

VÄRÄHTELY- JA PAINEANTUREIDEN TESTAUSOHJELMAN KÄYTTÖÖNOTTO

Kalle Kemppainen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2010

Automaatioteknologia Ylempi AMK
Tekniikka ja liikenne



Tekijä(t) KEMPPAINEN, Kalle	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 14.12.2011
	Sivumäärä 95	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi VÄRÄHTELY- JA PAINEANTUREIDEN TARKASTUSOHJELMAN KÄYTTÖÖNOTTO		
Koulutusohjelma Automaatioteknologia Ylempi AMK		
Työn ohjaaja(t) RANTAPUSKA, Seppo, Yliopettaja JAMK SELOSMAA, Seppo, Koulutusvastaava JAMK		
Toimeksiantaja(t) TAMMENOJA, Mika, Product Manager Metso Paper		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Analysis Services osasto tuottaa mittauspalveluja Metso Paper:n asiakkaille ja tuotekehitykselle. Mittauspalvelujen ollessa osa laatujärjestelmää, tulee käytettävät mittalaitteet tarkastaa niille määritellyn ohjeen mukaisesti. Värähtelyantureiden ja dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa käytetty ohjaus- ja mittauslaitteen komponenttien vikaantuminen aiheutti sen, että tarkastusten suorittaminen vanhalla laitteistolla kävi mahdottomaksi. Tästä syystä osastolle tarvittiin uusi korvaava järjestelmä hoitamaan tätä tehtävää.</p> <p>Sähköhydraulisen tärhistimen ohjaus sekä tarkastettavien antureiden mittaaminen päätettiin toteuttaa tietokonepohjaisesti, kuten osaston muutkin mittaukset. Työssä määriteltiin uudelle tarkastusohjelmalle tiettyjä vaatimuksia jotka sen on täytettävä, jotta se soveltuu antureiden tarkastuskäyttöön. Samalla kun tarkastuksia varten luotiin uutta ohjelmaa, siihen oli hyvä lisätä myös staattista painetta mittaavien antureiden tarkastus, koska kaikki kolme edellä mainittua anturiryhmää tulee tarkastaa kerran vuodessa. Näin antureista saataisiin kätevästi tallennettua mittaustulokset laatujärjestelmää varten yhteen paikkaan.</p> <p>Työ suoritettiin varsinaisen tarkastustoiminnan ohella, samalla testaten tarkastusohjelman toimintaa. Tämä aiheutti aikataulullisia haasteita, koska useamman henkilön työajat täytyi sovittaa tarkastustoimintaa tukevasti. Työ aloitettiin kesän alussa ja suoritettiin loppuun syksyn 2010 kuluessa.</p> <p>Työn ohessa tarkastuksista laadittiin ohjeet, joissa käytettävä laitteisto on kuvattuna, sekä asetukset kirjattuna. Lisäksi työstä löytyy perusteet värähtely ja painemittauksista, jotka helpottavat uuden henkilön kouluttamista tarkastustehtäviin.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Värähtelymittaus, painemittaus, tarkastus, ohjeet		

Muut tiedot		
Author(s) KEMPPAINEN, Kalle	Type of publication Master's Thesis	Date 14.12.2011
	Pages 95	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title COMMISSIONING OF VIBRATION- AND PRESSURESENSOR TEST SYSTEM		
Degree Programme Master's Degree Programme in Automation Technology		
Tutor(s) RANTAPUSKA, Seppo, Principal Lecturer JAMK SELOSMAA, Seppo, Program Coordinator JAMK		
Assigned by TAMMENOJA, Mika, Product Manager Metso Paper		
Abstract <p>Analysis Services is providing measurement services for Metso Papers customers and product development unit. Measurement services are part of a quality system and therefore all measuring equipment must be checked every year by the instructions granted. Measure equipment and some external parts of it are badly damaged, so using it to test vibration sensors and dynamic pressure sensors would be impossible. So therefore Analysis Services would need a new device to be used as a main unit in testing protocol.</p> <p>Controlling of the electric- hydraulic vibrator and measuring signals from sensors, decided to be used by computer based software as are all measurement done in Analysis Services. First thing to do was determine requirements that the software would need to function properly. When software was created it should be used also testing of a static pressure sensors. All the three sensor groups are tested once in a year, so this way all test results are easy to save and archive.</p> <p>Thesis was done side by side with testing of the sensors. Also software testing was done at the same time. This was challenging, because time tables had to be fixed in the way that all the sensors are tested in the reasonable amount of time. All the work was started at the summertime and work was done at the autumn.</p> <p>While doing thesis instructions of the sensor testing were made. Instructions retain information of all the equipment which are used and settings. Thesis also contains information about vibration measurement and pressure measurement, so it would be useful when new testing personnel is trained.</p>		
Keywords Vibration measurement, pressure measurement, testing, manual		
Miscellaneous		

Sisältö

1. Työn lähtökohdat.....	6
1.1. Työn tilaaja	6
1.1.1. Metso Konserni.....	6
1.1.2. Metso Paper.....	7
1.1.3. Analysis Services-osasto.....	8
1.2. Työn tausta ja tavoitteet	9
2. Antureiden tarkastukset.....	10
2.1. Miksi mittalaitteita tarkastetaan?.....	10
3. Värähtely- ja painemittausten perusteet.....	11
3.1. Värähtelymittaukset	11
3.1.1. Värähtelymittauksen teoriaa	11
3.1.2. Värähtelyantureiden käytöstä.....	16
3.2. Painemittaukset	17
3.2.1. Painemittauksen teoriaa	17
3.2.1.1. Staattinen paine	19
3.2.1.2. Dynaaminen paine	20
3.2.2. Paineantureiden käytöstä.....	20
4. Mitattavan suureen muodostaminen testauksiin.....	22
4.1. Värähtelysignaalin muodostaminen	22
4.2. Dynaamisen painesignaalin muodostaminen	23
4.3. Staattisen painesignaalin muodostaminen	24
5. Antureiden tarkastus aikaisemmin.....	25
5.1. Antureiden vanhat tarkastusohjeet ja tarkastustapahtuma.....	25

	2
5.1.1. Värähtelyanturit	25
5.1.1.1. Värähtelyantureiden vanhat tarkastusohjeet	25
5.1.1.2. Värähtelyantureiden tarkastustapahtuma.....	26
5.1.1.3. Värähtelyantureiden vanha tarkastuslaitteisto	27
5.1.2. Dynaamista painetta mittaavat anturit	28
5.1.2.1. Dynaamista painetta mittaavien antureiden vanha tarkastusohje	28
5.1.2.2. Dynaamisten paineantureiden tarkastustapahtuma.....	28
5.1.2.3. Dynaamisten paineantureiden tarkastuslaitteisto	29
5.1.3. Staattista painetta mittaavat anturit	31
5.1.3.1. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastusohjeet.....	31
5.1.3.2. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastustapahtuma	31
5.1.3.3. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuskalusto	33
5.1.4. Huomioita vanhasta tarkastustapahtumasta	33
5.1.4.1. Vanhat tarkastusohjeet.....	33
6. Antureiden tarkastusohjelmiston uusiminen	34
6.1. Määritykset uuden ohjelman ohjauksille ja toiminnalle	34
7. Uuden tarkastusjärjestelmän käyttö	35
7.1. Tarkastukset uudella TCA-ohjelmalla	35
7.1.1. Yleistä TCA-ohjelmasta.....	35
7.1.2. Värähtelyantureiden tarkastus.....	37
7.1.3. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastus.....	37
7.1.4. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastus.....	38
8. Tarkastustulosten arviointi	38
8.1. Värähtelyantureiden tarkastus	38
8.2. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastus.....	45

8.3.	Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastus	47
9.	Uuden tarkastusohjelman etuja vanhaan nähden	48
9.1.	Etuja värähtelyantureiden tarkastuksessa	48
9.2.	Etuja dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa	49
9.3.	Etuja staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa	50
10.	Muita keinoja tuottaa tarkastussignaalit	51
10.1.	Värähtelyanturit	51
10.2.	Dynaamista painetta mittaavat anturit	52
10.3.	Staattista painetta mittaavat anturit	52
11.	Työn ja tulosten arviointi.....	52
LÄHTEET		55
LIITTEET		57
LIITE 1.	PCB-antureiden testauskaavio/ohje.	57
LIITE 2.	Paineantureiden tarkastusohje.....	58
LIITE 3.	TCA-ohjelman ohje.....	59
LIITE 4.	Värähtelyantureiden tarkistaminen.....	68
LIITE 5.	Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastusohje	80
LIITE 6.	Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastusohje	90

KUVIOT

KUVIO 1. Metso konsernin liiketoimintalinjat (Metso. 2010.)	6
KUVIO 2. Liikevaihto asiakasteollisuuksittain (Metso. 2010.)	7
KUVIO 3. Kalibroinnin jäljitettävyys (Jani Löytänä. 2002.).....	11
KUVIO 4. Jousi-massasysteemin pisteen a värähtelyn esittäminen aikatasossa (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000)	12
KUVIO 5. Jousi-massasysteemin pisteen a siirtymä, nopeus ja –kiihtyvyys (ABB:n TTT- käsikirja 2000-07. 2000.).....	13
KUVIO 6. Yleisimmät, värähtelysignaaliin liittyvät parametrit. (ABB:n TTT-käsikirja 2000- 07. 2000.)	14
KUVIO 7. Kolmesta siniaallosta koostuva värähtelysignaali aika- ja taajuustasossa. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-7. 2000.).....	15
KUVIO 8. Analysis Servicen värähtelyanturit.....	17
KUVIO 9. Paineen tasojen esitys. (Kalle Kemppainen. 2004.)	18
KUVIO 10. Hydrostaattinen paine. (Kalle Kemppainen. 2004.).....	19
KUVIO 11. Staattisen - ja dynaamisen paineen mittaamiseen tarkoitettuja antureita.....	21
KUVIO 12. Sähköhydraulinen tärustin.....	22
KUVIO 13. Tärustin paineenmittauskäytössä.	23
KUVIO 14. Käsipumppu	24
KUVIO 15. Genrad Computer-Aided Test System2515-analysaattori.	27
KUVIO 16. I/O-box.	29
KUVIO 17. DasyLab-ohjelman mittauskytkennät dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa.....	30
KUVIO 18. DasyLab-ohjelma mittauskäytössä.....	30
KUVIO 19. Beamex-kalibraattori.	33
KUVIO 20. Z-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio.	39
KUVIO 21. Z-suunnan ylärajataajuuden aikatasosignaali.	39
KUVIO 22. Z-suunnan ylärajataajuuden vaihesiirto.	40
KUVIO 23. Z-suunnan ylärajataajuuden spektri.	40

KUVIO 24. Y-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio.	41
KUVIO 25. X-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio.	41
KUVIO 26. Z-suunnan alarajataajuuden taajuusvastefunktio.	42
KUVIO 27. Z-suunnan aikatasosignaali.....	42
KUVIO 28. Z-suunnan alarajataajuuden vaihesiirto.	43
KUVIO 29. Z-suunnan alarajataajuuden spektri.	43
KUVIO 30. Y-suunnan alarajataajuuden taajuusvastefunktio.	44
KUVIO 31. X-suunnan alarajataajuuden taajuusvastefunktio.	44
KUVIO 32. Dynaamista painetta mittaavan anturin taajuusvastefunktio.	45
KUVIO 33. Dynaamista painetta mittaavan anturin signaali aikatasossa.....	46
KUVIO 34. Dynaamista painetta mittaavan anturin vaihesiirto	46
KUVIO 35. Dynaamista painetta mittaavan anturin spektri.	47
KUVIO 36. Staattista painetta mittaavan anturin kalibrointikäyrä.	47
KUVIO 37. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastustiedot.	50

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Värähtelymittauksen suureita ja yksiköitä.....	13
TAULUKKO 2. Paineen mittaamiseen käytettäviä yksiköitä.	18
TAULUKKO 3. Värähtelyantureiden tarkastuksesta kirjatut tiedot vuonna 2008.....	49
TAULUKKO 4. Anturin SN. 2227 tarkastustulokset 2008.	50

1. Työn lähtökohdat

1.1. Työn tilaaja

1.1.1. Metso Konserni

Metso-konserni on prosessiteollisuuden koneiden ja järjestelmien, sekä huolto- ja asiantuntijapalvelujen maailmanlaajuinen toimittaja. Metso muodostui, kun Valmet ja Rauma yhdistyivät 1.7.1999. Valmet oli paperi- ja kartonkikonevalmistaja, sekä automaatiolaitteiden valmistaja. Rauman toiminta keskittyi kuituteknologiaan, kivenmurskaukseen ja virtauksensäätöratkaisuihin. Sulautumisen seurauksena syntyi kansainvälinen prosessiteollisuutta palveleva laitetoimittaja. Metsossa työskenteli vuonna 2009 yhteensä 27 000 henkilöä yli 50 maassa ja osakkeet noteerataan NASDAQ OMX Helsinki Ltd. – pörssissä. (Metso. 2010.)

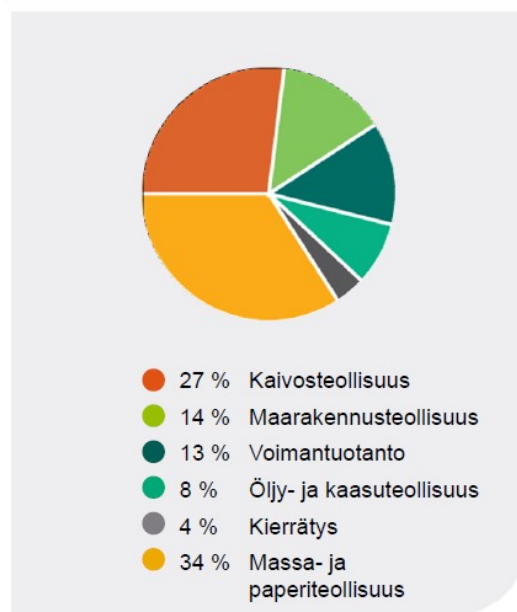
Metso on jaettu kolmeen pääliiketoimintosegmenttiin (ks. KUVIO 1). Kaivos- ja maanrakennusteknologia, energia- ja ympäristötekniologia, sekä paperi- ja kuituteknologia. (Metso. 2010.)



KUVIO 1. Metso konsernin liiketoimintalinjat (Metso. 2010.)

Metson merkittävimmät asiakkaat toimivat kaivosteollisuudessa, maarakennusteollisuudessa, voimantuotannossa, öljy- ja kaasuteollisuudessa, kierrätyksessä sekä massa- ja paperiteollisuudessa. Segmenttien yhteenlaskettu liikevaihto oli vuonna 2009 5,0 miljardia euroa, ja se jakautui seuraavasti eri asiakasryhmien kesken (ks. KUVIO 2.). (Metso. 2010.)

Liikevaihto asiakasteollisuuksittain



KUVIO 2. Liikevaihto asiakasteollisuuksittain (Metso. 2010.)

1.1.2. Metso Paper

Paperi- ja kuitusegmentin asiakkaita ovat paperin, kartongin sekä hienopaperin valmistajat. Lisäksi segmentti palvelee mekaanisen- ja kemiallisen massan valmistajia. Asiakkaille segmentti toimittaa tuotantolinjoja, koneita ja laitteita, sekä asiantuntija- ja huoltopalveluita. Uutena tuotteena segmentti toimittaa paperikonekudoksia.

Paperi- ja kuituteknologialinja on jaettu kolmeen palveluliiketoimintalinjaan, joista kukin tarjoaa kokonaisvaltaista palvelua asiakkailleen aina koko prosessin elinkaaren ajan

uusista tuotantolinjoista ja linjojen uudistuksista, palvelu- ja huoltotoimintoihin saakka. Segmentit ovat seuraavat:

- Paperit-liiketoimintalinja
- Kuidut-liiketoimintalinja
- Pehmopaperit-liiketoimintalinja

Paperit-liiketoimintalinja on oman alansa johtava palveluntarjoaja paperi- ja kartonkiteollisuudelle. Maailmanlaajuisen läsnäolon ja paikallisten huoltokeskusten kautta, liiketoimintalinja toimittaa asiakkailleen heidän tarvitsemansa huolto- ja prosessien tehostamispalvelut, koneuudistukset, sekä uudet tuotantolinjat.

Pehmopaperit-liiketoimintalinja tarjoaa asiakkailleen palveluita pehmopapereiden tuotantoon erikoistuneille asiakkaille. Kuidut-liiketoimintalinja tarjoaa mekaanisten- sekä kemiallisten massojen valmistajille siihen tarvittavaa teknologiaa. (Metso. 2010.)

