

SISÄLTÖ

1	TEHTÄVÄNKUVAUS	2
2	PAINE, MITÄ SE ON?.....	2
3	ANTURI.....	3
3.1	Ominaisuudet.....	3
3.2	Toiminta	3
3.3	Anturin sovittaminen	5
4	KOKEET.....	6
4.1	Mittausvälineet	6
4.2	Mittauskytkentä	7
4.3	Mittaustilanne.....	8
5	MITTAUSTULOKSET	8
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	9
	LÄHTEET.....	10

1 TEHTÄVÄNKUVAUS

Harjoitustyön tarkoituksena oli suunnitella, toteuttaa, dokumentoida ja esitellä jokin kaupalliseen anturiin perustuva sovellus. Työn tekemisellä oli tarkoitus edistää ryhmätyöskentelyä, oppia valitsemansa anturin toimintaperiaatteet, oppia selvittämään anturin ominaisuuksia datalehtiä lukemalla, mittasignaalin sovittamisen periaatteet sekä mittaustuloksien analysointia, käsittelyä ja kuvaajien piirtoa.

Ryhmämme valitsi absoluuttista painetta mittaavaan anturiin.

2 PAINE, MITÄ SE ON?

Paine on aineen nestemäistä tai kaasumaista olomuotoa koskeva suure. Paine ilmaisee pinta-alayksikköön kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa. Matemaattisesti tämä voidaan ilmaista kaavalla $P = F / A$, jossa P kuvaa painetta, F voimaa ja A pinta-alaa. Täten paineen yksiköksi saadaan N/m^2 , SI-järjestelmässä paineen yksikkönä on Pascal (Pa). (Mikes, 2002, 5).

Paineelle on olemassa myös muita yleisesti käytössä olevia yksiköitä, kuten baari (bar) ja PSI (paunaa/neliötuuma). 1 bar vastaa 100 kPa tai ~14.5 PSI:tä.

Valitsemamme STD-015-A anturi mittasi absoluuttista painetta, kun taas referenssinä toiminut SMC ZSE40-01-62L mittalaite suhteellista painetta. Absoluuttinen paine tarkoittaa sitä, että sen absoluuttinen nolllapiste on täydellisessä tyhjiössä. Tulokseen on siis summautunut mitattavan paineen lisäksi myös ympäristön (ilmakehän) paine. Toisin kuin absoluuttista painetta, suhteellista painetta voidaan verrata muuhun tilaan kuin tyhjiöön.

3 ANTURI

3.1 Ominaisuudet

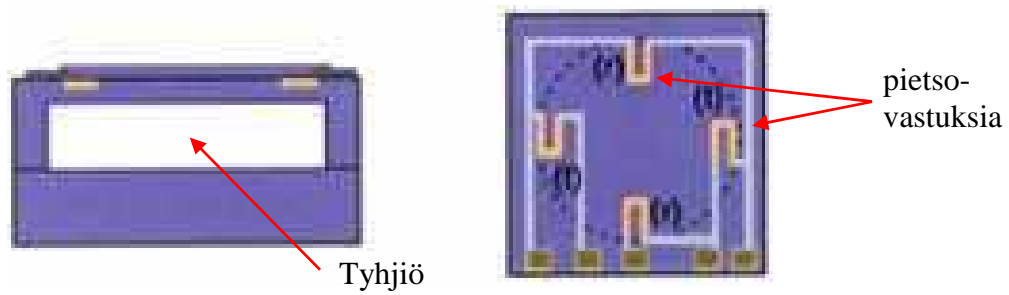
Anturi kykenee mittaamaan 0-15 PSI (0-1.034 Bar) alueella, sekä kestää rikkoutumatta vähintään kaksinkertaisen paineen mitta-alueeseen nähden (32 PSI). Anturi soveltuu kaasuille jotka eivät ionisoi tai hapeta materiaalia. Sitä voidaan käyttää 0-10 V tasajännitteellä. Siltakytkennän impedanssin ilmoitetaan olevan 2,7 - 4,0 k Ω . Suuren impedanssinsa takia anturi kuluttaa suhteellisen vähän virtaa (0-3 mA), jonka takia se soveltuukin monenlaisiin laitteisiin, kuten sääasemiin ja korkeusmittareihin. Mittaustulosten lineaarisuus on $\pm 0,3$ % mitta-alueesta, tyypillisesti kuitenkin $\pm 0,1$ %. Anturi on koteloitu TO-5 koteloon (ks. kuvio 1). Anturia voidaan käyttää -20 - +85 °C lämpötiloissa. Tarkemmat tekniset tiedot löytyvät anturin datalehdeltä liitteestä 4. (Elfa, 2006)



