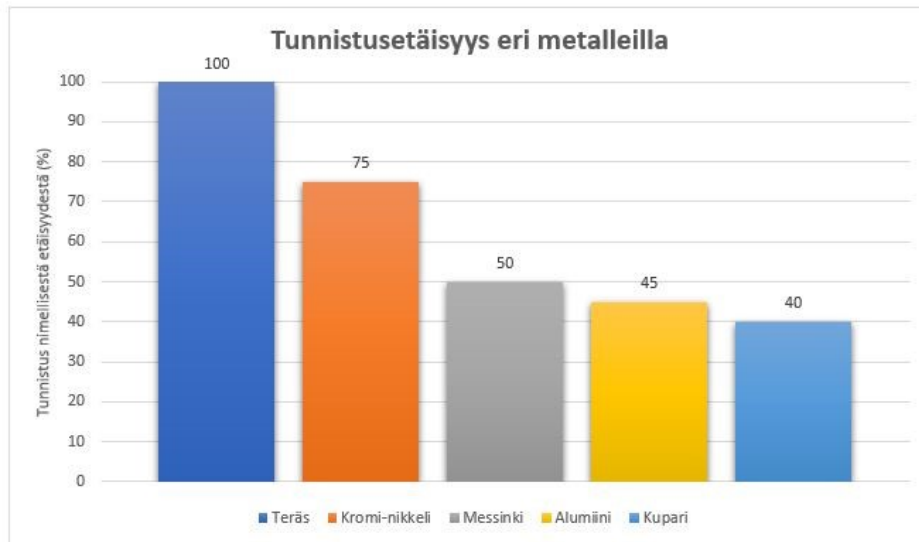


Kuvio 6. Namur-anturin ulostulo.

Alhaisesta energian tarpeesta johtuen Namur-antureita voidaan käyttää asennuksissa, joissa tarvitaan erityisiä turvatoimenpiteitä. Tällaisia voivat olla esim. räjähdysvaaralliset tilat. (Pasho 2013.)

2.6 Induktiiviset anturit

Induktiiviset anturit reagoivat vain metalliin. Niiden toiminta perustuu magneettikentän häiritsemiseen tunnistusalueella. Anturin tunnistuspinnalle luodaan oskillaattorin avulla magneettikenttä. Oskillaattori vaimenee, kun magneettikenttään syntyy metallisen kappaleen läheisyyden johdosta induktiopyörrejännitettä. Pyörrejännite ottaa LC-värähtelypiiristä energiaa. Anturin perässä sijaitseva A/D-muunnin muuttaa amplitudin pienenemisen digitaalseksi viestiksi (0 tai 1). Kun häiriö magneettikentästä poistuu, palautuu alkuperäinen kytKentätila automaattisesti. (Keinänen ym. 2007, 193.)



Kuvio 7. Induktiivisten antureiden tunnistusetäisyyksiä eri metalleilla.

Nykyään on myös saatavilla induktiivisia antureita, joissa tunnistusetäisyys on vakio kaikille metalleille (IFM, [Viitattu 5.2.2019]). Tällaiset anturit soveltuvat tilanteisiin, joissa samalla anturilla tunnistetaan useita erityyppisiä metalleja (teräs, kupari, alumiini jne.) samalta tunnistusetäisyydeltä.

Induktiivisia antureita käytetään erittäin monipuolisesti melkein kaikilla teollisuuden aloilla. Niitä on saatavilla suorakulmaisilla ja sylinterimäisillä koteloinneilla. Sylinterimäisten antureiden etäisyyden säätö on helppoa yleensä läpi asti tehdyn kierteityksen vuoksi. Tunnistusetäisyydet vaihtelevat anturikohtaisesti, mutta esim. antureita valmistavan SICKin induktiivisten lähestymiskytkimien tunnistusetäisyys vaihtelee välillä 0–40 mm. (SICK, [Viitattu 30.11.2018].)

2.7 Kapasitiiviset anturit

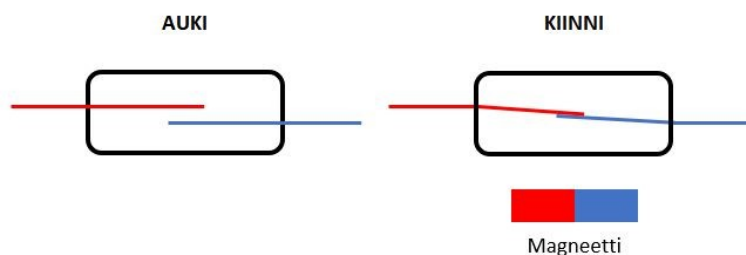
Nämä anturit pystyvät tunnistamaan lähes kaikki materiaalit. Hankalat olosuhteet, kuten pöly, voivat kuitenkin aiheuttaa haasteita kapasitiivisen anturin tunnistukselle. Tunnistusetäisyys on noin 0,5–30 mm, ja se on yleensä säädettävissä potentiometrillä. Tätä mahdollisuutta induktiivisissa antureissa ei yleensä ole. Kapasitiivista anturia käytetään pääasiassa silloin, kun tunnistettava materiaali on jokin muu kuin metalli. Käyttökohteita voivat olla kappaletavaran tunnistus ja nesteepinnan valvonta säiliön seinämän läpi. (Pihkala 2008, 163-164.)

Kapasitiivisten antureiden tunnistus perustuu kapasitanssin muutokseen sähkökentässä. Se kuvaa kuinka kaksi esinettä, joiden välillä on etäisyys, reagoivat niiden välillä olevaan jännite-eroon. Kapasitanssin suuruus on suoraan verrannollinen tunnistettavan kappaleen pinta-alaan ja dielektrisyysvakioon sekä kääntäen verrannollinen niiden väliseen etäisyyteen. Pinta-alan tai dielektrisyysvakion kasvaessa myös kapasitanssi kasvaa ja vastaavasti etäisyyden suurentuessa kapasitanssi pienenee. (LION Precision 2012.)

2.8 Magneettiset anturit

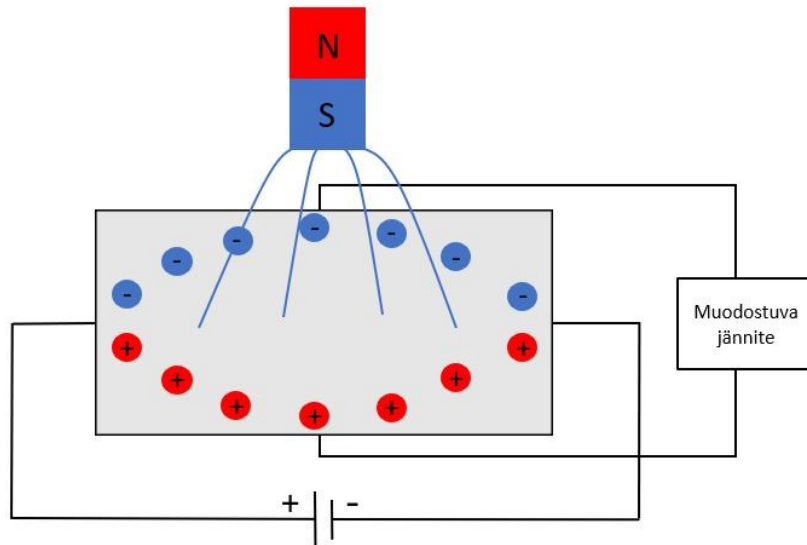
Magneettiset anturit vaativat nimensä mukaisesti tunnistettavaan kohteeseen magneetin. Niitä pystytään käyttämään kohteissa, joissa tarvitaan kosketukseton tunnistus, mutta esimerkiksi induktiivisen anturin rajat ovat tulleet vastaan. Toiminta antureissa perustuu Reed-kytkimeen tai Hall-anturiin. (LSK [Viitattu 21.11.2018].)

Reed-kytkin on kielikytkin, joka sulkeutuu riittävän voimakkaan magneettikentän vaikuttaessa siihen (kuvio 8). Kytkentäetäisyys on 5-10 mm ja poiskytkentä tapahtuu 10-15 mm:n etäisyydellä. Reed-kytkimet ovat edullisia, mutta mekaanisen toimintansa takia niiden elinikä on rajatumpi. Samasta syystä myös kytkentänopeus on hitaampi kuin muilla vastaavilla ilman kosketusta läsnäoloa havaitsevilla antureilla. (Keinänen ym. 2007, 198.)



Kuvio 8. Reed-kytkimen toimintaperiaate.

Hall-anturit perustuvat Hall-ilmiöön ja ne havaitsevat Reed-kytkimen tapaan magneettikentän läsnäolon. Ilmiössä johtimen läpi negatiivisesta positiiviseen suuntaan kulkevien elektronien kulkusuunta muuttuu, kun magneettikenttä tuodaan riittävän lähelle johdinta (kuvio 9). Näiden kahden elektronien kulkusuunnan välille syntyy jännite, mikä pystytään mittaamaan. (Hall-Effect, [Viitattu 21.11.2018].)



Kuvio 9. Hall-ilmiö.

Hall-antureita voidaan käyttää esim. autojen sytytysjärjestelmissä tai sylinterien asennon tunnistimina. Ne pystyvät havaitsemaan jopa 100 000 pulssia sekunnissa. (Keinänen ym. 2007, 199.)

2.9 Optiset anturit

Optinen anturi on vaihtoehto niihin tunnistamistehtäviin, joihin induktiiviset ja kapasitiiviset anturit eivät sovellu ominaisuuksiensa puolesta. Tunnistusetäisyys optisissa antureissa voi olla jopa 50 m. Tällaisia lähestymiskytkimiä voidaan käyttää

- peilistä heijastavina
- kohteesta heijastavina
- lähetin/vastaanotinparina
- merkintätunnistimina.