1.1.3. Analysis Services-osasto

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Analysis Services-osasto, joka toimii Jyväskylästä käsin ympäri maailmaa, tarjoten monipuolisia mittaus- ja analyysipalveluja, niin paperi- ja kuituteknologia segmentin sisällä, kuin ulkoisillekin asiakkaille. Palvelut sisältävät mittauksia omilla mittalaitteilla ja antureilla, tiedonkeruun automaatiojärjestelmästä, mitatun tiedon analysoinnin ja raportoinnin, sekä toimenpidesuositukset. Mittauksia tehdään tyypillisesti paperi- ja kartonkikoneilla ympäri maailmaa. Tyypillisimpiä mittauksia ovat paperiradan kosteus- ja lämpötilamittaukset poikkisuunnassa, värähtelymittaukset, lyhyenkierron pulsaatiotutkimukset, koneanalyysit ja optimoinnit, pullonkaula-analyysit sekä erilaiset erikoisosaamista vaativat tuotekehityksen mittaukset.

Pääosin suoritettavat mittaukset liittyvät erilaisiin trouble shooting-tapauksiin, jotka saattavat sisältää monia hyvin erilaisia mittauksia ja tutkimuksia. Lisäksi toimimme uusien, sekä uudistettujen paperi- ja kartonkikoneiden starteissa tukena, jotta startit sujuisivat mahdollisimman kitkattomasti. Usein mittaamaamme tietoa käytetään linjan takuu- ja referenssiarvojen määrittämiseen. Lisäksi teemme paljon erilaisia mittauksia tuotekehityksellemme, jotka liittyvät uusien prosessi- sekä rakenneratkaisujen

mittaustarpeeseen. Tämä edellyttää usein uusien mittausten menetelmien kehittämistä ja laitteiden hankintaa.

Lisäksi Analysis Servicellä on oma laboratorio, jossa analysoidaan ja mitataan standardoiduilla menetelmillä paperi- ja kartonkinäytteitä. Analyysien tulokset tallennetaan tietokantoihin, jotka sisältävät mittauksia yli 25 vuoden ajalta, yli 1000:lta paperi- ja kartonkikoneelta ympäri maailman. Nämä tietokannat ovat ainutlaatuisia ja ne sisältävät tunnuslukuja paperin ja kartongin laatuun vaikuttavista tekijöistä.

1.2. Työn tausta ja tavoitteet

Nykyisin laatu järjestelmät ovat olennainen osa yritystä ja sen toimintaa.

Laatujärjestelmään liittyvät olennaisena osana yrityksen käyttämien mittalaitteiden tarkkuus ja luotettavuus. Mittauspalveluja tuottavana osastona, Analysis Servicen on tarkastettava erilaisissa mittauksissa käytettävien antureiden kunto ja todettava niiden oikea toiminta vuosittain. Pelkkä tarkastustoiminta sitoo useita työntekijöitä viikoiksi suorittamaan tätä tehtävää jolloin se syö aikaa muilta työtehtäviltä ja aiheuttaa osastolle yleiskustannuksia. Eniten työtä teettävät erilaisten paine- sekä värähtelyantureiden tarkastustoiminta, jota on suoritettu pääpiirteiltään samanlaisin keinoin, sekä tarkastajan parhaaksi katsomalla tavalla, noudattaen tiettyjä peruseräaikoja.

Suurin osa värähtelyantureistamme on kolmeen suuntaan mittaavia antureita, eli niillä on mahdollista mitata värähtely samaan aikaan X,Y ja Z suunnassa. Antureiden kolmen suunnan tarkastaminen ylä- ja alarajataajuuksineen, on vienyt kahdelta henkilöltä aikaa keskimäärin neljä viikkoa erilaisten testausasetusten, sekä -kaluston takia. Pitkän tarkastukseen käytettävän ajan vuoksi työtä on usein jouduttu tekemään osissa, joka on vaikeuttanut ja hidastanut sitä vielä lisää. Lisäksi antureiden tarkastustietojen kirjaaminen järjestelmään, on jouduttu tekemään kahteen kertaan; ensin paperille varsinaisen tarkastustyön yhteydessä ja sen jälkeen tietojen syöttäminen tietokantoihin.

Käytössä olevia paineantureita löytyy kahta eri tyyppiä. Staattista ja dynaamista painetta mittaavia antureita. Antureiden tarkastus tapahtuu eri tavalla. Jotta kaikkien antureiden tarkastaminen onnistuu, on tarkastavan henkilön opeteltava molemmat

tarkastusmenetelmät. Antureiden suuren määrän ja useiden painealueiden vuoksi työtä riittää pitkäksi aikaa. Myös paineantureiden tarkastamisessa kaikki kirjataan ensin paperille ja sen jälkeen tietokantoihin.

Työn aiheena oli tarkastusjärjestelmän päivitys värähtelylaitteiston ohjauksen, mittauksen ja tiedonkeruun osalta. samalla ohjelmaan luotiin tarkastuspohja staattista - ja dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastusta varten. Työn tarkoituksena on saada tarkastus sujumaan nopeammin, helpommin ja joka kerta uusien, työn ohessa laadittujen ohjeiden mukaisesti. Tällä olisi jo kustannustehokkaasti ajatellen suuria vaikutuksia tarkastukseen kuluvaan aikaan mietittäessä. Näin tarkastuksiin saataisiin aikaiseksi vuosittain noudatettava rutiini, joka olisi mahdollisimman yhtenäinen. Lisäksi työssä tulisi miettiä, saavutettaisiinko testausjärjestelmän muuttamisella mitään etuja vanhaan järjestelmään nähden.

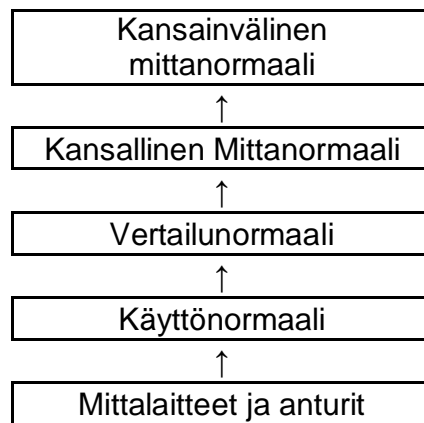
2. Antureiden tarkastukset

2.1. Miksi mittalaitteita tarkastetaan?

Kansainvälinen kauppa, ISO-9001 laatujärjestelmä, tuotteiden laatu ja toimintavarmuus asettavat yhä suurempia vaatimuksia yrityksessä suoritettavalle mittaustoiminnalle.

Metso Paperilla on kansainvälisen laatustandardin mukainen SFS ISO 9000- laatujärjestelmä, joka edellyttää mittausvälineiden säännöllistä tarkastamista.

Toiminnan tarkoituksena on varmistaa mittausten luotettavuus ja tarkkuus. Keskeinen osa mittausvälineitä koskevaa laatujärjestelmää on kalibroinnin jäljitettävyyshetju (ks. KUVIO 3.), jolla varmistetaan, että yksittäisillä antureilla tai laitteilla suoritettut mittaukset voidaan jäljittää aina kansainväliseen mittanormaaliin saakka. (Jani Löytänä. 2002.)



KUVIO 3. Kalibroinnin jäljitettävyys (Jani Löytänä. 2002.)

Analysis Servicen mittalaitteille ei suoriteta varsinaista kalibrointia. Riittävä varmuus tulosten oikeellisuudesta saadaan mittalaitteiden toimintakunnon säännöllisellä tarkistamisella, tarkastusten dokumentoinnilla ja havaittujen puutteiden välittömällä korjaamisella. Tarkastuksella tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on määrittää mittausvälineiden epätarkkuus. (Jani Löytänä. 2002.)

Erona kalibrointiin on se, että vertailuanturina käy luotettava, jatkuvasti tarkistettu anturi. Jokaiselle tarkastuksen piiriin kuuluvalla mittausvälineelle on määrätty tarkastusjakso eli aika, jonka kuluttua sitä ei enää saa käyttää mittauksiin ilman uutta tarkastusta. (Jani Löytänä. 2002.)

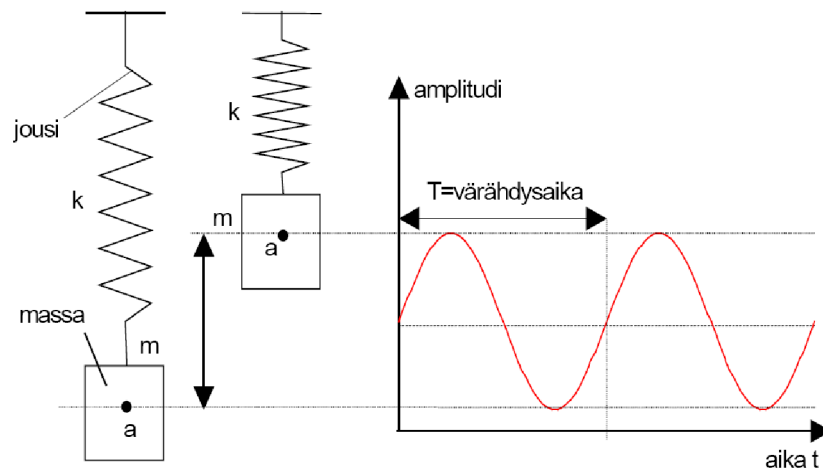
3. Värähtely- ja painemittausten perusteet

3.1. Värähtelymittaukset

3.1.1. Värähtelymittauksen teoriaa

Värähtely on teoreettisesti tarkasteltuna suureen arvon vaihtelua ajan suhteen.

Mekaanisessa värähtelyssä kappale tai sen osa liikkuu edestakaisin tasapainoasemansa molemmin puolin. Tällöin puhutaan usein myös värähtelystä, jolla tarkoitetaan kiinteän aineen mekaanista värähtelyä. Värähtelevää kappaletta voidaan kuvata tai mallintaa jousi-massasysteemillä. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)



KUVIO 4. Jousi-massasysteemin pisteen a värähtelyn esittäminen aikatasossa (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000)

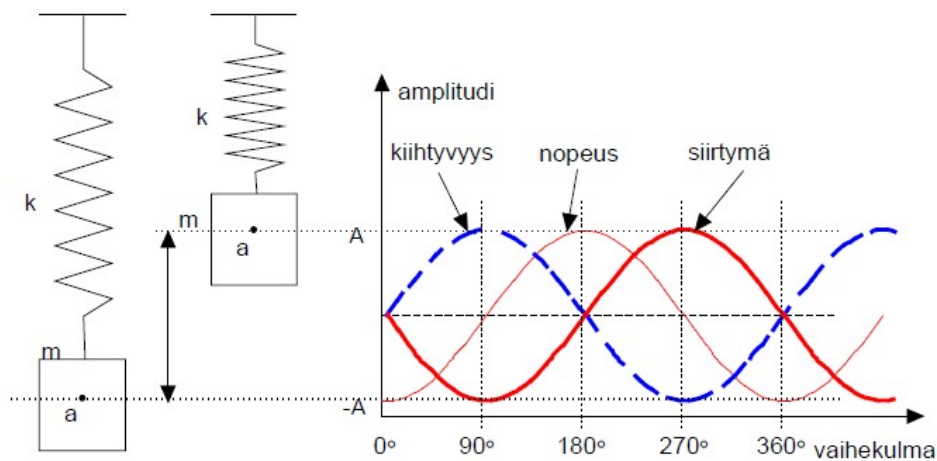
Massa m liikkuu tasapainoasemansa molemmiin puolin käyden maksimissaan sekä positiivisella, että negatiivisella puolella kerran värähdysliikkeen aikana (ks. KUVIO 4.). Yhden värähdysliikkeen aikana massa palaa takaisin lähtöasemaansa ja siihen muodostuu sinikäyrä, josta voidaan käyttää myös nimitystä aikatasosignaali. Värähdysaikaa T vastaa vaihekulma $= 360^\circ$ eli $= 2\pi$ rad. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)

Edellä esitetyn siirtymän lisäksi muita värähtelymittauksissa käytettäviä suureita ovat nopeus, kiihtyvyys, taajuus, pyörimisnopeus, vaihekulma sekä jakso (ks. TAULUKKO 1.). Värähtelymittauksissa käytetään paljon kiihtyvyyssantureita eli niistä saatava signaali on verrannollinen vastaanotettuun kiihtyvyyteen. Kiihtyvyyssanturilla mitattu suure voidaan muuttaa nopeudeksi tai siirtymäksi, käsittelemällä sitä matemaattisesti. Nopeus saadaan integroimalla kiihtyvyys kertaalleen ja siirtymä joko integroimalla kiihtyvyys kahteen kertaan tai nopeus kertaalleen ajan suhteen (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)

Mitattava suure	lyhenne	Yksikkö
Siirtymä	s	μm
Nopeus	v	mm/s
Kiihtyvyys	a	m/s^2 tai $g=9.81\text{m/s}^2$
Vaihekulma	ϕ	Aste ($^\circ$) tai radiaani ($360 = 2\pi$ rad)
Taajuus	f	Hz
Pyörimisnopeus	n	1/min, rpm, 1/s

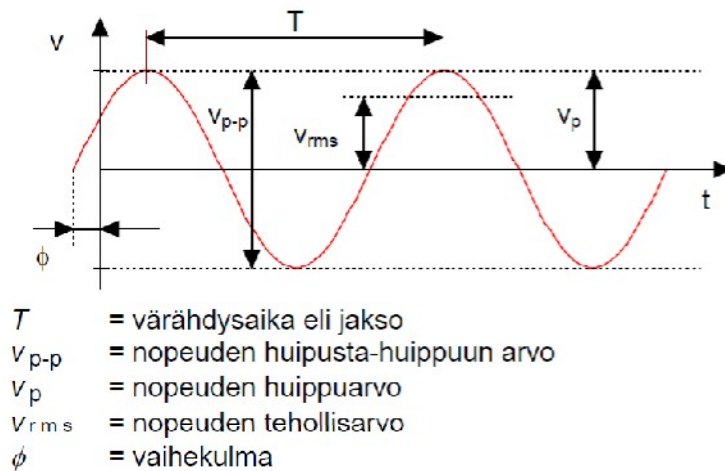
TAULUKKO 1. Värähtelymittauksen suureita ja yksiköitä.

Seuraavassa nähdään (ks. KUVIO 5.), että siirtymän nopeuden ja kiihtyvyyden kuvaajien muoto on samanlainen. Vaihekulmat sen sijaan poikkeavat toisistaan siten, että kiihtyvyys on 90 astetta nopeutta edellä ja nopeus edelleen 90 astetta siirtymää edellä. Vaikka kaikkien käyrien amplitudit on piirretty samankorkuisiksi, niiden yksiköt eivät kuitenkaan vastaa toisiaan. Värähtelyn mittaus siirtymänä ilmaisee kohteen sijainnin suhteessa vertailupisteeseen. Vastaavasti värähtelyn mittaaminen nopeutena ilmaisee kappaleen kulkeman siirtymän tietyn ajan hetken suhteen. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)



KUVIO 5. Jousi-massasysteemin pisteen a siirtymä, nopeus ja -kiihtyvyys (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)

Seuraavassa on kuvattu tärkeitä ja yleisimpiä värähtelysuureisiin liittyviä parametreja (ks. KUVIO 6.) nopeuskuvaajan avulla ilmaistuna. Samoja parametreja voidaan käyttää myös siirtymälle ja kiihtyvyydelle. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)



KUVIO 6. Yleisimmät, värähtelysignaaliin liittyvät parametrit. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)

- Huippuarvo kertoo aikatasosignaalin itseisarvoltaan suurimman arvon.
- Huipusta-huippuun arvo kertoo suurimman ja pienimmän arvon erotuksen ja on yleensä n. kaksinkertainen huippuarvoon verrattuna.
- Tehollisarvolla on yhteys tärinän sisältämään tehoon. Se kuvaa hyvin tärinän vaarallisuutta ja on yleisimmin käytössä Euroopassa. Siniaallolle tehollisarvo on huippuarvo jaettuna 2 eli 0.707 kertaa huippuarvo. Kun signaalin muoto poikkeaa sinistä, ei suhdeluku myöskään ole enää sama.
- Vaihekulma kertoo jakson kohdan, johon värähtely on edennyt vertailukohtasta.

Värähtelyn taajuus kertoo kuinka monta värähdysliikettä sekunnissa tapahtuu.