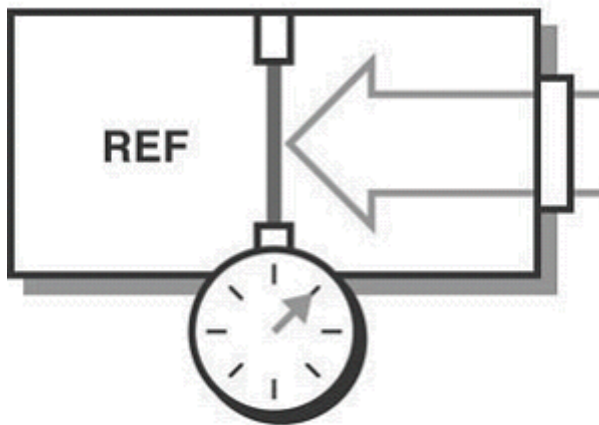
KUVIO 1 - Paineanturi TO-5 kotelossa

3.2 Toiminta

Anturin toiminta perustuu siihen, että paineen kasvaessa anturin kalvolla säteittäisten vastuksien resistanssi kasvaa ja säteeseen nähden poikittaisten vastuksien arvo pienenee. Paineen vähentyessä toiminta on päinvastainen. Mittaava elin koostuu neljästä pietso-vastuksesta, jotka sijaitsevat vastakkaisilla sivuilla osittain pii nitridi kalvon päälle (ks. kuvio 2). Kalvon alla on pieni kammio, jonka paine on alle 40 Pa (ks. kuvio 3). Vastusten arvo voi muuttua jopa 30 % mitta-alueiden ääripäiden välillä. Anturin herkkyys pienenee lämpötilan noustessa. (Sensorland, 2006.)

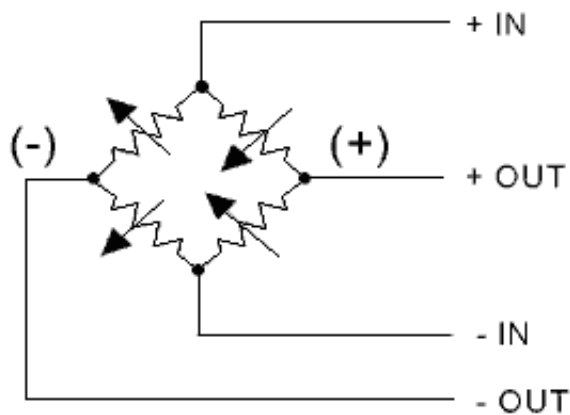


KUVIO 2 - Paineanturin rakenne



KUVIO 3 - Absoluuttisen paineanturin rakenne, REF = alle 40 Pa

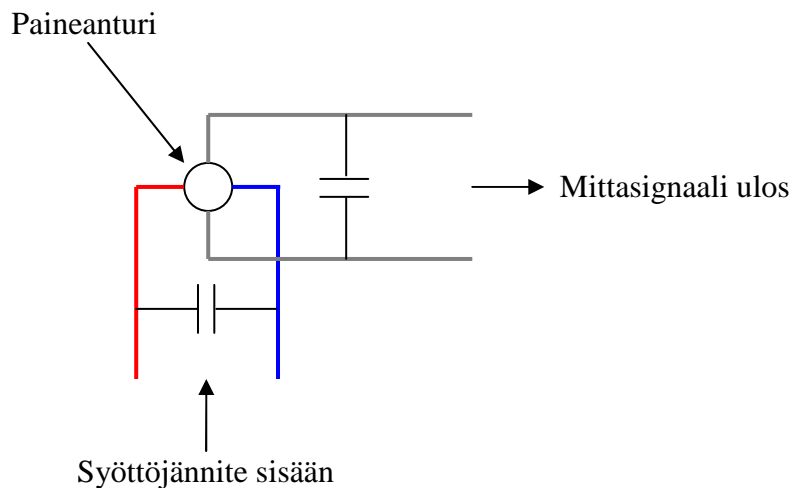
Vastukset on kytketty anturin sisällä Wheatstonen sillaksi (ks. kuvio 4), ulostuleva jännite on suoranverrannollinen paineeseen. (TUT, 2006, 4-6.) Koska kaikkien neljän vastauksen arvo muuttuu paineen muuttuessa, seuraa tästä anturin suuri herkkyys.