Optisia lähestymiskytkimiä käytetään mm. teollisuudessa kuljettimella liikkuvien kappaleiden tunnistukseen ja turvajärjestelmien- ja oviautomaatiikan toteutukseen. Anturi sisältää yleensä kaikki tarvittavat komponentit samassa kotelossa, eikä näin ollen erillisiä verkko- ja kytkentälaitteita tarvita. Toiminta perustuu infrapunavaloon, joka heijastuu peilin tai kohteen kautta takaisin toiseen anturi edessä sijaitsevaan linssiin. Anturin vastaanotin mittaa tiedon elektronisesti ja muuttaa kytkentätilan (1

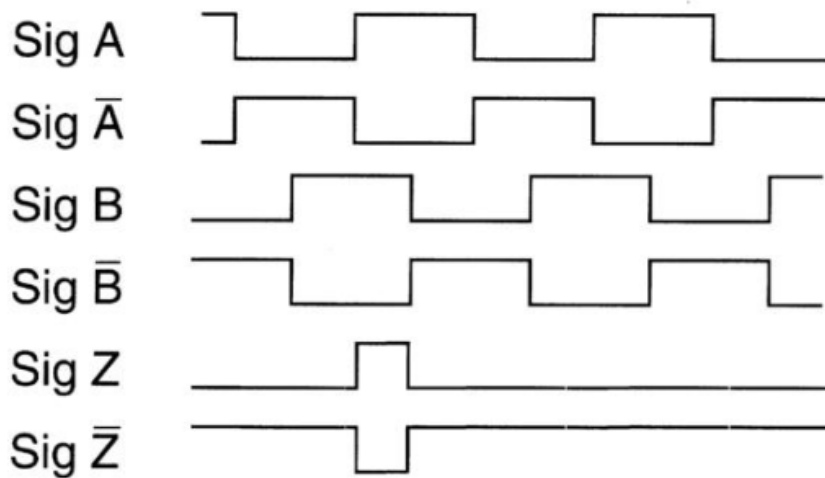
tai 0). Kohteesta heijastavan anturin kytkentäetäisyys riippuu pitkälti materiaalin pinnan kyvystä heijastaa valoa. Mitä paremmin kappale heijastavaa valoa, sen pidempi tunnistusetäisyys saadaan. Kytkin voi olla varustettu potentiometrillä, jonka avulla pystytään säätämään tunnistusetäisyyttä mahdollisten taustaheijastusten välttämiseksi. Tunnistustapa pystytään muuttamaan ”heijastus saa aikaan kytkennän” ja ”heijastus katkaisee kytkennän” tilojen välillä. (Keinänen ym. 2007, 196-197).

2.10 Siirtymän- ja kiertymiskulman mittaus

Useissa sovelluksissa kaksitilaisen anturin I/O-tieto ei riitä. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi CNC-koneen toiminta. Tällöin kappaleen paikan jatkuva tieto on tarpeellinen. Suoraviivaisen liikkeen mittaamiseen voidaan käyttää lineaarisesti liikkuvia antureita tai muuttaa kiertymiskulman mittaamiseen tarkoitetun anturin pulssit verrannolliseksi siirtymäksi. Siirtymän mittaamiseen tarkoitetut anturit jaotellaan analogisiin ja digitaalisiin. Analoginen anturi antaa jänniteviestiä, joka on verrannollinen siirtymään. Digitaaliset anturit ovat joko pulssi- tai koodiantureita. Anturit toimivat joko inkrementaalisesti tai absoluuttisesti. Erona näillä on, että inkrementaalinen laskentatapa on lisääntyvä, eli se laskee lähetettyjen pulssien määrää. Tämän laskentatapa vaatii alkuaseman määrittämisen. Absoluuttisella anturilla on paikka aina tiedossa. (Keinänen ym. 2007, 200.)

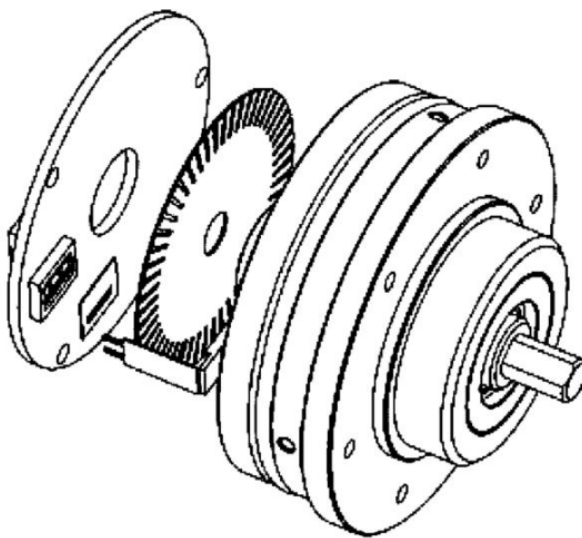
2.10.1 Pulssianturit

Kiertymäkulman mittaukseen tarkoitetun pulssianturin laskentatapa on inkrementaalinen. Sen sisällä on hilakiekko, joka on asetettu valolähteen ja valokennon väliin. Hilakiekko sisältää valoa läpäiseviä ja läpäisemättömiä sektoreita. Pyöriessään hilakiekkon sektorit luovat pulsseja laitteelle, joiden avulla saadaan laskettua siirtymä. Kiekko voidaan jakaa myös erillisiin rengaskehiin ja pulsseja luetaan useammalla anturilla. Tällä tavalla pystytään tunnistamaan pyörimissuunta ja saadaan jokaiselle kierrokselle nollapulssi. Erottelutarkkuus tällaisilla antureilla vaihtelee välillä 10-5000 pulssia/kierros. Mitattaessa lineaarista liikettä korvataan kiekko viivaimella, jossa merkityt viivat ovat pulsseja. (Keinänen ym. 2007, 200-201.)



Kuvio 10. Pulssinanturin signaali.
(OEM, [Viitattu 5.2.2019].)

Anturin pyörimissunnan määrittämiseksi hilakiekossa on kaksi 90° vaihdekulmassa olevaa A- ja B-kanavaa (kuvio 10). Akselin pyöriessä on B-signaali 1, kun A-signaalilla on nouseva reuna. Pyörimissuunnan muuttuessa B-signaalin on 0, kun A-signaalilla on laskeva reuna. Lisäksi jokaisella kierroksella saadaan nollapulssi eli Z-signaalin. Tällöin signaalilla on samanaikaisesti nouseva reuna A-kanavan kanssa ja laskeva B-kanavan kanssa. (OEM, [Viitattu 5.2.2019].)



Kuvio 11. Kiertymiskulmaa mittaava pulssianturi.
(OEM, [Viitattu 5.2.2019].)

2.10.2 Koodianturit

Koodianturit ovat absoluuttisia antureita, eli niillä on koko ajan paikka tiedossa. Ne eivätkä siis tarvitse alkuaseman määrittystä. Koodiantureita valmistetaan pulssianturin tapaan lineaarisen liikkeen mittaamiseen koodiviivaimina ja kiertymäkulmaa varten koodikiekkoina (kuvio 12). Niiden toiminta perustuu myös valokennoon ja valo läpäiseviin sekä läpäisemättömiin alueisiin. Poikkeuksena inkrementaaliseen anturiin tässä muodostetaan binäärikoodin avulla digitaalisana, joka vastaa paikkaa. Bittien lukumäärä määrittelee laitteen resoluution. Esimerkiksi 8-bittinen anturi pystyy erottelemaan 256 eri asentoa. (Keinänen ym. 2007, 201-202.)

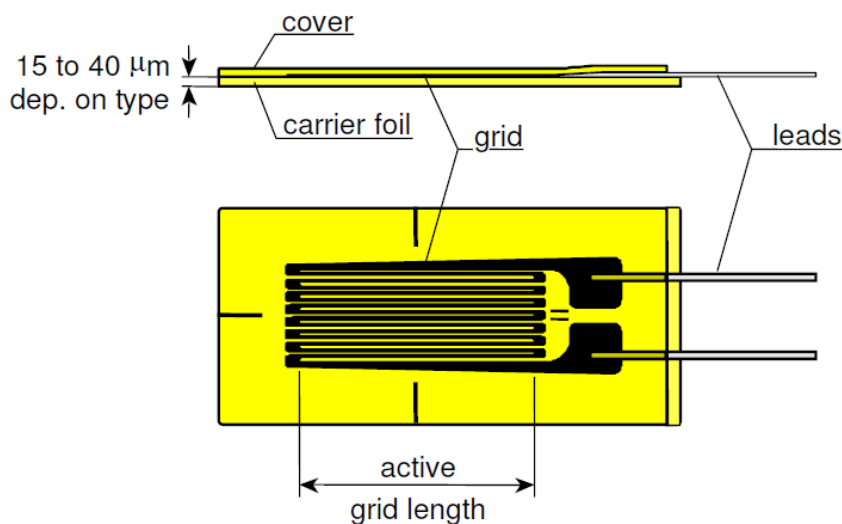


Kuvio 12. Pulssikiekkon toteutus GRAY-koodilla.
(OEM, [Viitattu 5.2.2019].)

Toimintatapansa perusteella koodianturit voidaan jakaa eri ryhmiin: yksi- ja monikerroksisiin absoluuttiantureihin. Ysikerroksisten antureiden sisältämä tietomäärä on suhteellisen pieni. Ne soveltuvat lähinnä kiertymiskulman mittaamiseen ja kierroksen mentyä umpeen koodi alkaa aina alusta. Monikerroksinen absoluuttianturi pystyy lisäksi kierrosten laskentaan. Sen resoluutio voi olla esimerkiksi 13 bittiä ja kierroslukumäärän laskemiseen voi olla varattu 12 bittiä. Tämä nostaa anturin kokonaisresoluution jo 25 bittiin. (OEM, [Viitattu 5.2.2019].) 25-bittinen resoluutio vastaa $33\,554\,432$ eri tilan määrittystä.