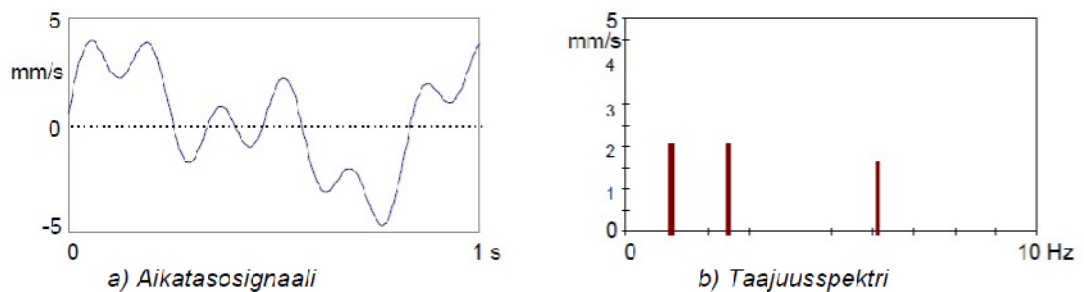
Taajuudesta käytetään lyhennettä f ja sen yksikkö on Hz, joka on $\frac{1}{s}$. taajuuden määrittämiseksi aikatasosignaalista tarvitaan seuraavia yhtälöitä:

$$f = \frac{1}{t}, \text{ jossa } f \text{ on taajuus ja } t \text{ on värähdysaika.}$$

$$f = \frac{n}{t}, \text{ jossa } f \text{ on taajuus, } n \text{ on pyörähdysten lukumäärä ja } t \text{ on aika. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)}$$

Värähtelymittaukset voidaan esittää, joko taajuustasossa tai aikatasossa (ks. KUVIO 7.). Kuitenkin käytännön värähtelymittauksissa aikatasoisen signaalin käyttö tulosten esittämisessä on harvinaista ja suurin osa tuloksista esitetäänkin taajuustasossa. Esimerkiksi mitattaessa jonkin koneen osan värähtelyä, aikatasosignaali on vaikea erottaa yksittäisiä värähtelykomponentteja. Mittauspisteeseen tulee usean eri komponentin värähtelyä, joten on järkevää tarkastella mittausta taajuustasossa. Taajuustasoesityksestä käytetään nimitystä taajuusspektri. Aikatasosignaali muutetaan yleensä taajuusspektriä matemaattisella FFT (Fast Fourier Transform) muunnoksella. Yleisesti käytössä olevat analysointit ja tietokoneohjelmistot tekevät FFT-laskennan automaattisesti. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)

On kuitenkin muistettava, että joissain tapauksissa aikatasosignaalia seuraamalla saadaan sellaista tietoa, joka ei näy spektrissä. Tällaisia tilanteita ovat mm. trendipiirrot sekä anturin oikean toiminnan tarkastaminen aikatasoista mittaussignaalia tarkkailemalla. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)



KUVIO 7. Kolmesta siniaallosta koostuva värähtelysignaali aika- ja taajuustasossa. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-7. 2000.)

Taajuustasoesityksen selkeys korostuu myös tilanteissa, joissa aikatasosignaalia ei ole suodatettu ollenkaan. Kuvaaja voi olla leveää viivaa, josta on vaikea lukea, sisältäkö signaali ainoastaan säännöllisesti toistuvia jaksoja vai onko siihen sekoittunut satunnaisia häiriöitä tai kohinaa. FFT-muunnoksen jälkeen jaksollisesti toistuvat ilmiöt ovat hyvin havaittavissa. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. 2000.)

3.1.2. Värähtelyantureiden käytöstä

Analysis Services käyttää värähtelyantureita rakenneanalyysiin, eli tutkittavien kappaleiden tai rakenteiden dynaamisten ominaisuuksien määrittelyyn. Karkeasti ryhmiteltynä värähtelymittaukset voidaan jakaa prosessimittauksiin, tuotekehitykselle tehtäviin teknologiamittauksiin, kuntotesteihin sekä värähtelyongelmien ratkaisuun tehtäviin mittauksiin. Lisäksi värähtelymittauksilla tarkistetaan myös eri koneenosille annettujen värähtelytakuarvojen täyttyminen. (Ari-Pekka Torkkeli. 2004.)

Analysis Servicen värähtelymittauksissa käytetään lähes poikkeuksetta kiihtyvyyssantureita. Niiden toiminta perustuu Newtonin toiseen lakiin ($F=m \cdot a$), ja näin ollen anturilla on mahdollista mitata maan vetovoimaan verrattavaa absoluuttista signaalia. Yleensä anturissa on pietsosähköiseen kiteeseen kiinnitetty massa, joka värähdellessään aiheuttaa kiteeseen kiihtyvyyteen verrannollisen varauksen.

Kiihtyvyyssantureiden hyvinä puolina on niiden pieni koko, laaja mittausalue ja edullinen hinta. Yleensä anturit kiinnitetään mitattavaan kohteeseen magneetilla, mutta kiinnitys voi tapahtua myös liimaamalla, mehiläisvahalla tai ruuvilla. (Ari-Pekka Torkkeli. 2004.)

Analysis Servicen käytössä kahta erilaista anturityyppiä, joskin antureiden malli vaihtelee. Anturityypit ovat yhteen suuntaan mittaavat anturit ja kolmeen suuntaan mittaavat anturit. Seuraavassa kuviossa (ks. KUVIO 8.) esitetyistä antureista vasemmalta alkaen, kolme ensimmäistä on yhteen suuntaan mittaavia ja kaksi viimeistä kolmeen suuntaan mittaavia. Lisäksi alla olevasta kuvioista on todettavissa, että anturin koko ei ole sidoksissa anturin mittaamien suuntien määrään, kuitenkin anturin koko vaikuttaa sen ominaisuuksiin leveällä taajuuskaistalla, vaimentamalla hieman tiettyjä taajuuksia joko ala- tai yläpäästä mittausaluetta.

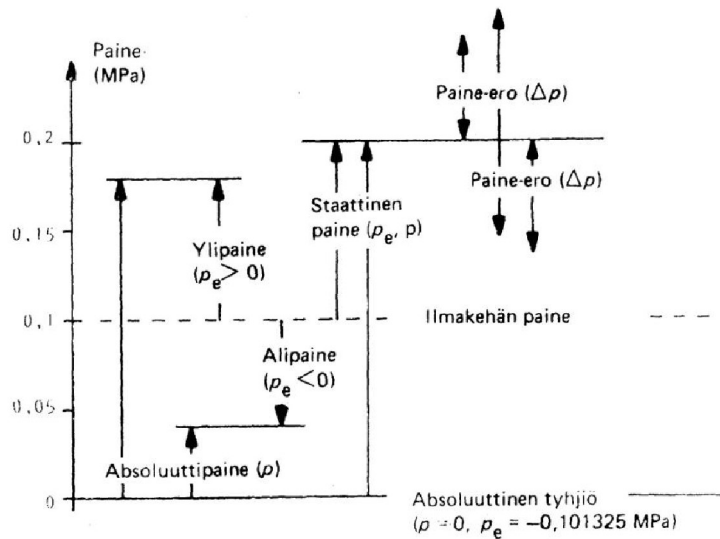


KUVIO 8. Analysis Servicen värähtelyanturit.

3.2. Painemittaukset

3.2.1. Painemittauksen teoriaa

Paine on pintaan kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa pinta-alayksikköä kohti. Paine on luonteeltaan absoluuttinen fysikaalinen suure. Sen arvo on nolla täydellisessä tyhjiössä (ks.KUVIO 9.). Yleensä tilan painetta verrataan ilmanpaineeseen. Tilan absoluuttipaineen ollessa suurempi kuin ilmanpaine, vallitsee ylipaine ja absoluuttipaineen ollessa pienempi kuin ilmanpaine, vallitsee alipaine (ks. KUVIO 9.). (Kalle Kempainen. 2004.)



KUVIO 9. Paineen tasojen esitys. (Kalle Kemppainen. 2004.)

Paine syntyy, kun kaasumolekyylit ovat jatkuvassa liikkeessä ja liikkuvat suoraviivaisesti, kunnes törmäävät toisiinsa tai astian seinämään. Se, kuinka suuren paineen ne saavat aikaan, on riippuvaista molekyylien massasta, liikenopeudesta, suunnasta ja lukumäärästä tilavuusyksikköä kohti. (Kalle Kemppainen. 2004.)

Paine ilmoitetaan SI-järjestelmän yksikköön perustuvalla yksiköllä Pascal. Seuraavassa paineen kaava $P = \frac{N}{m^2} = Pa$, jossa:

- N = voima
- M^2 = pinta-ala

Painetta mitataan myös muilla yksiköillä (ks. TAULUKKO 2.). Näistä yksiköistä yleisimmin käytetty on bar. (Kalle Kemppainen. 2004.)

Nimi	Yksikkö	paine pascal:a
bar	1 bar	100 kPa
mbar	1 mbar	100 Pa
torr	Hgmm	133.3 Pa
atm	1 atm	101.25 Kpa

TAULUKKO 2. Paineen mittaamiseen käytettäviä yksiköitä.

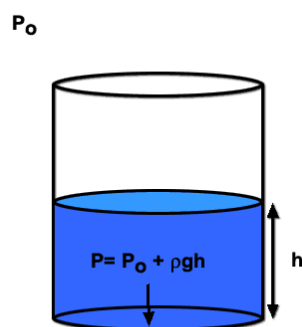
3.2.1.1. Staattinen paine

Staattinen paine tarkoittaa ilmakehässä, mittauskohdan yläpuolella olevan ilmassan painosta johtuvaa painetta. Kuten ilmapatsas aiheuttaa ilmanpaineena tunnetun paineen, samoin nestepatsas aiheuttaa ns. hydrostaattisen paineen sen alapuolella olevaan nestekerrokseen. (Kalle Kemppainen. 2004.)

Hydrostaattisen paineen suuruus riippuu tarkastelupaikan yläpuolella olevan vapaan nestepinnan korkeudesta ja aineen tiheydestä. Hydrostaattinen paine on eräs staattisen paineen erikoistapaus. (Kalle Kemppainen. 2004.)

Hydrostaattinen paine on riippuvainen nestepatsaan painosta, joka on taas riippuvainen patsaan korkeudesta ja nesteen tiheydestä. Hydrostaattinen paine ei ole riippuvainen astian muodosta, vaan ainoastaan patsaan korkeudesta. Yleisesti paine nestepatsaan alla on $P = P_0 + \rho gh$ (ks. KUVIO 10.), jossa:

- P_0 = ulkoinen paine
- ρ = nesteen tiheys
- g = maan vetovoiman kiihtyvyys
- h = nestepatsaan korkeus



KUVIO 10. Hydrostaattinen paine. (Kalle Kemppainen. 2004.)

Nesteen sisällä olevassa pisteessä paine on suunnasta riippumaton eli kaikkiin suuntiin yhtä suuri. Paineen ilmoittamiseen riittää siten yksi lukuarvo ja siihen kuuluva yksikkö. Tästä syystä paine on skalaarisuure, vaikka se esitetään usein nuolilla. (Kalle Kemppainen. 2004.)

3.2.1.2. Dynaaminen paine

Dynaaminen paine on nesteen liikkeestä johtuva paine. Kokoonpuristumattomassa nesteessä dynaaminen paine määritellään seuraavasti:

Dynaaminen paine = Kokonaispaine – Staattinen paine. (Bernoulli system. 2010.)

Dynaaminen paine liittyy läheisesti hiukkasen liike-energiaan, sillä molemmat ovat suoraan suhteessa hiukkasen massaan ja nopeuden neliöön. Dynaaminen paine on yksi Bernoullin lain termeistä ja Bernoullin laki on pohjimmiltaan liikkeessä olevan fluidin energian säilymlaki. (Dynaaminen paine. 2010.)

Dynaaminen paine voidaan laskea seuraavalla kaavalla $p_{dyn} = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$, jossa:

- ρ = virtaavan aineen tiheys
- v = virtaavan aineen nopeus

3.2.2. Paineantureiden käytöstä

Analysis Services käyttää erilaisia paineantureita lyhyenkierron sekä perälaatikon alueen tutkimuksiin, hydraulipaineiden mittaamiseen tuotantokoneilta ja koekoneilta sekä koelaitteilta. Lyhyenkierron ja perälaatikon alueen tutkimuksilla on tarkoitus selvittää ajallinen vaihtelu, jota prosessissa esiintyy. Mittauksilla selvitetään syyt ja häiriömekanismit, jotka aiheuttavat konesuuntaisia neliömassavaihteluita paperiin. Hydraulipaineiden mittaukset antavat tietoa erilaisista ohjaustapahtumista mitä koneella tapahtuu häiriön sattuessa, millaisia voimia järjestelmässä on kyseisellä hetkellä, kun joku häiriö tapahtuu ja käyttäytyvätkö komponentit halutulla tavalla häiriötilanteessa.

Erilaiset paineen mittaukset suoritetaan staattista painetta mittaavilla antureilla ja dynaamista painetta mittaavilla antureilla. Antureissa on pietsoresistiiviset kiteet, joihin kohdistetaan paineen aiheuttama voima erilaisten välitinmenetelmien avulla.

Samanlaisia staattista painetta mittaavia antureita voi löytää tehtailta ympäri prosessia, kiinteästi asennettuina, Analysis Services on ottanut tällaiset anturit tutkimuskäyttöön.

Dynaamista painetta mittaavia antureita ei tehtailta juurikaan löydy.

Antureita on siis useilla eri painealueilla useaan eri käyttöön. Seuraavassa on esimerkkejä Analysis Servicessä käytetyistä antureista. Sekä oikealla, että vasemmalla olevat, kahdet reunimmaisiet anturit ovat tarkoitettuja staattisen paineen mittaamiseen, keskellä on dynaamista painetta mittaava anturi (ks. KUVIO 11.).



KUVIO 11. Staattisen - ja dynaamisen paineen mittaamiseen tarkoitettuja antureita.

4. Mitattavan suureen muodostaminen testauksiin

4.1. Värähtelysignaalin muodostaminen

Värähtelyantureiden täristäminen tapahtuu sähköhydraulisella täristimellä (ks. KUVIO 12.), joka on käyttöönotettu osastollamme vuonna 2004 Ari-Pekka Torkkelin toimesta ja dokumentoitu insinööryönä nimellä Värähtelyantureiden tarkastuspaikan käyttöönotto.



KUVIO 12. Sähköhydraulinen täristin.

Täristimen alkuperäinen käyttökohde oli paperikoneen runkojen täryttämisessä, johon se soveltuu hyvin suuren dynaamisen voimansa vuoksi. (Ari-Pekka Torkkeli. 2004.)

Täristintä ohjataan servojärjestelmällä, jonka keskeisin komponentti on servoventtiili.

Ohjaussignaali muutetaan hydrauliseksi viestiksi, joka ohjaa männän liikkeitä.

Ohjaussignaali voidaan tuottaa signaaligeneraattorilla tai analyysointilaiteella, jossa on saatavissa analoginen ulostulosignaali. Hydraulipaineen tuottamiseksi järjestelmä vaatii koneikon, joka liitetään täristimeen letkujen avulla. (Ari-Pekka Torkkeli. 2004.)

Järjestelmän huonona puolena on sen viemä tila ja useiden erilaisten käyttövoimakytkentöjen tarve. (Ari-Pekka Torkkeli. 2004.). Järjestelmän saattaminen käyttökuntoon ja -säätäminen on kuvattu tämän työn ohessa tehdyssä ohjeessa (ks. LIITE 4.).

4.2. Dynaamisen painesignaalin muodostaminen

Myös dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa, olennaisessa osassa on sähköhydraulinen tärustin. Täristimellä luodaan paineen muutos, jota anturit mittaavat. Täristimeen lisätään mittauksia varten paineastia ja mäntä (KUVIO 13.).

Paineastia kytketään värähtelymittauksissa käytettävän vertailuanturin tilalle ja täytetään vedellä, koska ilma ei välitä paineen muutosta tarpeeksi tehokkaasti antureille.



KUVIO 13. Tärustin paineenmittauskäytössä.

Järjestelmää ohjataan samalla tapaa, kuin värähtelyantureiden tarkastamisessa ja se vaatii värähtelymittauksissa tarvittavien kytkentöjen lisäksi veden syötön paineestialle.

Järjestelmän saattaminen käyttökuntoon ja -säätäminen on kuvattu tämän työn ohjeessa kuvatussa liitteessä (ks.LIITE 5.).