KUVIO 4 - Whetstonen siltakytkentä

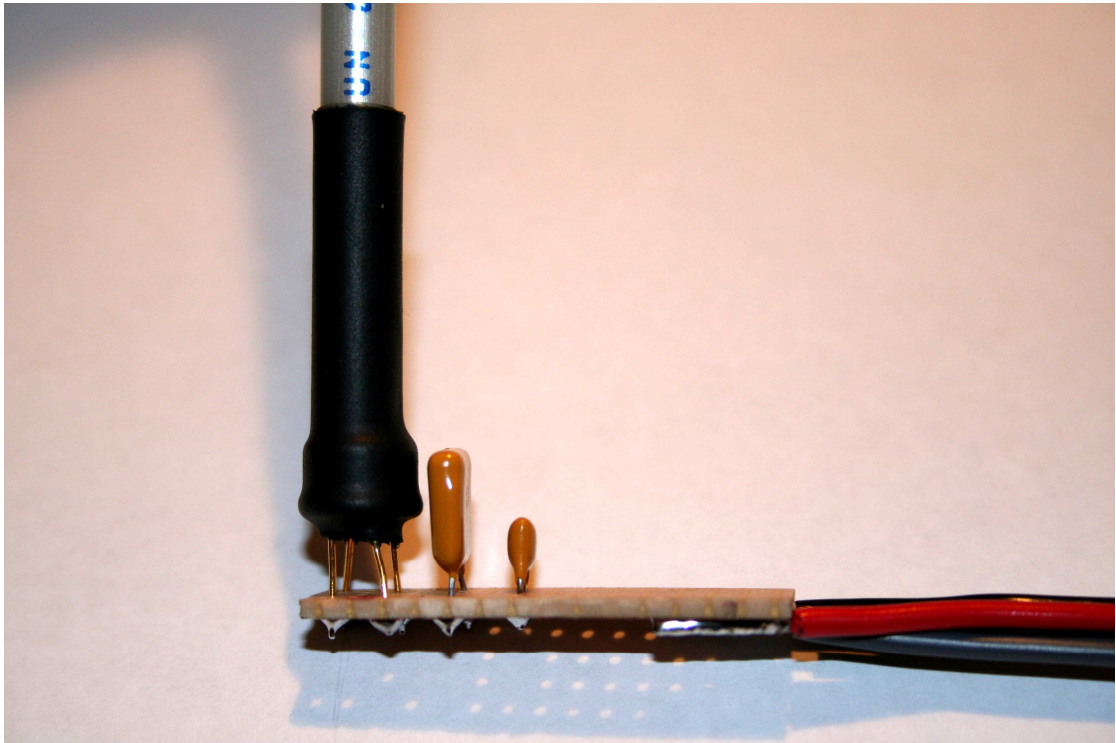
3.3 Anturin sovittaminen

Koska anturi oli oikeastaan sellaisenaan valmis, ei varsinaista sovitusta tarvinnut tehdä. Havaitimme kuitenkin, että mikäli anturille syötti käyttöjännitettä jostakin muusta lähteestä kuin patterista, aiheutui ulostulevaan signaaliin 50Hz häiriösignaali. Lisäsimme kondensaattorit sekä tulo että lähtöpuolelle suodattamaan syöttöjännitettä ja ulostulosignaalia (ks. kuvio 5). Kondensaattoreilla oli pieni vaikutus anturin reagointi nopeuteen, sekä kohtalainen vaikutus mittasignaalin 50Hz häiriöön. Osien koko valittiin sattumanvaraisesti laatikosta löytyneitä kondensaattoreita kokeilemalla, eli mitään laskennallista mitoittamista ei käytetty hyödyksi.



KUVIO 5 - Piirikaavio

Suurin ongelma oli saada aikaan luotettavia mittaustuloksia. Anturissamme ei ollut minkäänlaista liitäntää esimerkiksi paineputkea varten, joten oli keksittävä tapa jolla anturin saisi liitettyä ilmatiiviisti testipenkkiin. Pienen pohtimisen jälkeen keksimme liittää Feston 6mm halkaisijaltaan olevan paineputken kutistesukalla kiinni anturin koteloon (ks. kuvio 6). Pikaisen paineistustestin jälkeen totesimme liitoksen pitävän, jonka jälkeen mittauskytkennän ja mittausten tekeminen sujuikin ongelmitta.