2.11 Venymäliuskat

Venymäliuskat ovat metallilangan, kalvon tai puolijohteen sisältäviä vastuksia. Niiden resistanssi muuttuu muodonmuutoksen kohdistuessa liuskaan. Tämä muutos pystytään mittaamaan Wheatstonen siltakytkentää ja vahvistinta apuna käyttäen. Venymäliuskat voivat olla yksihilaisia (kuvio 13) tai monihilaisia rusetteja, joilla voidaan suorittaa mittauksia useampaan suuntaan samanaikaisesti. Venymäliuskojen asennus suoritetaan liimaamalla se käyttötarkoitukseen sopivalla erikoisliimalla mitattavan kohteen pintaan. Venymäliuskoja käytetään kaupallisissa antureissa, kuten vaikkapa paineantureissa. Niiden avulla saadaan mitattua kappaleen muodonmuutokset ja tätä kautta myös voima, paine, momentti tai jännitys. Näin ollen niitä voidaan käyttää erillään ja liimata esim. koneen runkoon tai akseliin. (Fonselius ym. 1988, 141-143.)



Kuvio 13. Yksihilaisen venymäliuskanaturin havainnekuva.
(Venymäliuska, [Viitattu 7.2.2019].)

Venymäliuskaan mahdollisesti kohdistuva sivuttaissuuntainen voima voidaan korjata sivuttaisvaikutuskertoimella. Samoin lämpötilojen vaihtelut vaativat lämpötilakompensoinnin, mikä voidaan suorittaa oikeanlaisilla kytkennöillä tai kompensointiliuskoilla. Huomioitavaa on myös, että venymäliuska on suunniteltu mittaamaan liuskan suuntaisia venymiä tai puristumia. Liuskaan voi kuitenkin kohdistua joissain ta-

pauksissa myös taivutusjännitystä. Mahdollisen taivutusjännityksen voi kompensoida pois asentamalla venymäliuskat vastakkaiselle puolelle tarkasteltava kappaletta. (Fonselius ym. 1988, 141-143.)

2.12 Paineanturit

Paineanturi on laite, jota käytetään nesteiden tai kaasujen paine-eron mittaamiseen. Mittausta voidaan suorittaa kolmella eri tavalla: absoluuttisena, relatiivisena tai paine-erona. Absoluuttisessa mittauksessa anturi vertaa mitattavaa painetta suhteessa vertailukammioon, joka käytännössä vastaa tyhjiötä. Tämän tyyppisessä mittauksessa on etuna vertailutason pysyvyys, eli ympäristön olosuhteilla ei ole niin suurta merkitystä. Relatiivisessa mittauksessa tulos annetaan suhteessa vallitsevaan ilmanpaineeseen. Mikäli anturi on tiivistetty, vertailu suoritetaan säädettyyn painetasoon. Paine-eromittauksessa mitataan kahden tilan välistä paine-eroa ja niitä voidaan käyttää esim. painehäviöiden ja virtausmäärien mittaamiseen. (HBM, [Viitattu 22.11.2018].)

Paineen mittaamiseen on olemassa useita eri teknologioita. Moni niistä kuitenkin perustuu anturiin sisällä olevaan paineherkkään elementtiin. (HBM, [Viitattu 22.11.2018].) Paineen muuttuminen aiheuttaa muutoksen elementin siirtymään, joka taas on verrannollinen paineeseen. Muutos voidaan mitata kapasitanssin, resistanssin tai induktanssin muutoksena. Mitattu tulos muutetaan vielä (usein) analogiseksi ulostulosignaaliaksi (4-20 mA tai 0-10 V). (OEM Automatic, [Viitattu 22.11.2018].)

Venymäliuskaan perustuva mittausmenetelmä on yksi tapa mitata painetta resistanssin avulla. Siinä mitataan paineherkälle elementille (yleensä metallikalvolle) syntyvää mekaanista muutosta eli venymää. Saatu tulos on verrannollinen paineeseen. (Pihkala 2008, 28.)

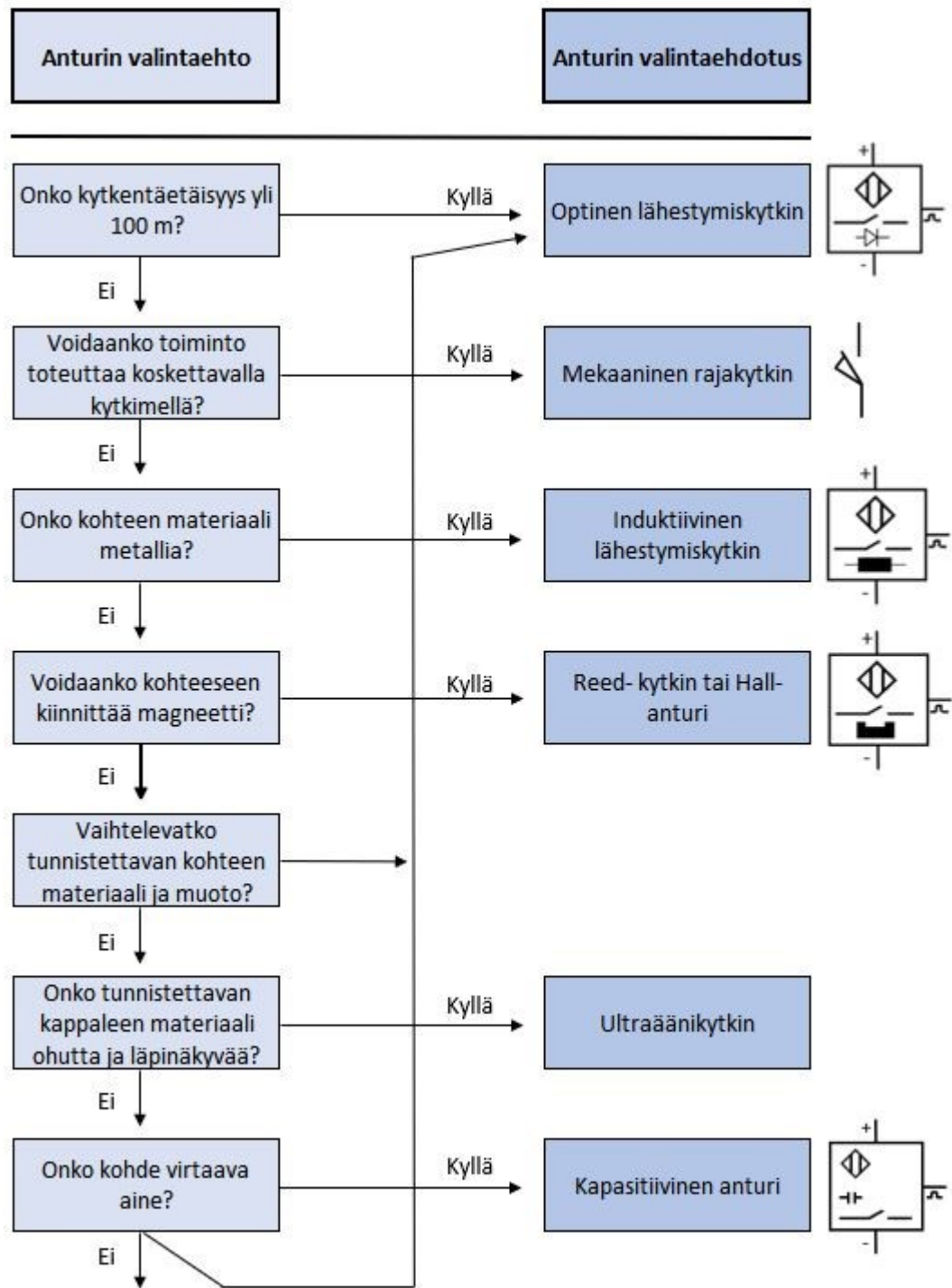
Pietsyresistiivisessä anturissa resistanssi muuttuu piikalvolle syntyvän paineen takia. Resistanssin muutos syntyy kalvoon syntyvän jännityksen johdosta. Muutokset ovat suurempia kuin metallikalvolla piin parempien jousto-ominaisuuksien takia.

Näillä antureilla on erinomaiset hystereesi- ja lineaarisuusarvot. Pii on puolijohde-metalli ja täten herkkä lämpötilan vaikutuksille, mistä syystä tämän tyyppinen paineanturi vaatii lämpötilan kompensoinnin. (Pihkala 2008, 29-30.)

Kapasitiivisessa paineanturissa liikkuvan tuntoelementin muodostaa joustava kalvo, joka on sijoitettu painekammioiden väliin. Mitattava paineet tuodaan kammioihin painejohtimien kautta. Välitysnesteenä ja eristeenä toimii silikoniöljy. Anturi tarvitsee ulkoisen laitteen luettavan viestin aikaansaamiseksi, koska kalvon liikkeet ja näin ollen myös kapasitanssin muutokset ovat pieniä. Keraamisella kapasitiivisella paineanturilla pystytään mittaamaan erittäin alhaisia paineita. (Pihkala 2008, 30-31.)

2.13 Anturin valinta

Anturin valintaan vaikuttavat eri seikat, kuten ympäröivät olosuhteet, tunnistusetäisyys ja tunnistettava materiaali. Oikean tyyppisen anturin valintaan voi käyttää apuna esimerkiksi tarkoitukseen suunniteltua vuokaaviota (kuvio 14).



Kuvio 14. Anturinvalinta vuokaavio.

(Keinänen ym. 2007, 189.)

Mikäli käytettävän anturin tyyppi on tiedossa, voidaan käyttää eri anturivalmistajien kotisivuja tarvittavat ominaisuudet sisältävän anturin valintaan. Tyypillisesti anturivalmistajien sivut on kategorisoitu tunnistustyyppittäin, ja niissä on annettu myös kotelointiluokat ja tunnistusetäisyydet.