4.3. Staattisen painesignaalin muodostaminen

Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa, mitattavan paineen muodostamisessa käytetään käsipumppua (ks. KUVIO 14). Käsipumpulla tuotettu paine on häiriötöntä, koska siinä ei ole jatkuvasti liikkuvia osia, jotka saattaisivat aiheuttaa pientä heiluntaa paineeseen. Esimerkiksi kompressorilla tuotettu paine, jossa kompressorin männät aiheuttavat paineeseen pientä heiluntaa, on huono tällaisessa käytössä, siksi pumppu sopii tarkastuskäyttöön hyvin. Pumppuja on käytössä kolmea erilaista. Yhdellä luodaan alipaine, toisella paineet 0-10bar ja kolmannella luodaan paineita 0-400bar:a.



KUVIO 14. Käsipumppu

Järjestelmä ei vaadi erillistä apuenergiaa paineen tuottamiseen, joten tarkastus voidaan toteuttaa ilman erillistä tarkastuspaikkaa. Järjestelmän saattaminen käyttökuntoon ja -säätäminen on kuvattu tämän työn ohessa tehdyssä liitteessä (ks. LIITE 6.).

5. Antureiden tarkastus aikaisemmin

5.1. Antureiden vanhat tarkastusohjeet ja tarkastustapahtuma

5.1.1. Värähtelyanturit

5.1.1.1. Värähtelyantureiden vanhat tarkastusohjeet

Värähtelymittauksissa käytettävät kiihtyvyyssanturit tarkastetaan vuosittain vertailumenetelmällä, jossa niiden signaalia verrataan tunnettuun ja jäljitettävään signaaliin. Vertailuanturina käytetään muusta mittaustoiminnasta erotettua värähtelyanturia, jonka herkkyys tunnetaan valmistajan antamien tietojen perusteella. Tarkasteltavalla anturilla ja vertailuanturilla mitataan samaa taajuusisällöltään tasaisesti jakautunutta laajakaistaista, yli 1000Hz värähtelyä. (Esa Lehtovirta. 1996.)

Antureiden signaalien välisestä taajuusvastefunktiosta määritetään anturin nimellisherkkyys ja taajuuskaista, missä anturin herkkyys poikkeaa korkeintaan 10% nimellisherkkydestä. Värähtelymittauksissa ei käytetä antureita, joiden nimellisherkkyys poikkeaa enemmän kuin 10% uuden anturin nimellisherkkyystä. Myöskään antureita, joiden lineaarisuuden alarajataajuus on selvästi kohonnut, tai ylärajataajuus selvästi laskenut uuteen vastaavaan anturiin verrattuna, ei käytetä mittauksissa. (Esa Lehtovirta. 1996.)

Tiedot anturin epätarkkuudesta liittyvät käytännön mittaustilanteisiin. Jokaisella anturilla on oma yksilöllinen herkkyytensä, jolla jännitesignaali muutetaan insinööriyksiköiksi. Anturien suuren määrän vuoksi ja ajan säästämiseksi, mittauksissa käytetään kuitenkin oletuserkkyyttä 99.6mV/g, joten amplitudiin tuleva virhe on erittäin pieni. Tarkastuksilla huolehditaan myös siitä, että antureiden todelliset arvot ovat aina tiedossa, eikä mittauksen amplitudivirhe ole liian suuri. (Esa Lehtovirta. 1996.)

5.1.1.2. Värähtelyantureiden tarkastustapahtuma

Työ alkaa suorittamalla kaikkien siinä tarvittavien laitteiden kytkentä. Ensimmäisenä kytketään tärustin ja sitä ohjaava hydraulikoneikko. Seuraavana vuorossa on täristimen ohjain ja sen jälkeen kytketään mittauksissa käytettävät suodattimet ja vahvistimet. Viimeisenä kytketään vertailuanturi ja vertailtava anturi.

Yksisuuntaisissa antureissa täristäminen tehdään vain kerran ja kolmisuuntaisissa antureissa kolme kertaa, eli kerran jokaiselle suunnalle.

Varsinainen tarkastustyö alkaa sillä, että tarkastettava anturi tarkastetaan visuaalisesti. Tutkitaan kaapeli ja liittimien kunto ja tarkastetaan onko anturissa näkyviä kolhuja. Seuraavaksi anturi kiinnitetään täristimeen magneetilla, mehiläisvahalla tai pienellä ruuvilla anturissa olevien kiinnitys mahdollisuuksien mukaan, mahdollisimman keskelle lieriötä, jossa vertailuanturi sijaitsee. Anturi kiinnitetään mittaussuunnassa, joka on suoraan ylöspäin mahdollisimman tasaisesti, lisäksi anturin pohja on tarkastettava metallihippujen varalta, jotta se ei heilu. Anturin ollessa huonosti kiinni, se mittaa virheellisesti ja näin pilaa suoritettua mittauksen. Lisäksi anturin kaapelia ei saa jättää roikkumaan omalla painollaan anturista täristyksen ajaksi. Tämä saattaa muuttaa anturin asentoa kesken mittauksen, pilaten näin suoritettua mittauksen tai aiheuttaa ylimääräistä rasitusta kaapelille, joka on yksi olennainen syy antureiden rikkoontumiseen.

Ensimmäisenä antureista määritetään herkkyys, sekä ylärajataajuus. Herkkyys saadaan ottamalla 35Hz ja 75Hz:n kohdalta taajuusvastefunktiosta näyttämät ja lasketaan niiden keskiarvo. Tämän jälkeen tarkastellaan anturista saatua taajuusvastekuvaa ja selvitetään anturin ylärajalta kohta, jossa mitattu käyrä poikkeaa +/- 10% nimellisherkkyydestä. Tällä tavalla olemme saaneet anturin ylärajataajuuden määritettyä. Saadut tulokset ja laskelmat kirjataan kynällä ylös tarkoitusta varten suunniteltuun taulukkoon. Ylärajataajuuden määrittäminen tehdään ensin kaikille värähtelyantureille, koska seuraava vaihe vaatii muutoksia ohjauslaitteiden kytkentään.

Seuraavana määritellään anturille alarajataajuus. Tärstimelle menevä ohjaussignaali on suodatettava 10Hz:n Lo-Pass suodattimella, jotta yli 10Hz:n tärinä saadaan mahdollisimman vähäiseksi ja alhaisille taajuuksille saataisiin tarpeeksi voimaa, että anturi mittaa tärinän. Tämän jälkeen suoritetaan tärytys ja vastaavanlaisella tarkastelulla, kuin ylärajataajuuden hakemisessa, haetaan +/- 10% poikkeamaa nimellisherkkyydestä. Saadut tulokset kirjataan ylös samaan taulukkoon johon ylärajataajuuksien tulokset on kirjattu.

Tämän jälkeen mittauksista saadut tiedot pitää kirjata anturi kerrallaan laitetietokantaan, josta tarkastuksen tuloksia voi tarkastella auditoinnin yhteydessä, tai jos mittauksissa havaitaan ongelmia, joiden epäillään johtuvan anturin toiminnasta ja vaikuttaneen tehtyihin mittauksiin.

5.1.1.3. Värähtelyantureiden vanha tarkastuslaitteisto

Vanhan tarkastuksen perustana toimi Genrad Computer-Aided Test System 2515-analysaattori. (ks. KUVIO 15.) Laite on hankittu silloisen tutkimusosaston käyttöön 1984 vuoden loppupuolella. Laite siirtyi mittauskäytöstä, pelkästään antureiden tarkastuskäyttöön vuonna 1999 uudemman mittausjärjestelmän korvatessa sen.



KUVIO 15. Genrad Computer-Aided Test System2515-analysaattori.

Genrad:ssa on neljä INPUT-kanavaa ja yksi OUTPUT-kanava itsessään, mutta siihen oli saatavissa INPUT laajennuspaketti, jos mittaus sitä vaati. Genrad:ssa olevat liitännät mahdollistavat vertailuanturin ja verrattavan anturin mittaamisen samaan aikaan, kun laite syöttää ohjaussignaalia täryttimelle. Laitteen muita ominaisuuksia ovat 20 megatavun kokoinen kiintolevy, mihin voidaan tallentaa mittauspohjia ja -tuloksia tietyillä asetuksilla ja kaksivärinen, resoluutioltaan 640*480 pikselin, 7-tuuman kuvaputkinäyttö. Nykyään laitteessa, sekä ulkoisissa komponenteissa on niin paljon vikoja, että tarkastaminen sillä on käytännössä mahdotonta.

5.1.2. Dynaamista painetta mittaavat anturit

5.1.2.1. Dynaamista painetta mittaavien antureiden vanha tarkastusohje

Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta on tehty ohje vuonna 2008. Ohjeessa on esitetty laitteiston asetukset ja laitteiston kytkennästä on piirretty kuva. Lisäksi ohjeessa on kuvankaappaus DasyLab-ohjelman näytöstä, miltä tarkastusmittauksen tulisi näyttää, kun kaikki anturit toimivat sallituissa rajoissa. Tarkistusohje on esitettyä tämän työn liitteenä (LIITE 1.).

Ohje on sinällään hyvä, mutta se aiheuttaa liikaa kysymyksiä ensi kertaa tarkastavalle, joten ohjeen päivitys on paikallaan.

5.1.2.2. Dynaamisten paineantureiden tarkastustapahtuma

Osastoltamme löytyy dynaamista painetta mittaavia antureita 35 kappaletta. Antureita pystyy tarkastamaan kerralla enintään yhdeksän kappaletta ja antureiden tarkastus tapahtuu samalla tärstimellä, kuin värähtelyantureidenkin tarkastus. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastus alkaa tarkastelemalla antureita visuaalisesti. Tarkastetaan, että anturissa ei ole kolhuja. Paineanturit kytketään paineastiaan, joka täytetään vedellä ja staattinen paine astiassa nostetaan 2 bar:iin. Sen jälkeen tärstimellä tärytetään samanlaista laajakaistaista häiriötä, joskin eri taajuuskaistalla, kun värähtelyantureita tarkistettaessa ja tarkastettavia antureita verrataan yhteen

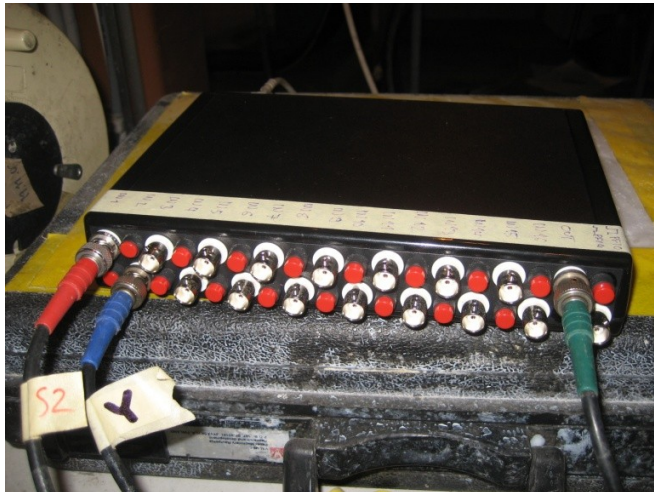
referenssianturiin. Tästä piirretään taajuusvastefunktio, jonka perusteella anturin oikea toiminta todennetaan.

Paineen muutos aikaansaadaan sähköhydrauliseen täristimeen rakennetulla sylinterillä, joka on kytketty paineastiaan. Sylinterin sisällä on täristimessä kiinni oleva mäntä, joka luo paineen suljettuun astiaan. Dynaamista painetta mittaavat anturit mittaavat ainoastaan paineen muutosta, eli niillä ei pysty mittaamaan prosessissa vallitsevaa painetta.

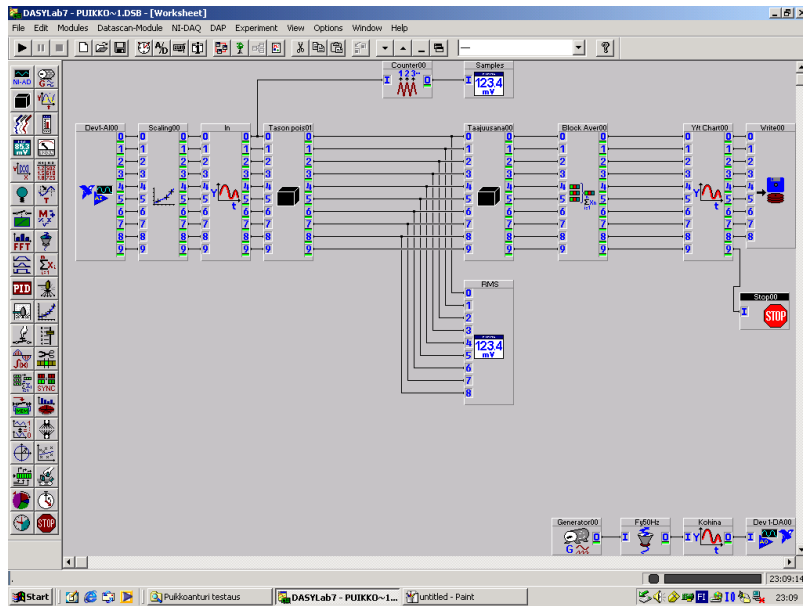
Dynaamista painetta mittaavien antureiden sallittu avg. Virhe on $\pm 5\%$, 0-50hz.

5.1.2.3. Dynaamisten paineantureiden tarkastuslaitteisto

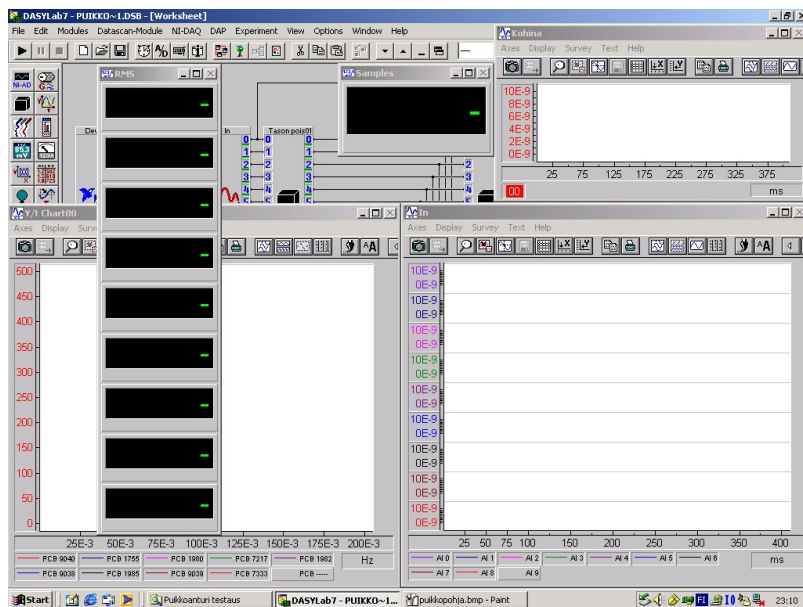
Täristimen ohjaus ja tiedonkeruu tapahtui tietokoneella, I/O-box:lla (ks. KUVIO 16) ja DasyLab-ohjelmalla. Ohjelmistosta syötetään täristimelle heräte-signaali ja ohjelmalla suoritetaan vertailuanturin ja verrattavan anturin signaalin mittaaminen ja analysoiminen. Dasy-Lab ohjelmaan oli luotu tarkastusta varten mittauspohja (ks. KUVIO 17 ja ks. KUVIO 18), joka tekee automaattisesti tarvittavat spektrien laskennat taajuusvastevertailuun.



KUVIO 16. I/O-box.



KUVIO 17. DasyLab-ohjelman mittauskytkennät dynamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa.



KUVIO 18. DasyLab-ohjelma mittauskäytössä.

5.1.3. Staattista painetta mittaavat anturit

5.1.3.1. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastusohjeet

Paineanturien mittauselin tulee sijoittaa sellaiseen ympäristöön, missä paine on mahdollisimman häiriötöntä. Itse anturit tulee sijoittaa ympäristöön, missä annetut tarkastusolosuhteiden ympäristövaatimukset täyttyvät. Näin voidaan varmistaa, että tarkastustilanteessa on mahdollisimman vähän ulkopuolisia häiriötekijöitä mukana. (Kalle Kempainen. 2004.)

Mittaustilanteessa anturit altistetaan lämmölle ja kosteudelle. Mittauksia on vuodessa keskimäärin 10 kappaletta ja ne vaihtelevat kestoltaan viikosta kolmeen viikkoon. Mittauksia suoritetaan yhden mittauksen aikana useita kullakin anturilla. Vertaamalla näitä tietoja annettuihin tarkastusohjeisiin, voidaan todeta, että antureiden tarkastus tapahtuu sopivin väliajoin. Myös antureiden vertaaminen referenssianturiin takaa luotettavan mittaustarkkuuden. (Kalle Kempainen. 2004.)

Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta on tehty uudempi ohje vuonna 2009. Ohjeessa kuvaillaan käytössä olevat anturit ja toiminta kuinka tarkastus suoritetaan. Ohjeesta ei löydy kytkentäohjeita tarkastuksessa käytettävälle laitteistolle. Laitteisto ei ole kovinkaan laaja, mutta koska kyse on vuosittain tehtävästä toimintamme kannalta tärkeästä tarkastuksesta, on mahdollisten virheiden vaikutus tarkastukseen karsittava minimiin. Vanha tarkastusohje on esitettyä tämän työn liitteenä (Liite 2.).

5.1.3.2. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastustapahtuma

Osastoltamme löytyy staattista painetta mittaavia antureita aina -1bar - +400bar:iin ja antureita on usealta eri valmistajalta. Antureita on useita kymmeniä ja niiden tarkastus tapahtui täysin manuaalisesti. Vain paineanturin tehon syöttö ja virtasignaalin mittaus tapahtuivat mittalaitteilla, mutta ilman minkäänlaista tiedonkeruuta.

Tasomittaavien antureiden tarkastus aloitetaan tekemällä visuaalinen tarkastus.

Tarkistetaan, että anturin kaapelit ja liittimet ovat kunnossa ja anturissa ei ole ulkoisia kolhuja. Seuraavana anturit kiinnitetään vertailupaineeseen, joka on kiinnitetty Beamex-

kalibraattoriin ja aloitetaan tietojen kirjaaminen paperille. Ensimmäisenä anturista kirjataan näyttämä nolla-paineessa. Seuraavana kirjataan paine puolessa välissä anturin käyttöaluetta. Viimeisenä kirjataan näyttämä anturin täydellä painealueella, tai mahdollisimman lähellä anturin täyttä aluetta.

Jos anturin näyttämä ei sovi sallittuihin rajoihin, koko alueen virhe $<0,5\%$ tai lineaarisuusvirhe $0,5\%$, anturia yritetään virittää, jos se on mahdollista. Jos anturia ei saada sopimaan rajoihin se poistetaan käytöstä.

Anturit tarkastetaan kerran vuodessa ja niiden näyttämää verrataan Beamex-kalibraattoriin, joka käy laatujärjestelmän mukaisesti tarkastettavana valmistajalla vuoden välein, ja toimii näin riittävällä tarkkuudella vertailumittauksessa.

Tasomittaavien paineantureiden tarkastaminen tapahtuu syöttämällä anturin mittauselementille mahdollisimman häiriötön paine. Tasaisin paine saavutetaan tekemällä paine tarkastukseen suunnitellulla käsipumpulla.

Anturiin pumpataan paine siihen suunnitellulla pumpulla, sen jälkeen kirjataan paine ja painetta vastaava jänniteviesti ylös. Lopuksi mitatut tulokset kirjataan paineantureidentarkastus Exel-pohjaan, joka on laitettu kaikkien antureita käyttävien saataville yrityksen sisäiseen verkkoon.

Paineanturin tarkastukseen käytettävistä arvoista on sovittu, käytettäväksi painetta normaalissa ilmanpaineessa nolla paineena, painetta anturin mittausalueen keskellä, sekä anturin maksimissa, tai niin lähellä maksimia, kuin laitteistollamme on mahdollista päästä.

5.1.3.3. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuskalusto

Työ suoritetaan ilman tietoteknisiä apuvälineitä. Painetta verrataan Beamex-kalibraattoriin (ks. KUVIO 19.) Tulokset kirjataan paperille ja siitä ne siirretään laitetietokantaan, josta antureiden tarkastustuloksia voidaan tarkastella auditoinnin yhteydessä tai ongelmien ilmaantuessa.



KUVIO 19. Beamex-kalibraattori.

5.1.4. Huomioita vanhasta tarkastustapahtumasta

5.1.4.1. Vanhat tarkastusohjeet

Värähtelyantureiden vanhoissa ohjeissa on puutteena tärustinlaitteiston kytkentäohjeiden ja ylä- ja alarajataajuuksien täristysasetusten puuttuminen. Tiedot ovat löytyneet täristimen läheisyydestä erilaisille lapuille kirjattuina, mutta varsinaista varmuutta koneikon käytöstä ja täristinasetuksista ei ole saatu, kuin henkilöiltä, jotka ovat työtä aikaisemmin suorittaneet. Tärustinlaitteiston kytkentä on aina näytetty uudelle tarkastajalle erikseen ja jos paikalla ei ole ollut laitteistoa ennen käyttänyttä henkilöä, on pelkän laitteiston kasaaminen vienyt turhaan aikaa ja aiheuttanut arvailua, että onko kaikki varmasti kytketty. Täristysasetusten saaminen oikeaksi tai tarkistaminen

ilman työn jo osaavaa henkilöä, on mennyt kokeilu pohjalta. Tämä on erittäin aikaa vievää työtä ja epäonnistuessaan saattaa aiheuttaa tarkastusten epäonnistumisen.

Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastusohjeessa on kuvattu laitteiston kytkentä ja tärustinlaitteistossa käytettävät asetukset on kirjattu ohjeeseen ylös. Ohje jää uuden laitteiston myötä vanhaksi (ks. LIITE 1.).

Staattista painetta mittaavien antureiden ohjeessa on kuvattu hyvin työssä tehtävät vaiheet, mutta kuten jo mainitsin, ohjeessa ei juuri muuta kerrota (ks. LIITE 2.).

Ohjeista käy hyvin myös selväksi tarkastustulosten kirjaaminen moneen kertaan. Ensin tulokset on kirjattu paperille tai dynaamisten paineantureiden tapauksessa tarkastuksessa käytettävälle tietokoneelle ja tämän jälkeen tulokset on vielä kirjattu laatu järjestelmässä määriteltyihin tietokantoihin.

6. Antureiden tarkastusohjelmiston uusiminen

6.1. Määritykset uuden ohjelman ohjauksille ja toiminnalle

Työ lähti liikkeelle osittain pakon sanelemana, koska antureiden tarkastus ei onnistuisi enää vanhoilla ohjaus ja mittauslaitteilla. Samalla mietittiin, olisiko tarkastus menetelmässä päivitettävää. Melkein heti suunnittelun alkaessa kävi selväksi, että tällä aikataululla uusien tarkastusmenetelmien toteuttaminen ja testaaminen eivät tulisi onnistumaan, joten työssä keskityttiin ainoastaan uuden tiedonkeruun ja siihen tarkoitetun ohjelman suunnitteluun ja käyttöönottoon. Uusia menetelmiä käsitellään kuitenkin lyhyesti.

Uuden ohjelman suunnittelu lähti liikkeelle siitä, että sen olisi korvattava Genrad-analysointori tarkastuskäytössä. Ohjelman tulisi sisältää vähintään samoja ominaisuuksia, kuin Genradi:ssa on tarkastuskäyttöä silmälläpitäen. Tämä tarkoittaa sitä, että uudella ohjelmalla on pystyttävä syöttämään heräte täristimen ohjaukseen ja ohjelmalla on pystyttävä mittaamaan vertailuanturin ja vertailtavien antureiden signaalit, sekä tehtävä niistä taajuusvastefunktiot.

Lisäksi ohjelman tulisi olla mahdollisimman helppokäyttöinen, jotta sillä pystyy tarkastamaan helposti suuria määriä antureita, ilman pelkoa siitä, että työ epäonnistuu yksinkertaisten virheiden takia. Lisäksi ohjelman on oltava helppokäyttöinen jo siitäkin syystä, että pääosin tarkastustoiminta tapahtuu kesäaikaan, jolloin se suoritetaan kesäharjoittelijoiden toimesta. Harjoittelijan on kyettävä käyttämään ohjelmaa tämän työn ohessa laadittujen ohjeiden avulla ja lyhyen teoria- ja käytännönopetuksen perusteella itsenäisesti.

Tarkastusohjelman on myös pystyttävä kirjaamaan mitatut datat ylös ja tallentamaan ne, jotta tarkastuksen jäljitettävyyks säilyy. Tämä ominaisuus vähentää tarkastuksiin liittyvää työmäärää, koska kirjauksia ei tarvitse enää suorittaa moneen kertaan, kun laatu järjestelmän määrittelyihin vain muutetaan uusi paikka mihin antureiden tarkastushistoria on kirjattu.

7. Uuden tarkastusjärjestelmän käyttö

7.1. Tarkastukset uudella TCA-ohjelmalla

7.1.1. Yleistä TCA-ohjelmasta

TCA, eli Transducer Calibration Application-ohjelma on luotu Analysis Services osaston käyttöön, vuosittain tarkastettavien antureiden tarkastukseen. Ohjelman koodaamisesta on vastannut Analysis Servicen spesialisti Antero Äikäs, suunnittelupalaverissa sovittujen ominaisuuksien ja vaatimusten mukaan. Ohjelma on luotu, käyttäen hyväksi National Instruments:n mittauskortteja, NI-DAQmx rajapinnalla. Varsinainen työ on toteutettu Measurement Studio.NET kirjastolla ja komponenteilla, Visual Studio 2008 ohjelmointiympäristössä, käyttäen C#-ohjelmointikieltä. Ohjelma tukee kaikkia Analysis Servicen käyttämiä National Instruments:n PCMCIA- ja usb-liittimillä varustettuja mittauskortteja, mutta se on suunniteltu pääsääntöisesti käytettäväksi NI USB-6215 usb-mittauskortteilla. (Antero Äikäs. 2010.)

TCA-ohjelmasta on tehty ohjeet tämän työn ohessa ja ne ovat tämän työn liitteenä. Siitä selviää tarkemmin ohjelman yleinen käyttö (ks. LIITE 3.). Ohjelman käyttö varsinaisesti tarkastuksissa kuvataan seuraavissa liitteissä: värähtelyanturit (ks. LIITE 4.), dynaamista painetta mittaavat anturit (ks. LIITE 5.) ja staattista painetta mittaavat anturit (ks. LIITE 6.).

TCA-ohjelmassa on tarkastuspohjat kolmen eri anturityypin tarkastuksia varten. Anturityypit ovat värähtelyanturit (ks. LIITE 4.) , dynaamista painetta mittaavat anturit (ks. LIITE 5.) ja staattista painetta mittavat anturit (ks. LIITE 6.).

Ohjelmaa on helppo päivittää muuttuvan anturikaluston mukaan. Päivittäminen tapahtuu ohjelmaan liittyvään Sensors.xlsx tiedostoon. Ohjelma etsii edellisen vuoden kansioista uusimman sensors.xlsx version ja käyttää sitä aina pohjana tulevalle tarkastukselle (ks. LIITE 3.).

Kun ohjelma käynnistetään testauksia varten, siihen on tehtävä yleisiä, tarkastajasta riippuvia muutoksia. Tarkastajan on laitettava omat tunnistetietonsa ohjelmaan, jotta laatujärjestelmän vaatimat tiedot tarkastuksista täyttyvät. Tärkeänä asiana on syytä muistaa, että jokaiselle anturityypille on omat asetukset, jotka pitää käydä muuttamassa kyseisen anturin välilehdellä olevalta settings sivulta (ks. LIITE 3.).

Värähtelyantureita ja dynaamista painetta mittaavia antureita tarkastettaessa voidaan mittauksesta tarkastella taajuusvastefunktio kuvaa, vaihesiirtoa, tärinämelle syötettävää herätesignaalia ja tärinästä tai paineesta mitattua spektriä. Staattista painetta mittaavia antureita tarkastettaessa tällaisia näyttöjä ei tarvita (ks. LIITE 3.).

TCA-ohjelma hakee tarkastustulokset automaattisesti. Tarkastajan tulee katsoa, että kaikki on mennyt kuten pitää ja hyväksyä tulokset, jolloin ne tallentuvat.

Tarkastustulokset tallennetaan kyseisen tarkastusvuoden kansioon txt-tiedostoiksi ja niitä voi tarkastella tarvittaessa, piirtämällä tulokset Excel:llä graafiseen muotoon.

7.1.2. Värähtelyantureiden tarkastus

Tarkastus työ alkaa tarkastamalla asetusten oikeellisuus ja tarvittaessa muuttamalla värähtelymittauksissa käytetyt asetukset oikeiksi.

Antureiden tarkastus tapahtuu uudessakin järjestelmässä kahdessa osassa. Ensin tarkastetaan ylärajataajuudet ja seuraavana tarkastetaan alarajataajuudet. Huomion arvoista on, että tarkastuksille on eri mittausasetukset, joita on noudatettava, kun tarkastuksia tehdään. Ensin valitaan tarkastettava anturi ja suunta mitä tarkastetaan, tämän jälkeen käynnistetään mittaus. Vaikka ohjelma laskee tulokset niin eteen voi tulla tilanteita, jotka vaativat tulkintaa tarkastajalta. Tarkastetut suunnat on aina mittauksen jälkeen hyväksyttävä, jotta ne tallentuvat anturin yksilölliseen tarkastusraporttiin.

Värähtelyantureiden tarkastuksesta on tehty ohje tämän työn ohessa ja se on liitetty tämän työn liitteeksi. Siitä selviää tarkemmin värähtelyantureiden tarkastuksen kulku (ks. LIITE 4.).

7.1.3. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastus

Tarkastus työ alkaa tarkastamalla asetusten oikeellisuus ja tarvittaessa muuttamalla dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa käytetyt asetukset oikeiksi.

Antureiden tarkastus tapahtuu valitsemalla vertailuanturi ja tarkastettavat anturit listasta ja käynnistetään mittaus. Ohjelma piirtää taajuusvastefunktiot vertailuanturista ja tarkastukseen valitusta anturista, jotenka jokainen saatu tarkastustulos on käytävä katsomassa ja hyväksymässä erikseen.

Dynaamisten paineantureiden tarkastuksesta on tehty ohje tämän työn ohessa ja se on liitetty tämän työn liitteeksi. Siitä selviää tarkemmin dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksen kulku (ks.LIITE 5.).

7.1.4. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastus

Tarkastustyö alkaa asetusten tarkastuksella. Staattista painetta mittaavia antureita on kahdella virtaulostulo alueella, 0-20mA ja 4-20mA. Tätä asetusta on käytävä muuttamassa aina kun anturin ulostuloalue muuttuu, koska se vaikuttaa järjestelmään kirjautuvaan arvoon.

Antureiden tarkastus tapahtuu valitsemalla tarkastettavasta anturista 0 paineen arvo ja käynnistämällä mittaus. Ohjelma siirtyy automaattisesti anturin alueen puolenvälin ja seuraavaksi täyteen arvoon. Mittaus pitää käynnistää, joka alueella uudelleen, että ohjelma suorittaa tarkastuksen. Tämän jälkeen mittaukset hyväksytään.

Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta on tehty ohje tämän työn ohella ja se on liitetty tämän työn liitteeksi. Siitä selviää tarkemmin staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksen kulku (ks. LIITE 6.).