KUVIO 6 – Lopullinen tuotos

4 KOKEET

4.1 Mittausvälineet

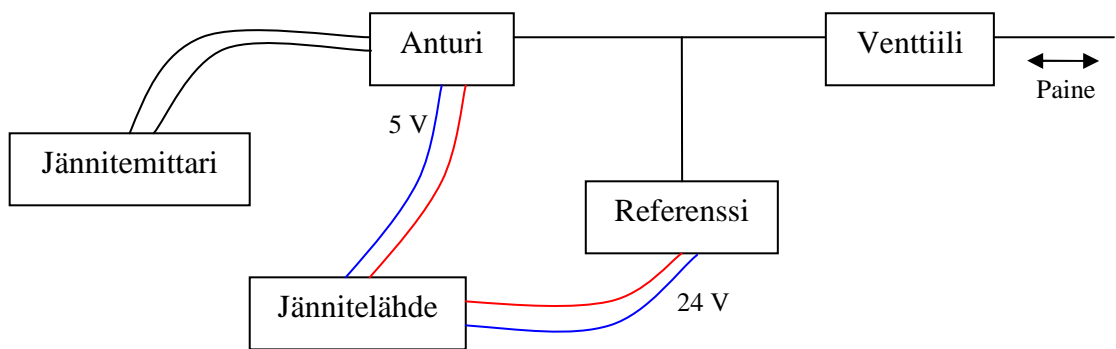
Mittalaitteina toimivat jännitemittari, sekä automaatiolaboratoriosta lainattu SMC:n valmistama digitaalinen painemittari (ZSE40-01-62L).

Painemittari mittasi suhteellista painetta mitta-alueella 10 – -101,3 kPa. Mitatun arvon mittari näytti 0,1 kPa:n tarkkuudella. Näyttämän lineaarisuudeksi luvattiin ± 1 %.

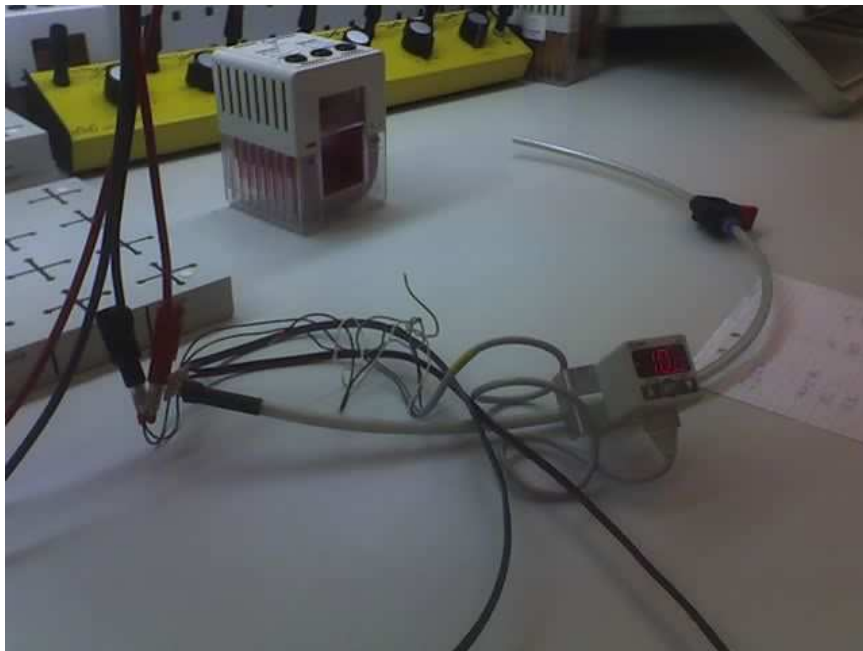
Lainaan saamamme painemittari sopi tarkoitukseen niin mitta-alueen kuin tarkkuudenkin puolesta paremmin kuin hyvin. Tarkemmat tekniset tiedot SMC:n painemittarista löytyvät liitteestä 5. (SMC, 2006).