3 ÄLYKKÄÄT ANTURIT

Tässä kappaleessa käsitellään mitä ominaisuuksia mikroprosessori on tuonut anturiin. Lisäksi tutustutaan yleisiin kenttäväyliin, jotka mahdollistavat anturin älykkyyden hyödyntämisen sekä niiden osuuteen automaatiojärjestelmissä. Luvun 3 lopussa perehdytään hieman tarkemmin IO-Linkin ominaisuuksiin ja kuinka se eroaa kenttäväylästä.

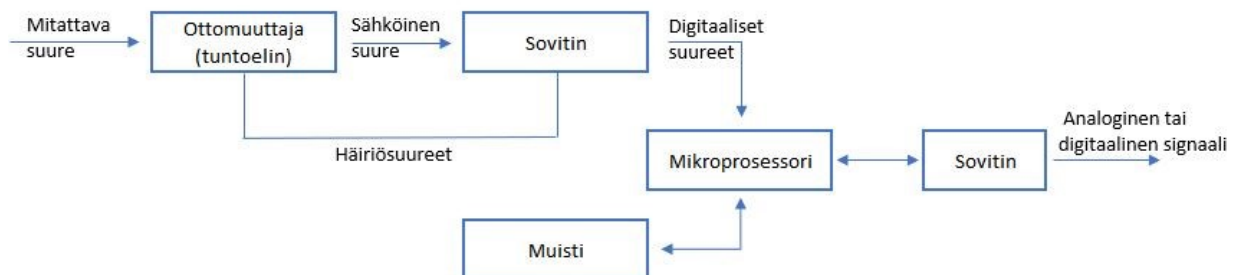
3.1 Yleistä

Älykkäät anturit ovat mikroprosessoriohjattuja antureita, joilla on ominaisuuksia, kuten viestintäkyky ja itsediagnostiikka. Näiden ominaisuuksien avulla ne välittävät tietoa ohjausjärjestelmälle toiminnan tehostamiseksi ja ennakoivan kunnossapidon mahdollistamiseksi. (Pihkala 2008, 12.)

Nämä anturit sisältävät yleensä seuraavia ominaisuuksia:

- loogisten toimintojen toteutus
- päätöksen teko
- kaksisuuntainen kommunikointi. (Pihkala 2008, 12.)

Älykkäät anturit voivat pitää sisällään mikroprosessorin lisäksi ohjelma- ja datamuistin (kuvio 15). Lisäksi niissä voi olla laskureita, matematiikkaydintä, suoritusvalvontalogiikkaa, reaaliaikakello sekä sarjaliikenne- ja väyläohjain. Nämä mahdollistavat datan käsittelyä jo anturitasolla, mikä vähentää signaalin jatkokäsittelyä. (Pihkala 2008, 12.)



Kuvio 15. Älykkään anturin lohkokaavio.
(Keinänen ym. 2007, 188.)

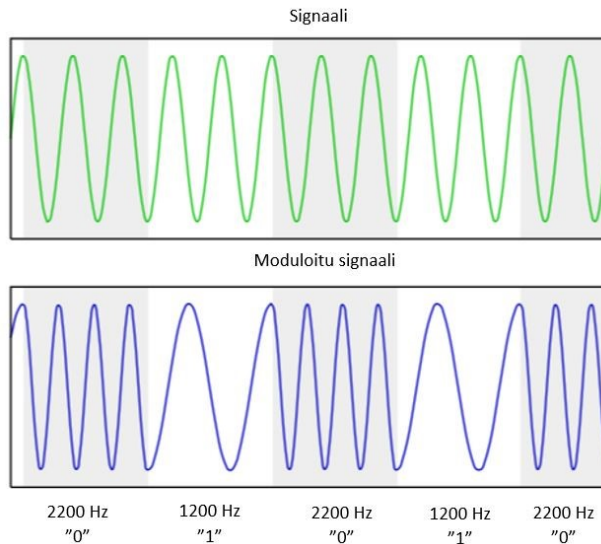
3.2 Kenttäväylät

Kenttäväylä on yleisnimitys sellaiselle digitaaliselle tiedonsiirtoratkaisulle ohjausjärjestelmän ja kenttälaitteen välillä, jossa yhden väyläsegmentin varteen voidaan liittää useita kenttälaitteita, kuten vaikkapa antureita. Koska kenttäväylät mahdollistavat kahdensuuntaisen tiedonsiirron ohjausjärjestelmän ja kenttälaitteen välillä, ne ovat mahdollistaneet myös älyn viemisen anturitasolle. Kenttäväylän etuina digitaalisen tiedonsiirron lisäksi ovat vähentynyt kaapeloinnin määrä, laajentumismahdollisuuksien helpompi huomioiminen ja ohjaustoimintojen tuleminen mittaustoimintojen lisäksi. Perinteisiä kenttäväylä ratkaisuja ovat HART, Foundation Fieldbus ja Profibus. (Pihkala 2008, 12-13.)

3.2.1 HART

HART-protokolla (Highway Addressable Remote Transducer) on yhdysvaltalaisen Rosemount Inc:n 1980-luvun puolivälissä kehittämä tiedonsiirtoprotokolla. Se on kehitetty käytettäväksi älykkäiden mittalaitteiden kanssa mahdollistaen kaksisuuntainen digitaalisen tiedonsiirron kenttälaitteen ja isäntälaitteen välillä. Tämän tiedonsiirron avulla pystytään lukemaan ja muokkaamaan kenttälaitteen asetuksia. Protokollaa on saatavilla kaapeloituna ja langattomana. Kaapeloitu HART-protokolla perustuu taajuusmodulointiin, missä digitaalinen viesti yhdistetään analogiseen viestiin FSK-tekniikan (Frequency Shift Keyed) avulla. Tällainen lähetin on yhteensopiva kaikkiin perinteisiin automaatiojärjestelmiin. Ne järjestelmät, jotka eivät tue kyseistä protokollaa, eivät havaitse digitaalista signaalia. (Laurila 2013.)

Digitaalinen viesti muodostetaan kahdella taajuudella; 1200 Hz ja 2200 Hz. Nämä taajuudet edustavat lähtevän digitaaliviestin ykköstä ja nollaa (kuvio 16). Signaali-kaapeleissa kulkee siis samanaikaisesti sekä analoginen- ja digitaalinen viesti häiritsemättä toisiaan. HART on yksi vanhimpia kenttäväylä-protokollia ja vaikka se onkin laajasti levinnyt teollisuuteen, on se lähinnä väliaikaisratkaisu. (ABB:n TTT-käsikirja 2000.)



Kuvio 16. Kantosignaalin taajuusmodulointi digitaaliseksi viestiksi.

Langattomasta HART-protokollasta tuli ensimmäinen virallinen teollisuuden langattoman automaation standardi vuonna 2007. Langaton HART-verkko toimii 2,4 GHz:n taajuudella. Sillä on itseorganisoituva verkko, missä jokainen laite voi toimia reitittimenä verkon muille laitteille. Langattomilla HART-lähettimillä ei ole analogista signaalia, vaan kaikki tieto on luettavissa digitaalisesti. Langattomuudesta johtuen lähettimet toimivat paristoilla, eikä niitä tästä syystä suositella kohteisiin, joissa prosessin tietoja päivitetään tiheästi. Niitä käytetään kunnonvalvontaan ja vaikeasti kaapeloitaviin kohteisiin. Olemassa olevia langallisia HART-lähettimiä voidaan kytkeä langattomaan tiedonsiirtoon erillisen adapterin avulla. (Laurila 2013.)

3.2.2 Foundation Fieldbus

Foundation Fieldbus on kaksisuuntainen digitaalinen viestintäverkko, joka mahdollistaa useiden kenttälaitteiden, prosessien ja operaattoriasemien liittämisen siihen. Sillä pystytään suorittamaan ohjaintoimintoja sekä valvontaa. (Foundation Fieldbus 2001.)

Kenttäväylien standardisoinnin juuret ulottuvat vuoteen 1984, kun IEC (International Electrotechnical Commission) ja ISA (Instrument Society of America) alkoivat yhdessä työskentelemään kansainvälistä kenttäväylästandardia. Tuloksena olivat versiot H1 ja H2. Näistä ensimmäinen eli H1 oli tarkoitettu korvaamaan prosessiautomaation

analogista tiedonsiirtoa. Vastaavasti H2 oli suunniteltu laajentamaan H1:tä ja tarkoitettu palvelemaan lähinnä valmistusautomaatiota. Sen testaukset kuitenkin lopetettiin vuonna 1998 ei niin mairittelevien tulosten vuoksi. Tavoitteeksi otettiin 100 Mbit/s Ethernet verkko, joka sai nimen HSE (High Speed Ethernet). (Foundation Fieldbus 2001.)

H1:n tulokset sen sijaan olivat lupaavampia. Se pystyi toimimaan häiriöttömästi haastavissakin olosuhteissa, kenttäväylän pituus pystytään venyttämään 1900 m:iin, niin että vahvistimia ei tarvita. Segmenttiin tehtyjen haaroitusten määrää ei ole myöskään rajattu ja topologioita pystytään määrittelemään useilla eri tavoilla. Foundation Fieldbus H1:ssä on suhteellisen pieni tiedonsiirtonopeus (31,25 kbit/s), mutta perinteisen 4-20 mA järjestelmän johdotuksia pystyy käyttämään useissa tapauksissa hyväksi. H1:n signaali on Manchester-koodattua, missä bittien avulla saadaan myös aika synkronoitua laitteiden välille. (Foundation Fieldbus 2001.)