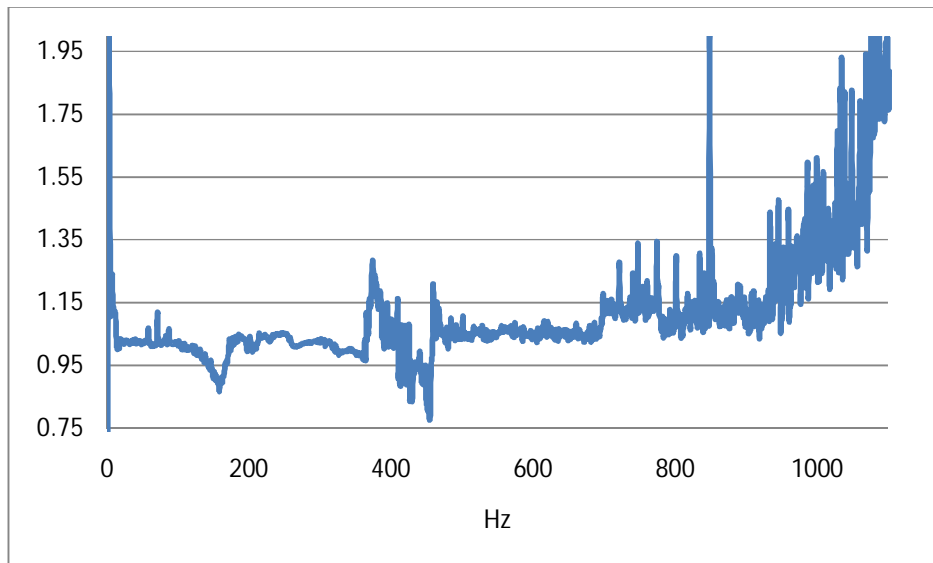
8. Tarkastustulosten arviointi

8.1. Värähtelyantureiden tarkastus

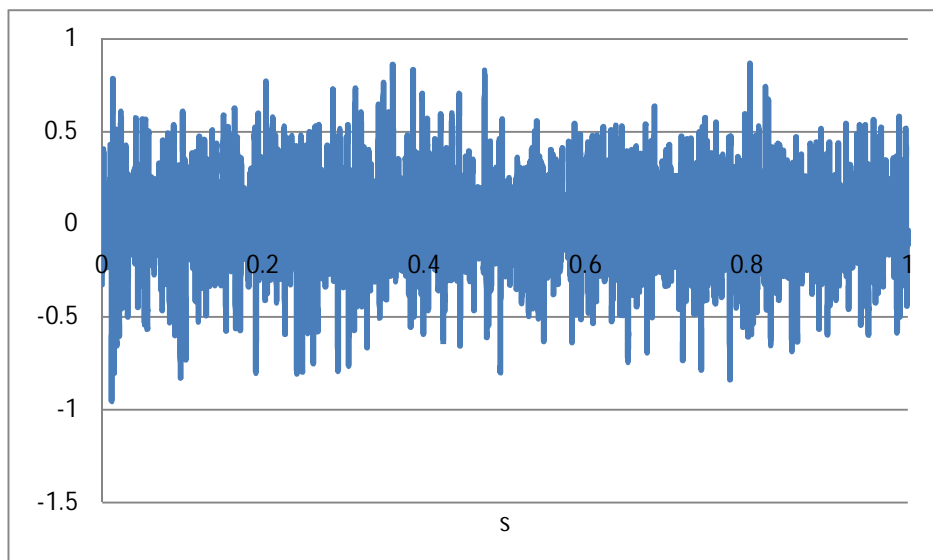
Värähtelyantureiden tarkastuksesta luodaan txt-tiedosto tarkastuksen yhteydessä, joka pitää sisällään tarkastustiedot. Näistä tiedoista on tarvittaessa helppo todentaa mittauksen onnistuminen. Seuraavassa on esitettyä yhden kolmisuuntaisen värähtelyanturin SN. 2025 tarkastuksesta saatavat tiedot. Ensimmäisenä on esitetty Z-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio (ks. KUVIO 20.), josta anturin ylärajataajuus lasketaan. Tässä tapauksessa ylärajataajuudeksi on saatu 953Hz. Ohjelma piirtää myös aikatasosignaali jokaisessa testauksesta (ks. KUVIO 21.).

Aikatasosignaalista ei saada tällaisen kaltaisessa mittauksessa juurikaan mitään lisäarvoa, mutta (ks. KUVIO 21) aikatasosignaali on esitetty esimerkin vuoksi. Z-suunnasta on esitetty myös vertailuanturin ja vertailtavan anturin välinen vaihesiirto, jonka tarkastelu auttaa havaitsemaan, milloin vertailtavan anturin mittaamalta taajuusalueelta on poistuttu (ks. KUVIO 22.). Tärhistimen tärinästä mitattu spektri, jota

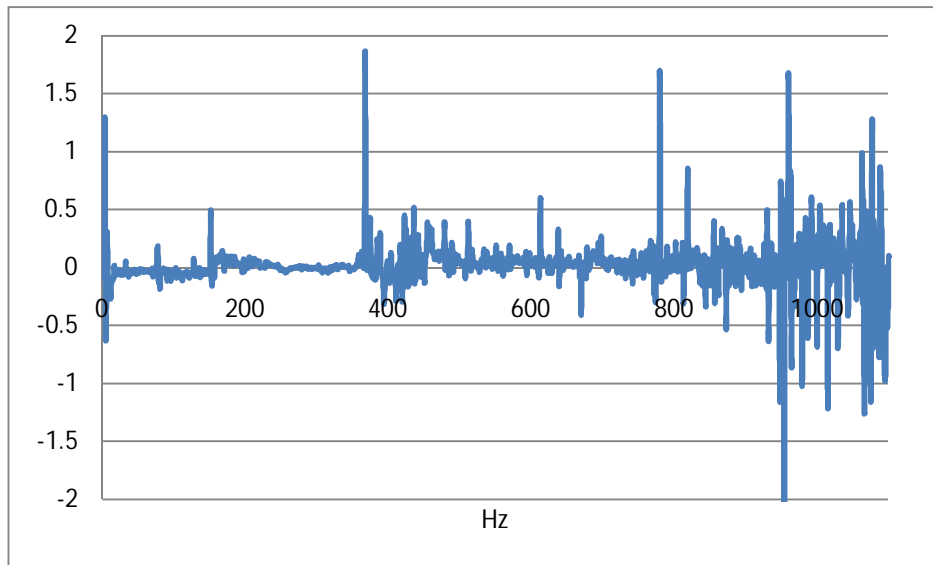
tarkastelemalla selviää millaisella taajuuskaistalla tärhistintä on ohjattu ja onko ohjauksessa joitain taajuuksia jotka pyrkivät selvästi esiin (ks. KUVIO 23.). Ennen mittaajan piti tulkita taajuusvastefunktio kuvia ja selvittää taajuudet kursoreiden avulla ja kirjoittaa tulokset ylös paperille. Mitään muuta tietoja ei mittauksesta tallennettu.



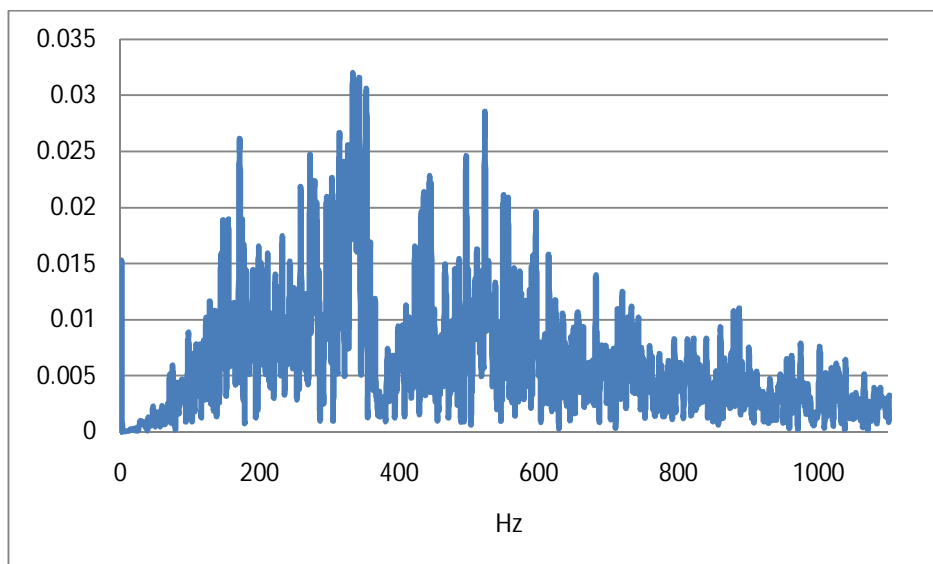
KUVIO 20. Z-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio.



KUVIO 21. Z-suunnan ylärajataajuuden aikatasosignaali.

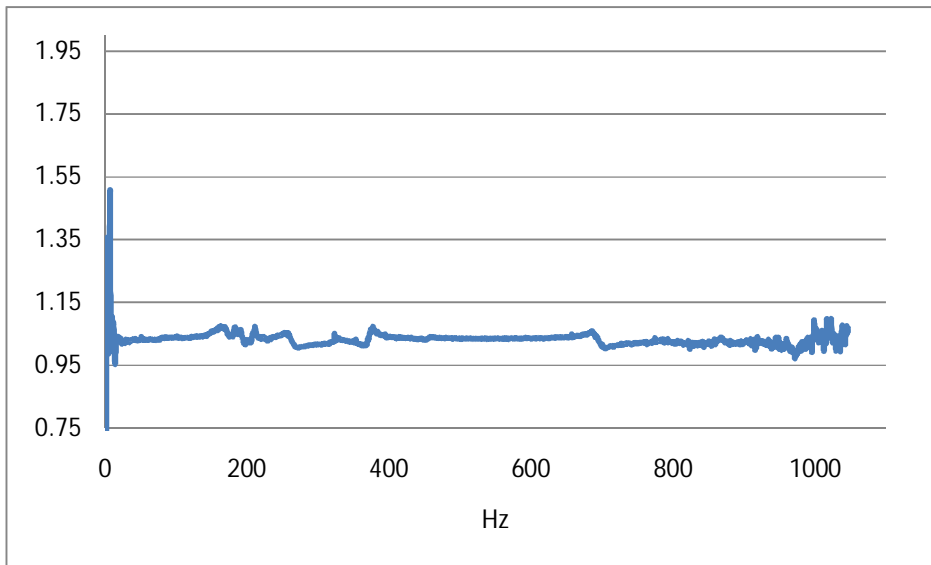


KUVIO 22. Z-suunnan ylärajataajuuden vaihesiirto.

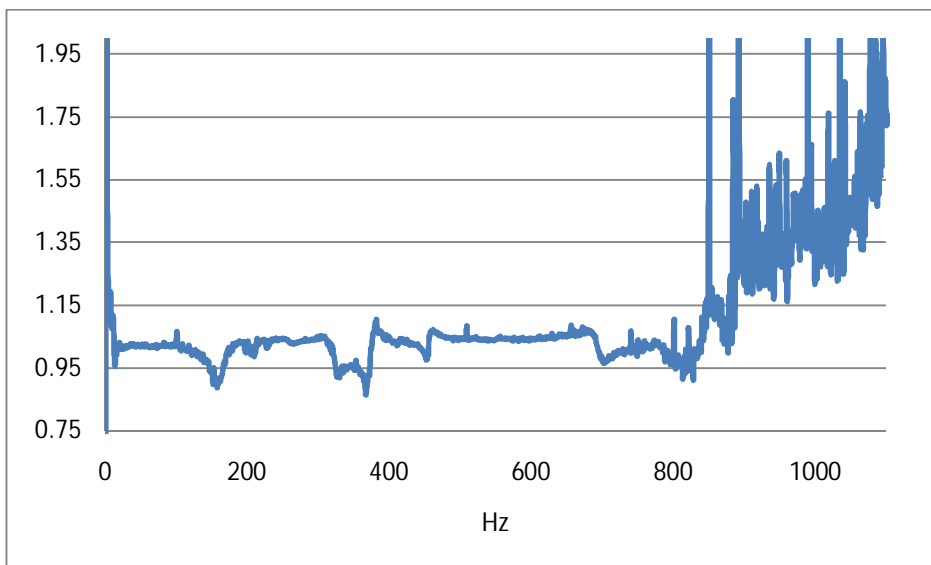


KUVIO 23. Z-suunnan ylärajataajuuden spektri.

Seuraavassa on esitettyinä anturin Y-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio (ks. KUVIO 24.), josta tulokseksi on saatu yli 1000Hz ja X-suunnan ylärajataajuuden taajuusvastefunktio (ks. KUVIO 25.), josta tulokseksi on saatu 880Hz.



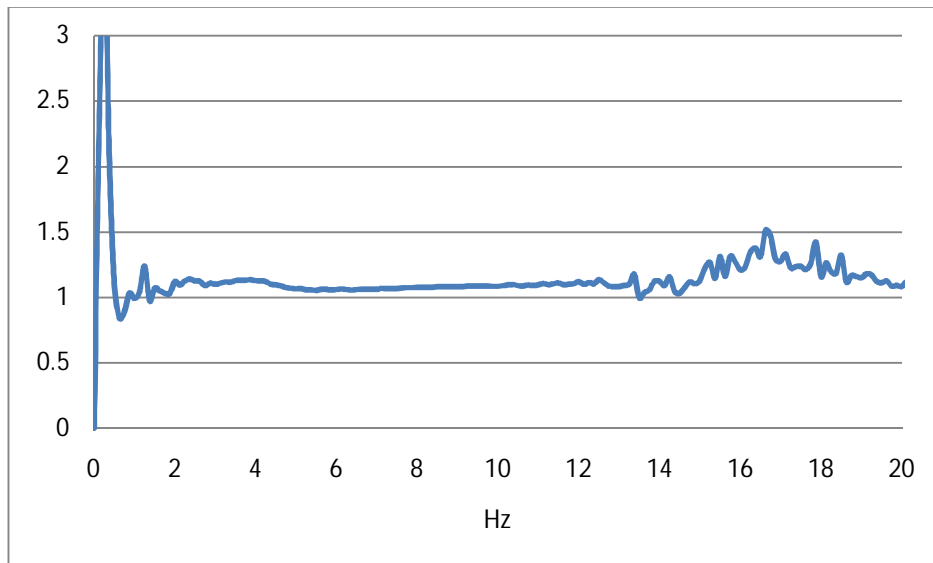
KUVIO 24. Y-suunnan yläräjätaajuuden taajuusvastefunktio.



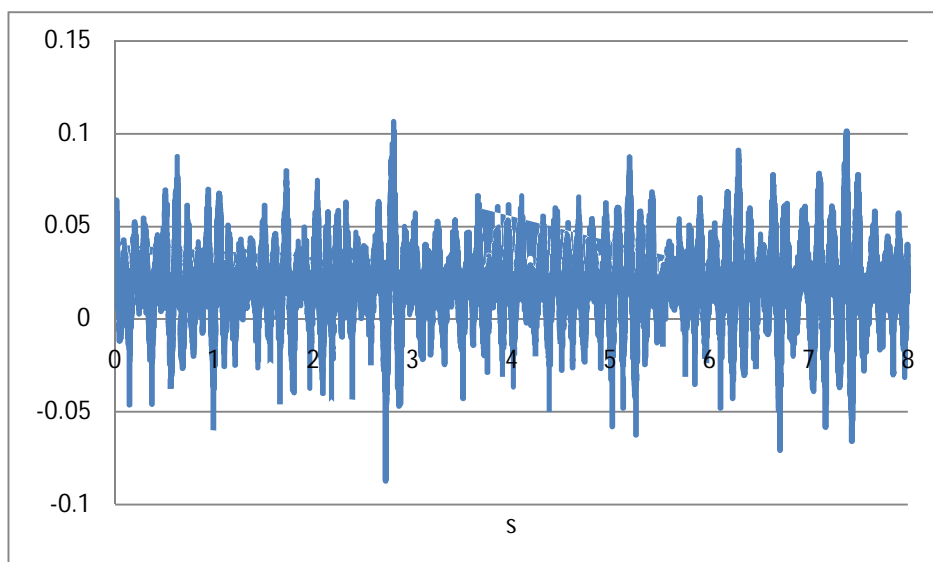
KUVIO 25. X-suunnan yläräjätaajuuden taajuusvastefunktio.

Saaduista mittaustuloksista voimme päätellä anturin ylärajataajuuden täyttävän sille asetetut raja-arvot ja anturi voidaan pitää tämän puolesta mittauskäytössä.

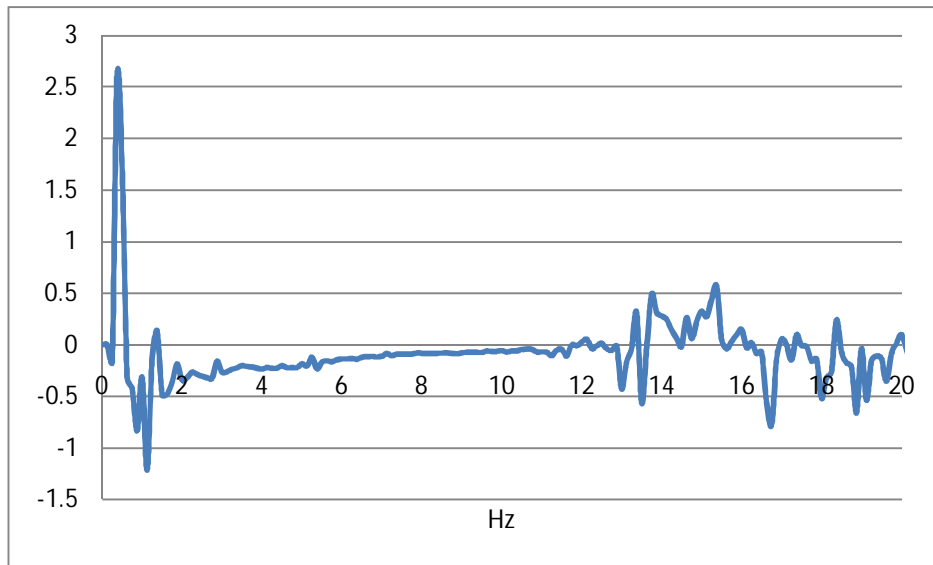
Seuraavassa on esitetty alarajataajuuksien tarkastamisesta saadut mittaukset. Z-suunnan alarajataajuudeksi on saatu 4.25Hz. Y-suunnan alarajataajuudeksi on saatu 4.25Hz. X-suunnan alarajataajuudeksi on saatu 4.125Hz.