4.2 Mittauskytkentä

Paineanturi, digitaalinen painemittari ja venttiili yhdistettiin toisiinsa T-liittimellä. Käsikäyttöiseen venttiiliin liitettiin lisäksi lyhyt putkenpätkä, jonka kautta painetta pystyttiin lisäämään/poistamaan. Venttiilin tarkoituksena oli pitää mitattava paine vakaana tulosten kirjaamisen ajan. Anturiin ja painemittariin kytkettiin tarvittavat käyttöjännitteet jännitelähteestä, sekä anturin ulostuloon liitettiin jännitemittari mittaamaan tuloksia. (ks. kuvio 7 ja 8)



KUVIO 7 – Mittauskytkentä



KUVIO 8 – Anturi liitettynä testipenkkiin

4.3 Mittaustilanne

Anturiin syötettiin +5,05 V jännite. Anturin +Vo ja –Vo jalkoihin kiinnitetyllä yleismittarilla mittasimme ulostulevaa signaalia, jonka jännite vaihteli välillä 0-150 mV. Mitattava jännite oli anturin antama arvo vastaavasta ilmanpaineesta. Tutkimme tätä arvoa eri ilmanpaineessa, joiden perusteella piirsimme anturin ulostulojännitteen paineen funktiona. Ilmanpainetta systeemissä muutettiin suulla putken päätä imemällä/puhaltamalla, paine vakautettiin sulkemalla venttiili.

Mittauksissamme otimme huomioon ympäristön ilmanpaineen, joka mittaustilanteessa oli <http://weather.jyu.fi> sivun mukaan 993,7 mbar. Ilmanpaine pysyi tasaisena koko mittaustilanteen ajan. Tämä ei luonnollisestikaan ollut paras, saatikka kovin luotettava tapa luokkamme todellisen ilmanpaineen määrittämiseksi, mutta toisaalta tällä ei ole suurempaa merkitystä saatujen tulosten perusteella piirretyn kuvaajan muotoon.

Tarkempi tutkimus jälkeenpäin osoitti, että digitaalisen painemittarin näyttämän olisi saanut nollattua vallitsevan ilmanpaineen mukaiseksi, jolloin ulkoilman paineentarkastelun olisi voinut jättää kokonaan väliin.

5 MITTAUSTULOKSET

Saatujen mittaustulosten (ks. liite 1 ja 2) perusteella piirsimme anturin ulostulojännitteen paineen funktiona (ks. liite 3). Saadut mittaustulokset ja samalla itse kuvaajakin pitää sisällään useita virhetekijöitä, kuten yleismittarin mittavirheen, anturin lineaarisuusvirheen ja referenssianturin näyttämä ja lineaarisuusvirheen. Saatua kuvaajaa ei siis voida pitää kovinkaan luotettavana, kuvasta voimme silti todeta anturin / systeemin toimivan hyvinkin lineaarisesti.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Piirretystä kuvaajasta katsottu offset oli vain 2 mV. Vastusten resistanssi oli mittausten mukaan noin 3,36 k Ω . Anturin laskennallinen paineherkkyys oli noin 1.59 bar/(v²) [herkkyys kerrotaan syöttöjännitteellä ja mitatulla jännitteellä, vähennetään 16.43 mbar jolloin saadaan tulokseksi havaittu paine]. Anturin lineaarisuusvirheeksi saimme 0.21 %.

Anturi toimii niin kuin pitikin ja mittauksista saatujen tulosten perusteella anturi toimi datalehdellä annettujen arvojen puitteissa.

Jos anturista olisi tehty kunnollinen sovellus, olisi mitattua jännitettä hyvä vahvistaa esim. operaatiovahvistimella. Anturin jännitteensyötön tulisi olla mahdollisimman vähähäiriöinen, jolloin mitattava jännite ei heiluisi, muutoin esim. AD-muuntimen toiminta saattaa häiriintyä.

Muita mittaustilanteita varten kehittelimme kaavan: $8,0458 \text{ (mbar/mV)}/(V_{cc}/5,05 \text{ V})$
* $V_{out} \text{ (mV)} - 16,4387 \text{ (mbar)} = \text{(mbar)}$, joka on muodostettu mittaustulosten ja laskettujen arvojen perusteella. Kyseisellä kaavalla voi laskea ilmanpaineen, kun tiedämme anturin käyttöjännitteen ja anturin ulostulosta mitatun jännitteen suuruuden.

LÄHTEET

Elfa. 2006. Viitattu 12.11.2006. <http://www.elfa.se/elfa-bin/setpage?artnr=7302748>

Mikes. 2002. Viitattu 24.11.2006.

<http://www.mikes.fi/documents/upload/Painemetrologia.pdf>

National Instruments. 2005. Viitattu 16.11.2006.

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3639>

Sensorland. 2006. Viitattu 20.11.2006. <http://www.sensorland.com/HowPage004.html>

SMC, 2006. Viitattu 18.11.2006. <http://www.smcetech.com/>

TUT, Tampere University of Technology. 2006. Viitattu 16.11.2006.

<http://www.control.hut.fi/Kurssit/AS-74.3136/materials/sensors.pdf>