3.2.3 PROFIBUS

PROFIBUS-protokolla on avoin valmistajasta riippumaton kenttäväylästandardi. Kenttäväylä voidaan jakaa useaan eri segmenttiin, jossa jokaisen väylän alku- ja loppupäässä on oltava päätevastus. Väyläkaapelien maksimipituus riippuu käytävästä tiedonsiirtonopeudesta. PROFIBUS perustuu IEC 61158 ja IEC 61784 standardeihin. Siitä on olemassa eri sovelluksia, joista voidaan mainita ainakin:

- PROFIBUS PD; hajautetun järjestelmän tiedonsiirtoon
- PROFIBUS PA; prosessiautomaatioon laajennettu versio PD:stä
- PROFIsafe; sovellus automaation turvatoimintoratkaisuihin kenttäväylänä
- PROFIdrive; sovellus liikkeen- ja moottorinohjaukseen (Koivistoinen 2008.)

PROFIBUS:in kehittäminen alkoi vuonna 1987, kun 21 saksalaista yritystä ja instituutiota päättivät luoda uuden bittisarjan kenttäväyläjärjestelmän. Ryhmä otti itselleen nimeksi ZVEI (Central Association for the Electrical Industry). Niin syntyi ensimmäinen versio; PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification). Sen lähet-

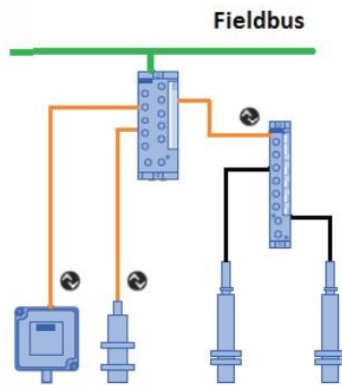
tämä viesti oli kuitenkin monimutkainen, eikä protokolla ollut tarpeeksi joustava erilaisiin teollisuuden sovelluksiin. ZVEI jatkoi kuitenkin väyläjärjestelmän kehittämistä ja vuonna 1993 esiteltiin PROFIBUS DP (Decentralized Periphery). Tämä uusi versio mahdollisti nopeamman viestinnän sekä helppokäyttöisemmän ja yksinkertaisemman käyttöjärjestelmän. (Profibus, [Viitattu 8.1.2019].)

PROFIBUS PA on suunniteltu teollisuuden prosessiautomaatioon käytettäväksi. PA toimii PD:n alaisuudessa, koska on yksi sen sovelluksista. PROFIBUS PA standardisoi mittaustietojen lähettämisprosessia, ja sen tärkeisiin ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus käyttää sitä räjähdysvaarallisissa ympäristöissä. (Profibus, [Viitattu 8.1.2019].)

Profibus käyttää master-slave-tyyppistä kommunikointia, siinä isäntälaitteet määrittävät väylällä kulkevan tiedonsiirron. Viestintätyyppi on ns. "half-duplex", jossa laitteet pystyvä viestimään toisilleen, mutta eivät yhtä aikaa. Kenttäväylään voidaan liittää 126 laitetta ja yhteen segmenttiin 32. Parhaimmillaan tiedonsiirtonopeus voi olla 12 Mbit/s. Profibussin pääasiallinen toimittaja on saksalainen Siemens. (Profibus, [Viitattu 11.1.2019].)

3.3 IO-Link

IO-Link on avoin IEC 61131-9:n mukaisesti standardisoitu viestintäteknikka. Se mahdollistaa kenttälaitteiden, kuten antureiden kytkemisen kaikkiin yleisimpiin kenttäväyliin. Viestintä on kaksisuuntainen "point-to-point"-tyyppinen (kuvio 17). Signaalin lähettämisen lisäksi on mahdollista myös ulkoisen virran tuonti järjestelmään sellaisille toimilaitteille, jotka sitä tarvitsevat. IO-Link-järjestelmä voidaan suunnitella rinnakkain olemassa olevan automaatiojärjestelmän kanssa ja/tai integroida se siihen. Vaikka IO-Link yhdistää master-laitteen avulla kenttälaitteet ja ylemmät toimitteet, kyseessä ei ole kuitenkaan viestintätyypistä johtuen kenttäväylä. (IO-Link 2013.)



Kuvio 17. IO-Linkin point-to-point-tyyppinen kommunikointi. (IO-Link 2013.)

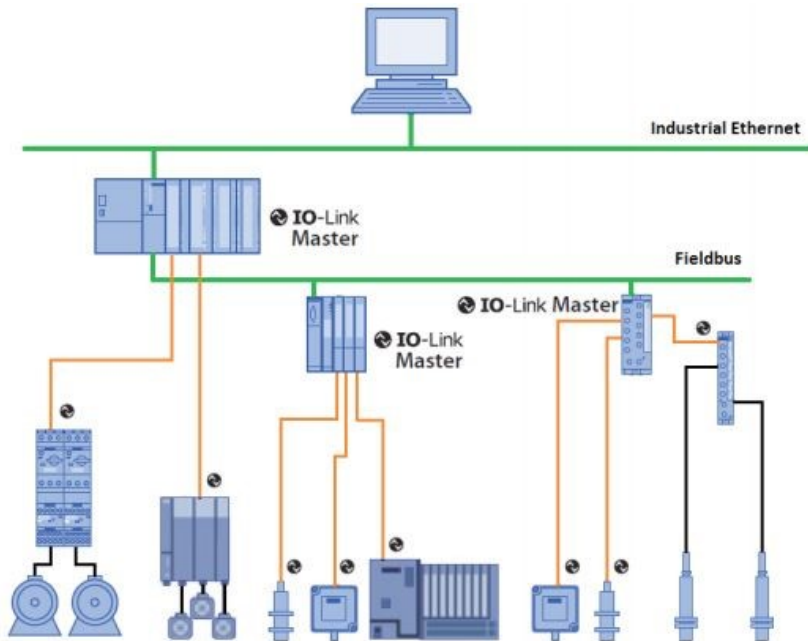
IO-Link-järjestelmän osat:

- master eli isäntälaitte (kuvio18)
- kenttälaitte (esim. anturi)
- johtimet (standardi 3- tai 5-johdin kaapelit)
- valmistajan suunnittelutyökalu järjestelmän konfigurointiin ja parametrien syöttämisen. (IO-Link 2013.)



Kuvio 18. Erilaisia IO-Linkin master-laitteita. (Master, [Viitattu 7.2.2019].)

IO-Linkin master eli isäntälaitte mahdollistaa kommunikoinnin automaatiojärjestelmän ja kenttälaitteen välillä. Yhteen masteriin voidaan kytkeä useitakin toimilaitteita maksimissaan 20 metrin pituisilla johdotuksilla. IP65/67-liitäntäteknikalle yksi määritelty liitinkoko on M12. Masterissa tämä M12-liitin on viisinapainen, johon toimilaitteet kytketään vastaavalla viisinaistaisella johtimella ja anturit neljänastaisella.

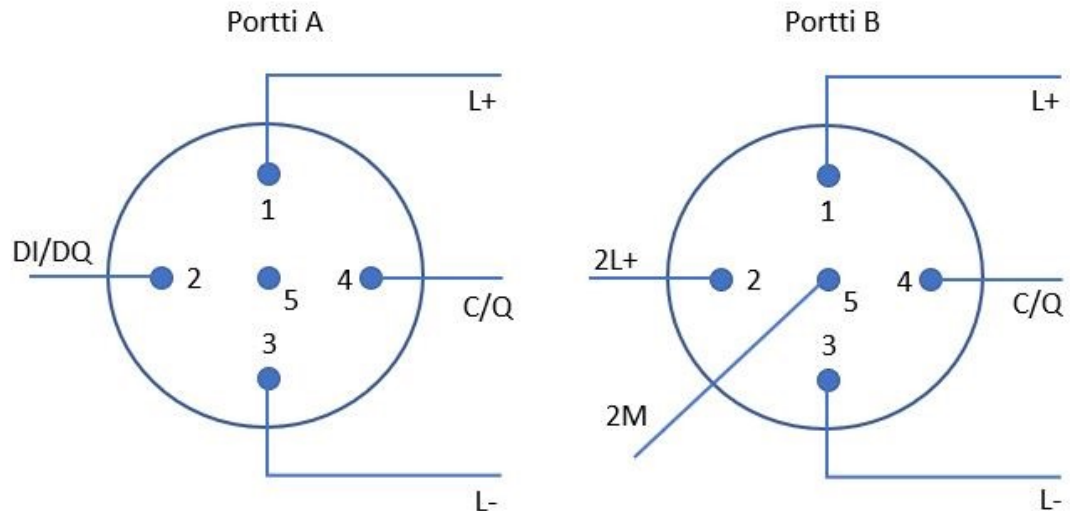


Kuvio 19. IO-Link-järjestelmä.
(IO-Link 2013).

IO-Link-järjestelmään on määritelty kaksi erilaista porttia A ja B (kuvio 20). A-tyyppin portissa 2- ja 5-nasta ovat valmistajan määrittelemiä, mutta yleensä nasta kaksi on ylimääräinen digitaalinen kanava. B-tyyppin portti mahdollistaa ulkoisen jännitteen tuonnin järjestelmään. Tämän liitäntä sopii laitteille, jotka tarvitsevat toimiakseen enemmän energiaa. Tässä tapauksessa nastat 2 ja 5 on varattu tähän tarkoitukseen.

Portit pystyvät kommunikoimaan neljällä eri tavalla:

- IO-Link: on varattu IO-Linkin viestintään
- DI: toimii kuten digitaalinen ulostulo
- DQ: toimii kuten digitaalinen sisääntulo
- Deactivated: tila on tarkoitettu käyttämättömille porteille. (IO-Link 2013.)



Kuvio 20. IO-Linkin porttityypit.