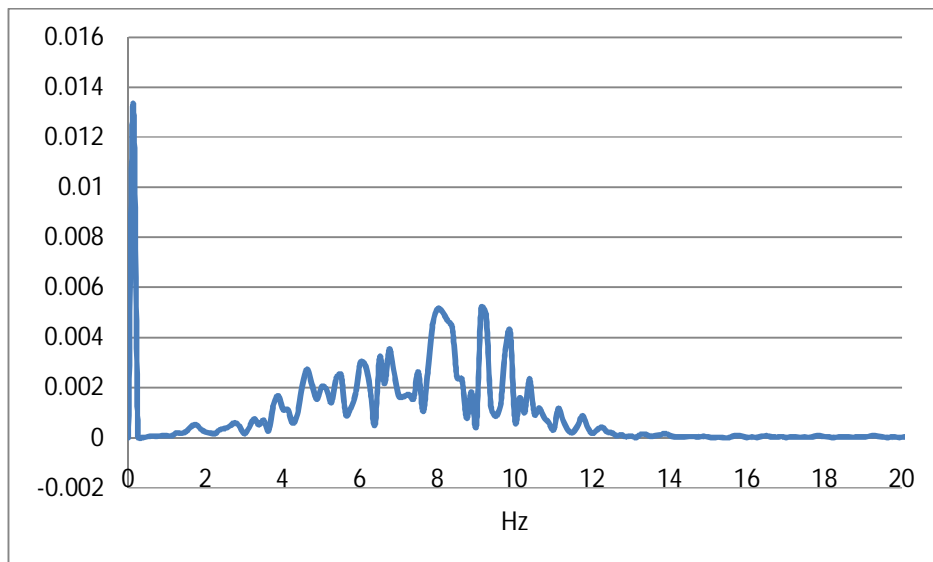
KUVIO 26. Z-suunnan alarajataajuuden taajuusvastefunktio.



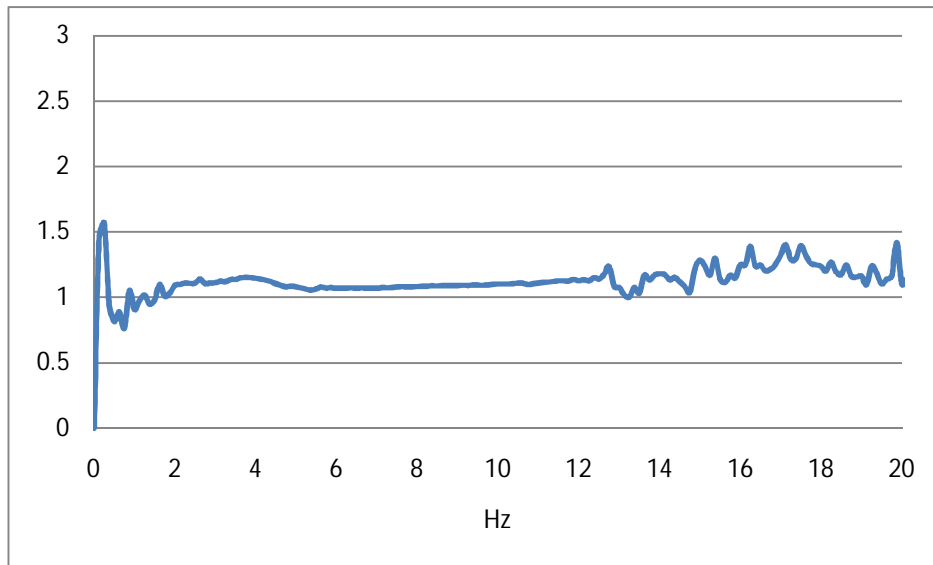
KUVIO 27. Z-suunnan aikatasosignaali.



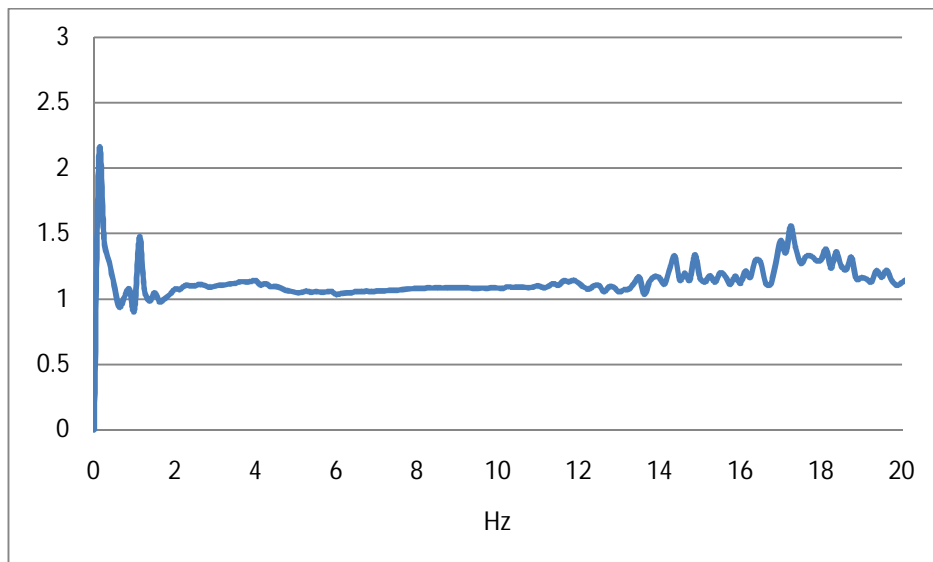
KUVIO 28. Z-suunnan alarajataajuuden vaihesiirto.



KUVIO 29. Z-suunnan alarajataajuuden spektri.



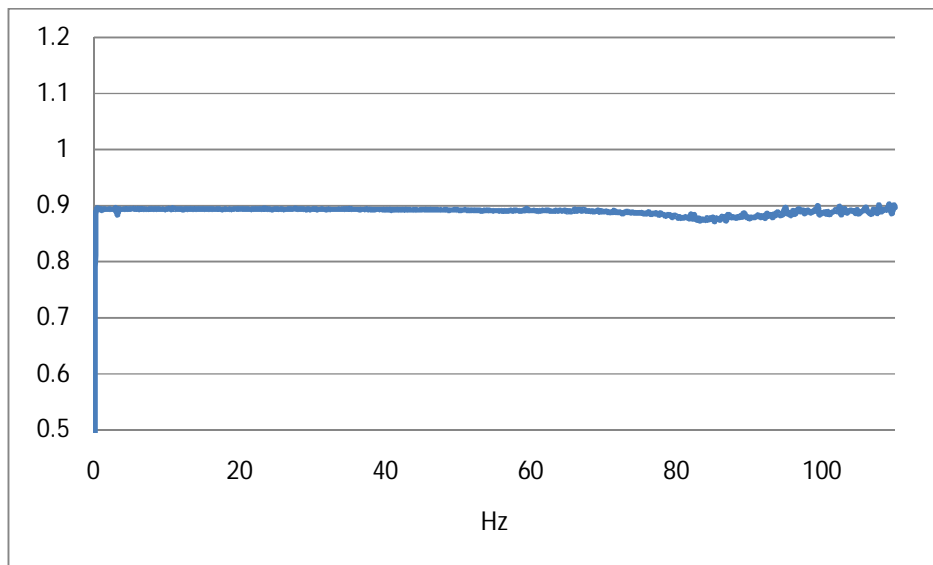
KUVIO 30. Y-suunnan alarajataajuuden taajuusvastefunktio.



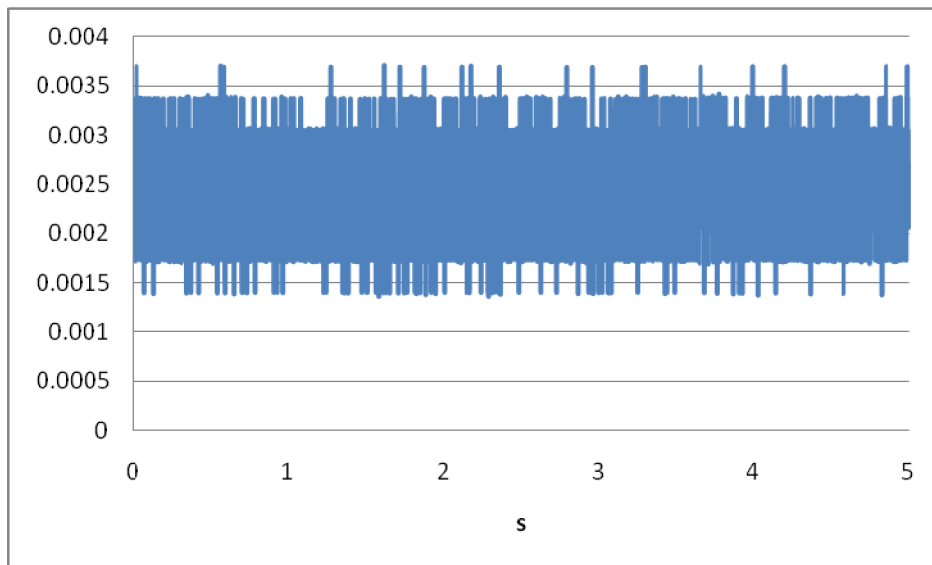
KUVIO 31. X-suunnan alarajataajuuden taajuusvastefunktio.

8.2. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastus

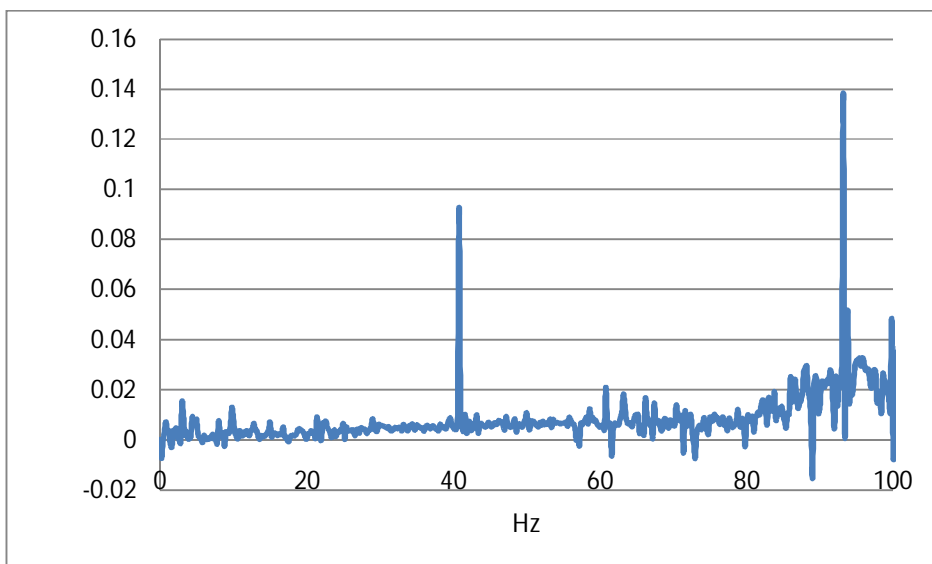
Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta luodaan txt tiedosto tarkastuksen yhteydessä. Näistä tiedoista on jälkeinpäin helppo todentaa mittauksen onnistuminen. Seuraavassa on esitettyä yhden dynaamista painetta mittaavan anturin SN. 1850 tarkastuksesta saatavat tiedot. Taajuusvastefunktiosta voidaan selkeästi todeta, että anturin mittaama arvo pysyy hyvin määriteltyjen raja-arvojen sisällä.



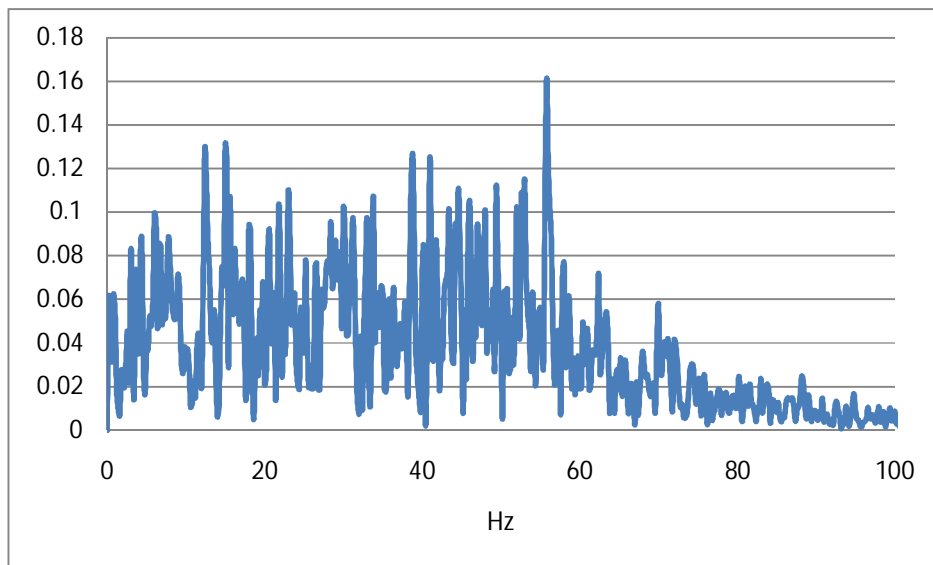
KUVIO 32. Dynaamista painetta mittaavan anturin taajuusvastefunktio.



KUVIO 33. Dynaamista painetta mittaavan anturin signaali aikatasossa.



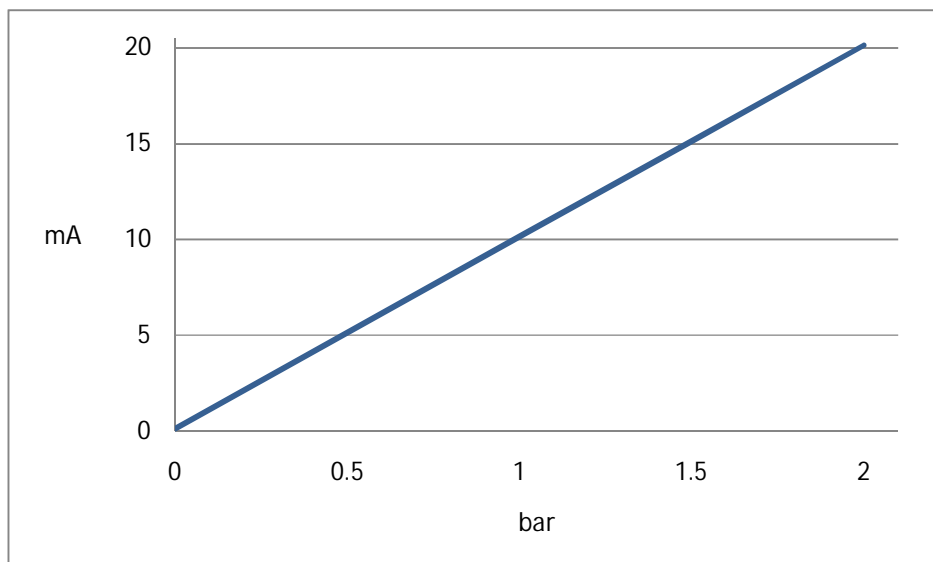
KUVIO 34. Dynaamista painetta mittaavan anturin vaihesiirto



KUVIO 35. Dynaamista painetta mittaavan anturin spektri.

8.3. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastus

Staattista painetta mittaavista antureista luodaan txt tiedosto tarkastuksen yhteydessä. Näistä tiedoista on jälkepäin helppo todentaa mittauksen onnistuminen. Seuraavassa on esitettyä yhden staattista painetta mittaavan anturin, SN. 2227 tarkastuksesta saatavat tiedot.



KUVIO 36. Staattista painetta mittaavan anturin kalibroitikäyrä.

Siitä huolimatta, että edellisessä (ks. KUVIO 36) on esitetty vain kolmen pisteen suora, tuo se kuitenkin saatujen tarkastustulosten tarkasteluun tiettyä selkeyttä. Tuloksia on helppo tarkastella sähköisessä muodossa ja piirretystä käyrästä on helppo havaita mahdolliset poikkeamat anturin mittausalueessa.