Järjestelmä tukee kolmea eri tiedonlähetysopeutta: 4,8, 38,4 ja 230,4 kilobaudia. Kenttälaitte pystyy tukemaan vain yhtä lähetysopeutta, toisin kuin IO-Linkin master, joka tukee kaikkia mainittuja nopeuksia. Tästä syystä kytkennän jälkeen lähettää master heräteviestin kenttälaitteelle ja aloittaa kommunikoinnin suurimmalla mahdollisella nopeudella. Mikäli yhteys epäonnistuu, eli vastausviestiä ei tule kenttälaitteelta, kokeillaan seuraavaksi nopeinta yhteyttä. Kommunikointi alkaa, kun master saa vastauksen kenttälaitteelta. Tällöin oikea tiedonlähetysopeus on löytynyt. (IO-Link 2013.)

IO-Link järjestelmä tukee neljän eri datatyyppin lähettämistä:

- prosessidata
- arvodata
- laitedata
- tapahtumadata. (IO-Link 2013.)

Prosessi- ja arvodata ovat syklistä eli ne lähetetään määräajoin isäntälaitteelle ja yleensä yhdessä. Laitedata voi olla esim. parametrejä tai tunnistamis- ja diagnostiikkatietoja. Laitedata, niin kuin tapahtumadatakin, ovat ei-syklistä tietoa ja ne lähetetään vain isäntälaitteen pyynnöstä. Tapahtumadata voi olla esim. virheviesti, varoituksia, huoltotietoja jne. IO-Linkin master pystyy myös lähettämään viestejä itsenäisesti, esimerkiksi epäonnistuneesta kommunikoinnista. Ei-syklinen datan lähettäminen ei häiritse syklisen datan lähettämistä. (IO-Link 2013.)

IO-Linkin viestinnän laatu on vakaa. Mikäli viestin lähetys kuitenkin epäonnistuu, toistetaan viestin lähetys vielä kahdella yrityksellä. Toisenkin yrityksen epäonnistuksessa master havaitsee kommunikointiongelman ja viestittää siitä ylemmille toimilaitteille. (IO-link 2013.)

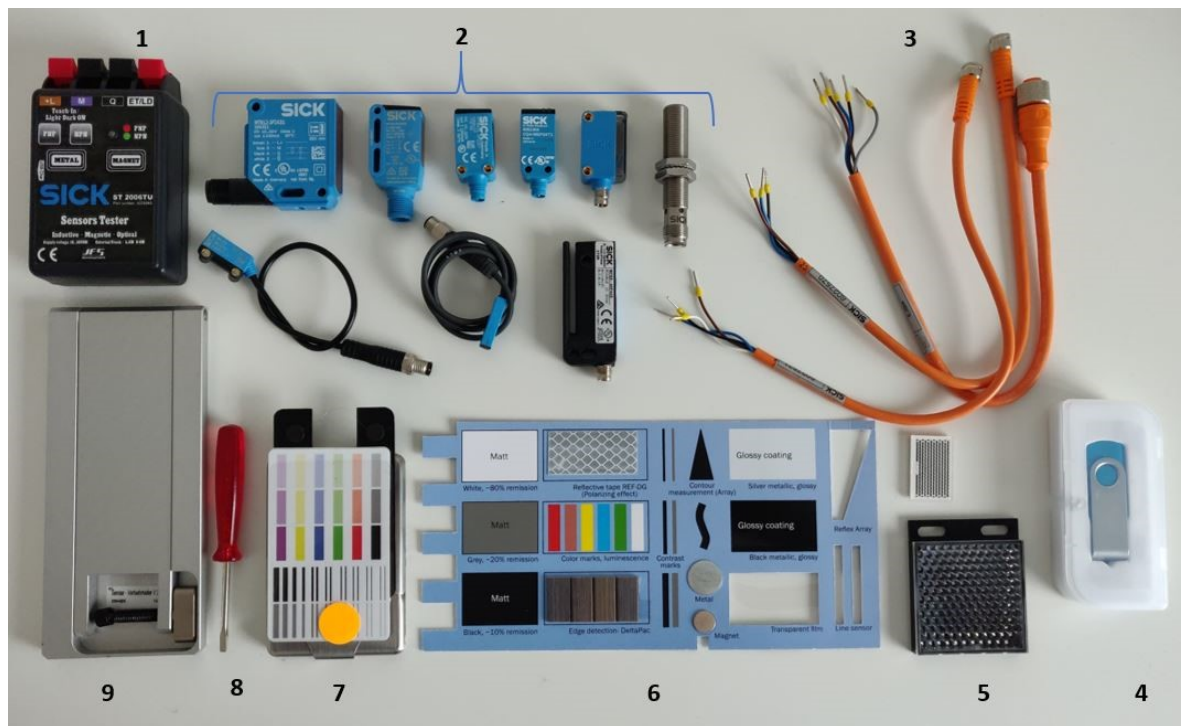
IO-Linkin teknologiaa hyödyntävät lähes kaikki merkittävät automaatiotuotteiden valmistajat, tämän takia valikoima on kattava. Sen etuna voidaan katsoa myös olevan kyky välittää analogista viestiä ja mahdollisuus kytkeä kaikkiin olemassa oleviin kenttäväyliin. Antureiden parametrisointi pystytään tekemään etänä tai suoraan anturista. Uuden anturin vaihtaminen rikkoutuneen tilalle on myös helppoa, eikä se vaadi uudelleenparametrisointia. (Sarlin, [Viitattu 14.1.2019].)

4 HARJOITUSTYÖ

Opinnäytetyön tuotoksena luodussa harjoituksessa (liite 1) tarkoituksena on tehdä opiskelijalle tutuksi yleisimpiä teollisuusautomaatiossa käytettäviä antureita SICK-anturisalkkua apuna käyttäen. Mittauksia suorittamalla opiskelija tutustuu anturin mittausetäisyyksiin ja tunnistusominaisuuksiin.

4.1 Anturisalkku

Anturisalkku on SICKin valmistama ja sisältönsä puolesta hyvin opetuskäyttöön soveltuvat paketti. Se sisältää kattavasti erilaisia antureita ja tunnistettavia kohteita, joista harjoitus saatiin suunniteltua (kuvio 21).



Kuvio 21: Anturisalkun sisältö.

1. virtalähde
2. anturit (9 kpl)
3. johtimet
4. muistikortti (esittelymateriaalia)

5. heijastimet
6. materiaali/värikortti
7. kontrasti-, läpinäkyvä ja ohutlankakortti
8. ruuviväännin
9. teline

Kuvasta puuttuu virtalähteen latauskaapeli, käyttöohjeet ja induktiivisen anturin kiinnitysteline.

4.2 Harjoituksen valmistelu

Harjoituksen valmistelu aloitettiin hankkimalla perustietoa erityyppisistä antureista ja niiden ominaisuuksista teoriaosuuden kautta. Rinnakkain tämän vaiheen kanssa tutustuttiin anturisalkun sisältöön suorittamalla kytkentöjä sekä tekemällä itse mittauksia. Mittausten suoritusvaiheessa tehtiin myös päätös siitä, että mitkä anturit jätetään mittaustehtävän ulkopuolelle.

Harjoitustyötä suunnitellessa oli tärkeä miettiä, että mitkä ovat keskeisimmät asiat mitä opiskelijan halutaan tämän harjoituksen kautta oppivan. Näitä asioita katsottiin olevan tunnistustapa, tunnistukseen vaikuttavat tekijät, sekä erilaisten antureiden käyttökohteiden hahmottaminen.

4.3 Anturien kytkentä

Salkussa tulee mukana kolme erilaista johdinta. Harjoitustehtävän alussa on selvitetty antureiden kytkentä virtalähteeseen. Anturiin soveltuva johdin liitetään painamalla se kiinni anturiin ja lukitsemalla se ympärillä olevalla kierreosalla. Virtalähteeseen tulevien johtimien kiinnitys suoritetaan harjoitustehtävän ohjeistuksen mukaan, jossa on annettu johtimen väri sekä virtalähteessä oleva kirjain, mihin johdin liitetään. Harjoituksessa apuna voi käyttää anturisalkun mukana tulevaa alumiinista telineä, mihin anturit pystytään kiinnittämään (kuvio 22).



Kuvio 22: Anturin kiinnitys telineeseen ja virtalähteeseen.

4.4 Harjoituksen toteutus

Tehtävän vastaukset täytetään harjoitusohjeet sisältävään Word-pohjaan, joka palautetaan opettajan kanssa sovitulla tavalla esimerkiksi verkko-oppimisympäristö Moodleen. Varsinainen harjoitus aloitetaan esitehtävällä. Siinä tunnistetaan salkun sisältämät anturit ja täytetään vastaukset harjoitusohjeissa olevaan taulukkoon. Tietoa opiskelija voi etsiä haluamistaan lähteistä. Tämän esitehtävän tehtyään opiskelija osaa valita oikeat anturit mittausosioon.

Kun kaikki anturit on nimetty, siirrytään harjoituksen toiseen vaiheeseen. Siinä opiskelija suorittaa mittauksia kuudella eri anturilla, jotka ovat

- laseranturi
- induktiivinen anturi
- kapasitiivinen anturi
- optinen anturi (kohteesta heijastava)
- optinen anturi (peilistä heijastava)
- kontrastianturi.

Mittausharjoitukseen ei otettu seuraavia antureita:

- haarukka-anturi (etiketin tunnistukseen)
- optinen anturi (pienempi peilistä heijastava)
- magneettianturi (sylinterin asennon tunnistukseen).

Rajaus käytettävien ja ei-käytettävien antureiden välillä suoritettiin tarkastelemalla niiden soveltuvuutta mittaustehtäviin ottaen samalla huomioon salkun sisältämän mittauskohdemateriaalin. Lisäksi osa antureista haluttiin jättää pois harjoitukseen käytettävissä olevan ajan rajoissa.

Induktiivisen- ja kapasitiivisen anturin mittauksissa testataan tunnistusta erilaisille materiaaleille sekä mitataan tunnistusetäisyys käyttäen apuna viivoitinta. Laseranturin ja optisten antureiden kohdalla tarkistetaan, tapahtuuko tunnistusta erityyppisillä kohteilla. Tässä mittauksen vaiheessa pitäisi tulla selviä eroja tiettyjen kappaleiden kohdalla. Kapasitiivisen anturin ja laseranturin kohdalla opiskelija joutuu myös käyttämään anturissa olevaa potentiometriä tunnistusetäisyyden säätämiseen, jotta mittaus onnistuu. Viimeiseksi mitattavaksi anturiksi otettiin mukaan kontrastianturi. Tässä mittauksessa opiskelija käyttää anturin omaa ”älyä” hyödyksi opettamalla sille värejä ja kontrasteja. Tarkasteltavina asioina on tunnistusetäisyys ja tunnistuskyky erilaisten opetettujen lähtötietojen perusteella.

Näiden mittaustehtävien lisäksi opiskelija joutuu selvittämään, mikä on anturin kytkennän tyyppi (PNP/NPN) ja kytkentämuoto (NO/NC) sekä selvittämään jokaisen anturin kohdalla todellisia käyttökohteita.

5 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tutustua yleisiin teollisuusautomaatiossa käytettäviin antureihin sekä tutkia, mitä ominaisuuksia mikroprosessori on tuonut anturiin tehden siitä ”älykkään” ja mikä osuus kenttäväylillä on teollisessa automaatiossa. Hankitun tiedon avulla luotiin SICK-anturisalkusta harjoitustehtävä, jonka avulla opiskelijat pystyvät itsenäisesti tai ryhmässä tutustumaan aiheeseen.

Opinnäytetyö aloitettiin keräämällä teoriatietoa aiheeseen. Tämän aikana tuli huomattua, miten laaja aihe anturit itse asiassa ovat. Niitä on lähes jokaisessa nykypäivän laitteessa, olipa sitten kyse automaation ratkaisusta tai arkipäivän eri sovelluksista. Koska ala on nopeasti kehittyvä, täytyi teoriaosuudessa kiinnittää myös erityistä huomiota tiedon paikkansa pitävyyteen tässä ajanhetkessä.

Työn tuotoksena syntyneessä harjoitustyössä opiskelija tutustuu anturisalkun sisältöön selvittämällä haluamistaan tietolähteistä niiden tunnistustyyppin. Lisäksi opiskelija suorittaa antureilla erityyppisiä mittauksia, joista selviää hyvin anturin tunnistusominaisuuksia. Tehtävässä joutuu myös pohtimaan kyseisille antureille erilaisia todellisuuden käyttökohteita. Harjoitus on lähinnä antureiden ja niiden mittausominaisuuksiin tutustumista, eikä niillä haastavia sovelluksia harjoituksessa tehdä. Pienistä virta- ja jännitemääristä johtuen ei mahdollisista virhekytkennöistä synny myöskään vaaratilanteita tai laiterikkoja. Näistä syistä harjoitus soveltuukin parhaiten oppilaille, joilla ei ole vielä kokemusta antureista.

Aikaisempaa kokemusta antureista ei opinnäytetyöhön lähdettäessä juuri ollut, mutta sitäkin enemmän sai uutta oppia matkan varrella.

LÄHTEET

- ABB:n TTT-käsikirja. 2000. Luku 5: Automaation tietoliikennetekniikka. [www-dokumentti]. ABB Oy, 2000. [Viitattu 5.2.2019]. Saatavana: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/05_0_Automaation%20tietoliikenne.pdf
- Anturitekniikka. Ei päiväystä. Osa II – Anturitekniikan perusteet. [www-dokumentti]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu – Tekniikan yksikkö. [Viitattu 23.11.2018]. Saatavana: Moodle-verkko-oppimisympäristöstä. Vaatii käyttöikeuden.
- Digitaalitekniikka. 4.8.2013. Digitaalitekniikan perusteet. [Verkkosivu]. Saatavana: <http://legacy.spa.aalto.fi/sig-legacy/digis/luento1/anadigi.html>
- Fonselius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Sampo, A. & Välimaa, T. 1988. Anturit. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Foundation Fieldbus. 24.6.2001. The Foundation Fieldbus Primer. [www-dokumentti]. Fieldbus Inc. [Viitattu 14.1.2019]. Saatavana: https://www.fieldbusinc.com/downloads/primer1_1.pdf
- Hall-effect. 30.12.2015. What is Hall Effect and How Hall Effect Sensors Work. [Video]. How To Mechatronics. [Viitattu 21.11.2018]. Saatavana: <https://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/hall-effect-hall-effect-sensors-work/>
- HBM. Ei päiväystä. What is a Pressure Sensor. [Verkkosivu]. HBM. [Viitattu 22.11.2018]. Saatavana: <https://www.hbm.com/en/7646/what-is-a-pressure-sensor/>
- IFM. Ei päiväystä. Induktiiviset anturit. [Verkkosivu]. IFM. [Viitattu 5.2.2019]. Saatavana: https://www.ifm.com/fi/fi/category/010/010_010/010_010_020#!S/BD/DM/1/D/0/F/0/T/24
- IO-link. 2013. IO-link System Description – Technology and Application. [www-dokumentti]. Karlsruhe: IO-link Company Community. Saatavana: https://io-link.com/share/Downloads/At-a-glance/IO-Link_System_Description_engl_2013.pdf
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaali Oy
- Koivistoinen, K. 12.11.2008. Tiedonsiirto teollisuudessa. [www-dokumentti]. Siemens. [Viitattu 8.1.2019]. Saatavana: http://www.eis.fi/tapahtumat/2008/Siemens2008/Teollisuuden_tiedonsiirto_yleisesti_112008.pdf

- Laurila, H. 13.9.2013. Langattomat HART-lähettimet ja kuinka ne kalibroidaan. [Verkkolehtiartikkeli]. Promaint. [Viitattu 20.11.2018]. Saatavana: <https://promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Langattomat-HART-lahettimet-kuinka-kalibroidaan>
- LION Precision. 2012. Capacitive Sensor Operation and Optimization. [Verkkosivu]. St. Paul: Lion Precision. [Viitattu 28.11.2018]. Saatavana: <http://www.lion-precision.com/tech-library/technotes/cap-0020-sensor-theory.html#contents>
- LSK. Ei päiväystä. Magneettiset lähestymiskytkimet. [Verkkosivu]. LSK. [Viitattu 21.11.2018]. Saatavana: <http://www.lsk.fi/fi/Tuotteet/Anturit/Magneettiset-lahestymiskytkimet/>
- Master. Ei päiväystä. IO-Link – automaatiojärjestelmiin liittyminen. [Kuva]. Saatavana: <https://www.sick.com/fi/fi/io-link-automatiojaerjestelmiin-liittyminen/w/io-link-integration/>
- OEM Automatic. Ei päiväystä. Yleistä painelähettimistä. [www-dokumentti]. OEM AUTOMATIC. [Viitattu 22.11.2018]. Saatavana: http://util.oem.se/pdf/Yleista_painelahettimista.pdf
- OEM. Ei päiväystä. Pulssianturien teoriaa. [Verkkosivu]. OEM. [Viitattu 5.2.2019]. Saatavana: <https://www.oem.fi/tuotteet/anturi/pulssianturit/yleist%C3%A4-pulssiantureista--450649/pulssianturien-teoriaa--164972#tab-2>
- Pasho, R. 30.3.2013. Why Would I Use a NAMUR Output sensor. [Verkkosivu]. The Pepperl + Fuchs.. [Viitattu 27.11.2018]. Saatavana: <https://blog.pepperl-fuchs.us/blog/bid/280194/Why-Would-I-Use-a-NAMUR-Output-Sensor>
- Pihkala, J. 2008. Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2-1 painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Profibus. Ei päiväystä. Comprehensive Protocol Overview. [Verkkosivu]. Real Time Automation. [Viitattu 8.1.2019]. Saatavana: <https://www.rtaautomation.com/technologies/profibus/>
- Sarlin. Ei päiväystä. Io-link ja sen hyödyt. [Verkkosivu]. Sarlin. [Viitattu 14.1.2019]. Saatavana: <https://www.sarlin.com/tuotteet/io-link-ja-sen-hy%C3%B6dyt>
- Schneider Electric. Ei päiväystä. What is the difference between PNP and NPN when describing 3 wire connection of a sensor. [Verkkosivu]. Schneider Electric. [Viitattu 27.11.2018]. Saatavana: <https://www.schneider-electric.co.uk/en/faqs/FA142566/>
- SeAMK. Ei päiväystä. Organisaatio. [Verkkosivu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 4.2.2019]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/seamk-info/organisaatio/>

SFS-EN 60529 + A1. 2000. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-KOODI). 2. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SFS-EN 60529/A2. 2013. Sähkölaitteiden kotelointiluokat (IP-KOODI). Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

SICK. Ei päiväystä. Induktiiviset lähestymiskytkimet. [Verkkosivu]. SICK. [Viitattu 30.11.2018]. Saatavana: <https://www.sick.com/fi/fi/laehestymiskytkimet/induktiiviset-laehestymiskytkimet/c/g190731>

Turck. 14.3.2018. What is Namur Output for Turck Sensors. [Verkkosivu]. Boise: Clearwater Tech Inc. [Viitattu: 28.11.2018]. Saatavana: <https://www.clwtr.com/faq/turck/namur-outputs>

Venymäliuska. Ei päiväystä. Introduction to Strain Gage Technique. [kuva]. HBM-finland. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Vaatii käyttöoikeuden.

LIITTEET

Liite 1. Anturitekniikan harjoitustyö

LIITE1

Tomi Huhtanen

Anturitekniikan harjoitustyö

SICK itseopiskelusalkku

Työohje

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan Tutkinto-ohjelma

SISÄLTÖ

1	Yleistä harjoitustyöstä	2
1.1	Aluksi	2
1.2	Työn tavoite	2
1.3	Antureiden tunnistus	2
1.4	Kytkenät ja virtalähde	3
1.5	Teline	4
2	Mittaukset	5
2.1	Laseranturi	5
2.2	Optinen anturi (kohteesta heijastava)	6
2.3	Optinen anturi (peilistä heijastava)	7
2.4	Kapasitiivinen anturi	8
2.5	Induktiivinen anturi	9
2.6	Kontrastianturi	9

1 Yleistä harjoitustyöstä

1.1 Aluksi

Tässä harjoitustyössä tutustutaan SICK-anturisalkun sisältöön tekemällä esitehtäviä, sekä perehtymällä erityyppisten antureiden tunnistusominaisuuksiin suorittamalla niillä mittauksia.

Tehtävään valmistautumiseen voi käyttää apuna laukun mukana tulevan muistikortin sisältöä tai koulun verkkokansiota löytyvää materiaalia.

Vastaukset täydennetään tähän pohjaan ja palautetaan opettajan ilmoittamalla tavalla.

Työhön on varattu aikaa 4 tuntia.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on, että opiskelija oppii tuntemaan yleisimpiä teollisuusautomaatioissa käytettäviä antureita. Tietää niiden toimintatapoja, tunnistusominaisuuksia ja pystyy nimeämään mahdollisia käyttökohteita.

1.3 Antureiden tunnistus

Tutkitaan aluksi anturisalkun sisältö ja nimetään sieltä anturityypit (kapasitiivinen, induktiivinen anturi jne.). Avuksi tässä tehtävässä voi käyttää esimerkiksi SICKin kotisivuja ja antureiden kyljissä olevia tunnuksia. Merkitse anturityypit taulukkoon ja lisää valmistajan ilmoittama keskimääräinen tunnistusominaisuus kyseiselle anturityypille.

Anturin tunnus	Anturityyppi	Tunnistusetäisyys
CQ4		
IMC12		
WTB4SL		
WTB12		
WP117A1P		
WFS3		
WL2S		
MZT8		
WL9G		

1.4 Kytkennot ja virtalähde

Virtalähteenä harjoituksessa toimii SICK ST 2600TU, joka on tarkoitettu 2-, 3- ja 4-johdin antureille. Anturin lähdön kytkeytyessä päälle syttyy vihreä tai punainen led-valo, joka osoittaa samalla kytkennän tyypin (NPN/PNP). Kytchentätoimintoa on mahdollista muuttaa välillä NO/NC (normaalisti auki/normaalisti kiinni) joidenkin antureiden kohdalla.

Taulukko 4: Johtimien kytkeminen virtalähteeseen

Merkintä virtalähteessä	Johtimen väri
+L (positiivinen)	Ruskea
M (negatiivinen)	Sininen
Q (lähtö)	Musta/ valkoinen (NO/NC)

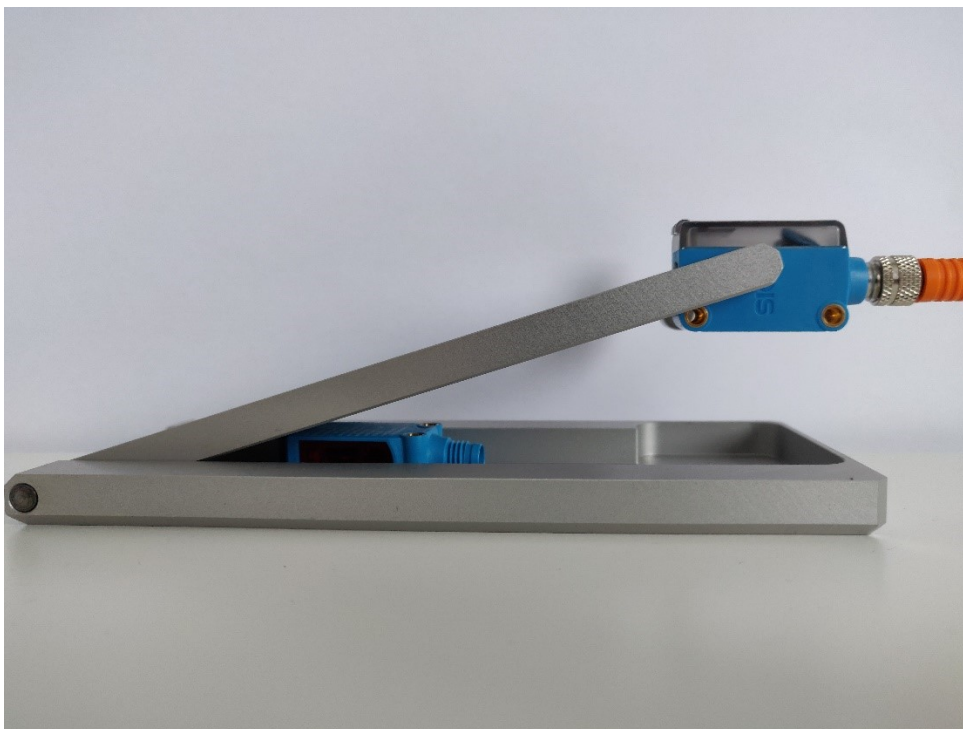
Tarkista aina johtimen soveltuvuus anturiin ennen kytkemistä.

1.5 Teline

Käytä mittauksissa apuna laukun mukana tulevaa alumiinista kiinnitystelinettä, ks. kuvat.



Kuvio 23: Anturin kiinnitys telineeseen



Kuvio 24: Käytä tarvittaessa etäisyyden säätöön toista anturia

2 Mittaukset

Tässä tehtävässä suoritetaan mittausharjoituksia salkun antureilla. Antureiden käyttökohteita selvitetessä täydennä tekstiä vähintään yhdellä kuvankaappauksella (snipping tool) todellisesta käyttökohteesta. Kuva ei yksistään riitä, vaan kerro kuvassa tapahtuvasta toiminnasta ja anturin tehtävästä siinä. Materiaalia voit etsiä esimerkiksi SICKin kotisivuilta löytyvistä kuvista ja videoista. Apuna voit käyttää anturin kyljessä olevaa tunnusta ja syöttämällä sen kotisivujen hakukenttään.

2.1 Laseranturi

Asenna laseranturi telineeseen ja säädä ruuviväännintä apuna käyttäen potentiometristä tunnistusetaisyyttä niin, että anturi ei aivan tunnista telineen vastapuolta.

Testaa tunnistaako anturi seuraavat kohteet:

Läpinäkyvä kalvo:

Ohut lanka:

Kiiltävä metallinen pinta:

Huom. Käytä kiiltävän metallisen pinnan testaamiseen laukun mukana tulevan korttilaatikon sisäpintaa. Kääntelee sitä samalla eri asentoihin.

Onko kytkentätoiminto NO/NC? Pystyykö toimintoa muuttamaan?

PNP vai NPN?

Selvitä laseranturin käyttökohteita (lisää kuvankaappaus):

2.2 Optinen anturi (kohteesta heijastava)

Testaa tunnistaako anturi seuraavat kohteet:

Läpinäkyvä kalvo:

Ohut lanka:

Kiiltävä metallinen pinta:

Onko kytkentätoiminto NO/NC? Pystyykö toimintoa muuttamaan?

PNP vai NPN?

Selvitä optisen anturin käyttökohteita (lisää kuvankaappaus):

2.3 Optinen anturi (peilistä heijastava)

Testaa tunnistaako anturi seuraavat kohteet:

Läpinäkyvä kalvo:

Ohut lanka:

Kiiltävä metallinen pinta:

Onko kytkentätoiminto NO/NC? Pystyykö toimintoa muuttamaan?

PNP vai NPN?

Selvitä peilistä heijastavan optisen anturin käyttökohteita (lisää kuvankaappaus):

2.4 Kapasitiivinen anturi

Mittaa tunnistuksen lisäksi viivainta apuna käyttäen tunnistusetäisyys eri materiaaleille. Testaa potentiometriä apuna käyttäen siten, että anturin tunnistusetäisyys on säädetty maksimiin.

Tunnistaako kapasitiivinen anturi:

Tunnistusetäisyys:

Läpinäkyvä kalvo:

Ohut lanka:

Kiiltävä metallinen pinta:

Muovia:

Puuta:

Metallia:

Selvitä kapasitiivisen anturin käyttökohteita (lisää kuvankaappaus):

2.5 Induktiivinen anturi

Mittaa tunnistuksen lisäksi viivainta apuna käyttäen tunnistusetäisyys eri materiaaleille.

Tunnistaako induktiivinen anturi:

Tunnistusetäisyys:

Alumiini:

Teräs:

Ohut lanka:

Muovikortti:

Selvitä induktiivisen anturin käyttökohteita (lisää kuvankaappaus):

2.6 Kontrastianturi

Aseta jokin toinen anturi telineessä olevaan uraan ja laske anturin varsi sen päälle niin, että pystyt säätämään tunnistuskorkeuden n. 2 cm. Aseta muovinen, eri värejä sisältävä kortti anturin alle, siten että anturin valokeila näyttää johonkin valitsemaasi väriin. Opetta anturille kontrasti painamalla päällä olevaa keltaista nappia noin 2 sekuntia, tämän jälkeen siirrä valokeila valkoiselle alueelle ja paina vielä kerran.

Tunnistaako anturi kontrastin tallennuksen jälkeen kaikki värit?

Onko tunnistamisella eroja, jos opetat anturille jonkin toisen värin?

Missä sovelluksissa kontrastianturia voi käyttää (lisää kuvankaappaus):