9. Uuden tarkastusohjelman etuja vanhaan nähden

Merkittävimpänä etuna jo ennen ohjelman käyttöä oli ajan säästö. Tarkastusten tulokset on kirjattu ennen paperille ja siitä tietokantoihin anturin tarkastustietoihin.

Kaksinkertaisten kirjausten jäädessä pois, voi ajankäytön säästö arvioida olevan noin neljän työpäivän luokkaa.

Toinen merkittävä etu on se, että ennen nykyistä tarkastusohjelmaa vuosittain tarkastettavien antureiden tarkastus oli hajautettu tehtäväksi erilaisilla laitteilla ja antureiden vastuuhenkilön parhaaksi katsomalla tavalla. Nyt antureiden tarkastus toteutetaan selkeästi yhdellä ohjelmalla, joka tallentaa tarkastusten historiatiedot ja selkiyttää tarkastusprosessin kulkua.

9.1. Etuja värähtelyantureiden tarkastuksessa

Uutta ohjelmaa käytettäessä värähtelyantureiden tarkastuksessa siinä olevat, valmiit mittausarvojen hakutoiminnot nopeuttavat työtä entiseen verrattuna huomattavasti. Nyt mittajaan tehtäväksi jää tarkastaa, että mittaustulokset vastaavat anturin todellista herkkyyttä, eikä tarkastuksessa ole tapahtunut virheitä. Mittajaan ei tarvitse enää itse hakea tarkastuksen vaatimia arvoja siirtelemällä hitaita kursoreita mittalaitteen näytöllä, vaan uusi ohjelma hakee arvot automaattisesti. Tällaiset pienet, mutta tärkeät muutokset nopeuttavat työtä useilla minuuteilla anturin mittaussuuntaa kohden ja antureiden määrän ollessa useita kymmeniä, tämä tuo tarkastustyöhön merkittävän aikasäästön. Lisäksi uuden tarkastusohjelman mittaustulosten automaattinen tallennus mahdollistaa anturin tarkastustulosten täydellisen tarkastelun mahdollisten ongelmien syntyessä.

Seuraavassa esimerkki siitä mitä lisäarvoa nykyisellä tarkastusohjelmalla voidaan saada verrattuna sitä vanhaan tulosten kirjaamiseen.

Anturista ei ole saatavilla vastaavia taajuusvastefunktiokuvia, koska niitä ei ole koskaan aikaisemmin tallennettu tarkastusten yhteydessä laitteistoon liittyvistä syistä.

Aikaisemmin antureista on kirjattu ylä- ja alarajataajuudet, ja 35Hz ja 75Hz pisteiden arvot sekä niiden keskiarvo. Seuraavassa on esimerkki kolmisuuntaisesta värähtelyanturista SN. 2025 kirjatusta tiedosta viime tarkastuskerralta.

Suunta	35Hz	75Hz	Ka.	±10%	f min / Hz	f max / Hz
X	1.036	1.040	1.038	0.934	1.50	>1000
Y	1.046	1.041	1.044	0.939	1.56	>1000
Z	1.038	1.040	1.039	0.935	1.50	606

TAULUKKO 3. Värähtelyantureiden tarkastuksesta kirjatut tiedot vuonna 2008.

Vertailtaessa vanhaa ja uutta tiedonkeruuta, erot niiden kesken ovat todella huomattavat. Uudesta ohjelmasta saatava tietomäärä on huomattavasti tarkempi ja suurempi. Nyt koko anturin mittaamaa taajuuskaistaa on mahdollista tarkastella myöhemmin ja tarkastuksen yhteydessä muita mitattuja tietoja, on mahdollista vertailla vuosien välillä.

9.2. Etuja dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa

Dynaamista painetta mittaavista antureista ei ole ollut saatavilla aikaisemmin muuta tarkastustietoa kuin keskiarvopoikkeama, joka on kirjattu antureiden vanhassa tarkastusohjeessa sovittuun ohjelmaan. Antureiden tarkastustiedot löytyvät seuraavasta kuvioista, (ks. KUVIO 37.) oikealta puolelta.

Laitekortti

Ryhmittäminen:	PRE	Ominaisuudet:	Herkkyyks: 25678 (Pa/V)
Laitenumero:	1850	alkuperäiset:	
Sarjanumero:	1980	Tulos/tila:	AVG poikkeama 0-100Hz = <5%
Laitteen nimi:	Pressure Transducer PCB 106M42	Vertauslaitteisto:	Vertailuanturi Nro:9040 Fylde suodin/vahvistin
Käyttöönotto pvm:	16-tammi-98	Tekniset tiedot, muut huom:	
Tarkastaja:	EM		
Tarkastus pvm:	16-kesä-07		
Tarkastusväli [kk]:	12		
Käyttöympäristö:			
Säilytys:	Listakaappi		
Arvo [E]:	504.56		
Alkuperämaa:	Yhdysvallat US		
Paino [kg]:	0.5		

ATA-Carnet lista

Case 1

"Statuspalkki"

KUVIO 37. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastustiedot.

Nyt myös dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta saatu tietomäärä lisääntyy ja tarkastuksissa anturin mittaamaa koko taajuuskaistaa on mahdollista tutkia myöhemmin.

9.3. Etuja staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa

Aikaisemmin staattista painetta mittaavista antureista on kirjattu ylös sarjanumero ja paine-alue ja anturin näyttämä 0 paineessa, alueen puolella välissä ja täydessä paineessa.

SN / alue	0bar	1/2 mitta-alueesta	Täysi alue
2227 / 2bar	0.135	10.16	20.15

TAULUKKO 4. Anturin SN. 2227 tarkastustulokset 2008.

Nyt myös staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta saadut tiedot tallentuvat sähköisesti ja niiden myöhempi tarkastelu on helpompaa.

10. Muita keinoja tuottaa tarkastussignaalit

10.1. Värähtelyanturit

Värähtelyantureiden tarkastamisessa ei ole yhtä oikeaa ratkaisua mitattavan värähtelyn tuottamiseen. Nykyinen käytäntö on vakiintunut, koska osastollamme on käytössä edellä käsitelty sähköhydraulinen värähtelintaristin. Taristimella saa tuotettua tarpeeksi laajakaistaista värähtelyä ja alarajataajuuksille saadaan sellaisia voimia joita käytössämme olevat anturit mittaavat.

Ensimmäisenä vaihtoehtoisena värähtelyn tuottamiseen soveltuvana mekanismina suunniteltiin käytettäväksi pientä, alle 0,5kW:n sähkömoottoria. Moottoria on helppo ohjata taajuusmuuttajalla, eli siihen saa luotua sopivan kiihdytysrampin, jolla saataisiin luotua eri värähtelytaajuuksia. Ongelmaksi moottorin käytössä muodostui se, että moottorissa ei riittävä vääntömomentti pienellä taajuudella moottorissa olevan massan liikuttamiseen. Massan lähtiessä ensimmäistä kertaa liikkeelle on sen tuottama värähtely niin pientä, että anturimme eivät pysty sitä havaitsemaan. Eli ensimmäiset mittaustulokset alarajoilta saadaan niin kaukana tarkastettavien antureiden alarajataajuuksista, noin 16Hz, ettei menetelmästä ei ole hyötyä tarkastuskäytössä. Lisäksi ongelmana on, että moottorilla päästä tarpeeksi suureen ylärajataajuuteen, vain noin 380Hz, jolloin tarkastus jäisi vajaan myös anturin ylärajataajuuksien osalta.

Toisena vaihtoehtona oli ripustaa massa roikkumaan kuormaliinojen varaan ilmaan ja suorittaa mittaus kiinnittämällä vertailuanturi ja vertailtava-anturi siihen ja lyödä heräte vasaralla. Tämä menetelmä toimii mittausteknisesti erinomaisesti, koska massasysteemiin ei tule ulkopuolisia häiriöitä, joten taajuusvastefunktiosta tulee erittäin siisti vertailtavan anturin toimiessa oikein. (Esa Lehtovirta. 2010)

Ongelmaksi tässä menetelmässä muodostui massan riiputtamiseen sopiva paikka. Testauspaikan läheisyydestä ei löydy paikkaa johon voisi nostaa tällaisen mittauksen vaatiman massan roikkumaan ja testauspaikalla olevan katonosturin sitominen tarkastustyöhön pitemmäksi aikaa on mahdotonta.

10.2. Dynaamista painetta mittaavat anturit

Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa ongelmaksi muodostuu mitattavan signaalin tuottaminen hallitusti, eli tarkastuksessa käytettävän paineen tulee olla tuotettu hallitusti. Käytössämme ei ole muuta menetelmää tuottaa tällaista painesignaalia hallitusti, kuin sähköhydraulinen tärstin.

10.3. Staattista painetta mittaavat anturit

Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa käytetään anturin näyttämän vertaamista tiettyyn paineeseen, mikä on riittävän tarkka menetelmä todentamaan anturin oikea toiminta. Varsinkin, kun paine tuotetaan manuaalisesti järjestelmään, johon ei pääse ulkoisia häiriöitä.

Kuitenkin käytäntöjä miettiessämme tuli ajatus antureille tehtävästä lisätarkastuksesta. Staattista painetta mittaavilla antureilla mitataan usein lyhyestä kierrosta pulsaatioita. Antureiden on todettu toimivan kyseisen kaltaisissa mittauksissa, mutta niitä ei kuitenkaan testata vuosittain. Tällainen mittaus olisi helppo toteuttaa dynaamisten paineantureiden testaukseen tarkoitetulla kalustolla. Tulevaisuudessa on syytä miettiä olisiko tällainen tarkastus antureille tarpeellinen vuosittain.

11. Työn ja tulosten arviointi

Työssä ei pystytty suorittamaan täysipainoista vertailua vanhan ohjaus ja mittaustaitteiston, Genrad-analysaattorin ja uuden TCA-ohjelman välillä analysaattorin ja sen osien rikkoontumisen johdosta. Kuitenkin, tarkastelemalla nyt saatuja mittaustuloksia voidaan uuden tarkastusohjelman toiminta todeta oikeaksi.

Työn aloituksessa oli tärkeää olla perehtynyt työssä käsiteltyjen antureiden tarkastamiseen ja niillä suoritettaviin mittauksiin. Vanhan tarkastuksen opetteleminen vain sitä varten, että omaa jotain pohjaa uuden ohjelman suunnittelua varten olisi ollut turhaa ja aikaa vievää. Uutta miettiessä on hyvä tietää millaisissa mittauksissa antureita todellisuudessa käytetään. Näin pystyttiin heti sanomaan mitä ominaisuuksia uusi ohjelma tarvitsee, jotta se olisi mahdollisimman sopiva käytettäväksi

värähtelyantureiden, dynaamista painetta mittaavien antureiden ja staattista painetta mittaavien antureiden tarkastukseen. Samalla oli selvää myös se, että mitä tietoja tarkastuksesta tulee tallentaa.

Työssä on vain lyhyesti käsitelty mahdollisia uusia menetelmiä antureiden tarkastamiseen. Tämä asia jäi vähemmälle tarkastelulle. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastamiseen käytettävää painetta ei ole järkevää tuottaa koneella, koska siitä syntyy paineeseen häiriötä. Dynaamisten paineantureiden vaatima paine pitää pystyä tuottamaan jollain tapaa hallitusti, jotta tarkastuksessa voidaan minimoida ulkopuolelta tulevat häiriötekijät. Värähtelyantureiden tarkastamisessa kävi jo heti selväksi sähkömoottoria kokeiltaessa, että se ei tulisi soveltumaan tarkastuskäyttöön. Massalla suoritettavat mittaukset kaatuivat aikataulullisiin ja laitteistollisiin ongelmiin jo ennen kuin niitä päästiin kokeilemaan. Tässä tapauksessa värähtely spesialisti Esa Lehtovirran kertomus antureiden tarkastuksesta massa menetelmällä toimi hyvänä vertailukohtana sille, mitä näin olisi voitu mitata.

Antureiden tarkastuksessa saadun lisäinformaation avulla voidaan helposti selvittää onko tarkastus mennyt ohjeissa ja aikaisempina vuosina määritellyn tarkastusrutiinin mukaan. Tässä on tosin syytä muistaa se seikka, että mitatulla datalla ei ole juurikaan lisäarvoa tarkastuksia silmälläpitäen, jos sitä ei osata käyttää oikein ongelmien mahdollisesti ilmentyessä.

Myös antureiden tarkastusvälin pidentämisestä keskusteltiin, mutta tällä toimenpiteellä ei olisi saavutettu vastaavaa hyötyä. Jos tarkastusväli kasvatetaan kahteen vuoteen ja ongelmia ilmenee, tulee päästä selvyyteen siitä missä anturia on käytetty, milloin mahdollinen vikaantuminen on tapahtunut ja onko se vaikuttanut joihinkin mittaustuloksiin. (Jani Löytänä. 2010.)

Tarkastustyötä ja ohjeita tehdessä saadun idean, staattista painetta mittaavien antureiden pulsatiotestauksen käyttöönottamista yhtenä uutena tarkastus muotona voidaan pitää erittäin suositeltavana. Antureilla mitataan ajallisia muutoksia prosessista lyhyenkierron tutkimuksen yhteydessä ja näitä tuloksia esitetään asiakkaalle. Saatujen

tulosten perusteella tehdään parannusehdotuksia ja mielestäni olisi syytä myös testata antureiden ominaisuudet pulsaatiomittauksissa, jotta pystytään varmistumaan niiden oikeasta toiminnasta kyseiseen käyttöön.

Työn ohessa tehdyt ohjeet yhdenmukaistavat antureiden tarkastuksen vuosittain. Antureiden tarkastamiseen ja niillä mittaamiseen perehtyneet henkilöt tarvitsevat avukseen vain tarkastusohjeet ja antureiden tarkastukseen perehtyvät uudet henkilöt voivat käyttää tätä työtä, kun tarkastusten suorittamista opetellaan.

LÄHTEET

- Metso. 2010. Metso yleisesitys maaliskuu 2010. Viitattu 7.7.2010.
[intra.metso.com/corporate/intracontent/LibraryFIN.nsf/WebWID/WTB-100208-2256A-A36D1/\\$File/Metso_General_FI_20100525.pptx](http://intra.metso.com/corporate/intracontent/LibraryFIN.nsf/WebWID/WTB-100208-2256A-A36D1/$File/Metso_General_FI_20100525.pptx) - 2010-10-03
- Löytänä, J. 2002. Prosessinmittaus insinööri. Metso Paper Oy. Mittalaitteiden tarkastusohje. Viitattu 7.7.2010.
- Standardit ja standardisointi. 2009. Kk12009.pdf
- Lehtovirta, E. 1996. Spesialisti. Metso Paper Oy. Tärinämittauslaitteiston tarkastusohje. Viitattu 7.7.2010.
- Torkkeli, A-P. 2004. Prosessinmittaus insinööri. Metso Paper Oy. Värähtelyantureiden tarkastuspaikan käyttöönotto. Viitattu 10.7.2010.
- Pcb accelometers. 2010. http://www.pcb.com/techsupport/tech_accel.php
- Genrad. 1986. 2515 CATS Operation Manual
- Kemppainen, K. 2004. Prosesinmittaus teknikko. Metso Paper Oy. Paineenmittausjärjestelmän käyttöönotto. Viitattu 15.7.2010.
- Pcb pressure sensors. 2010. http://www.pcb.com/techsupport/tech_pres.php
- Hydrostaattinen paine, KnowPap. 6.0. 2010.
- The Engineering Toolbox. 2010. http://www.engineeringtoolbox.com/dynamic-pressure-d_1037.html
- Dynamic pressure. 2010. <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/dynpress.html>
- General fluid mechanics. 2010.
<http://scienceworld.wolfram.com/physics/DynamicPressure.html>
- Beamex Calibrator. 2010. <http://www.beamex.com/fi/services/recalibration-and-service.html>
- ABB. 2000. ABB:n TTT-käsikirja 2000-07. Viitattu 2.11.2010.
- Värähtelymittaukset. 2010.
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k2_varahtelymittaukset.html
- Bernoulli system. 2010. Viitattu 3.11.2010. <http://www.bernoulli.se/pages/27?lang=eng>
- Dynaaminen paine. 2010. Viitattu 3.11.2010.
http://fi.wikipedia.org/wiki/Dynaaminen_paine

NI USB-6215. 2010. <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-9/lang/en>

Omron Industrial Automation. 2010.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/motion_and_drives/frequency_inverters/general_purpose/a1000/default.html

Lehtovirta, E. 2010. Spesialisti. Metso Paper Oy. Haastattelu 19.11.2010.

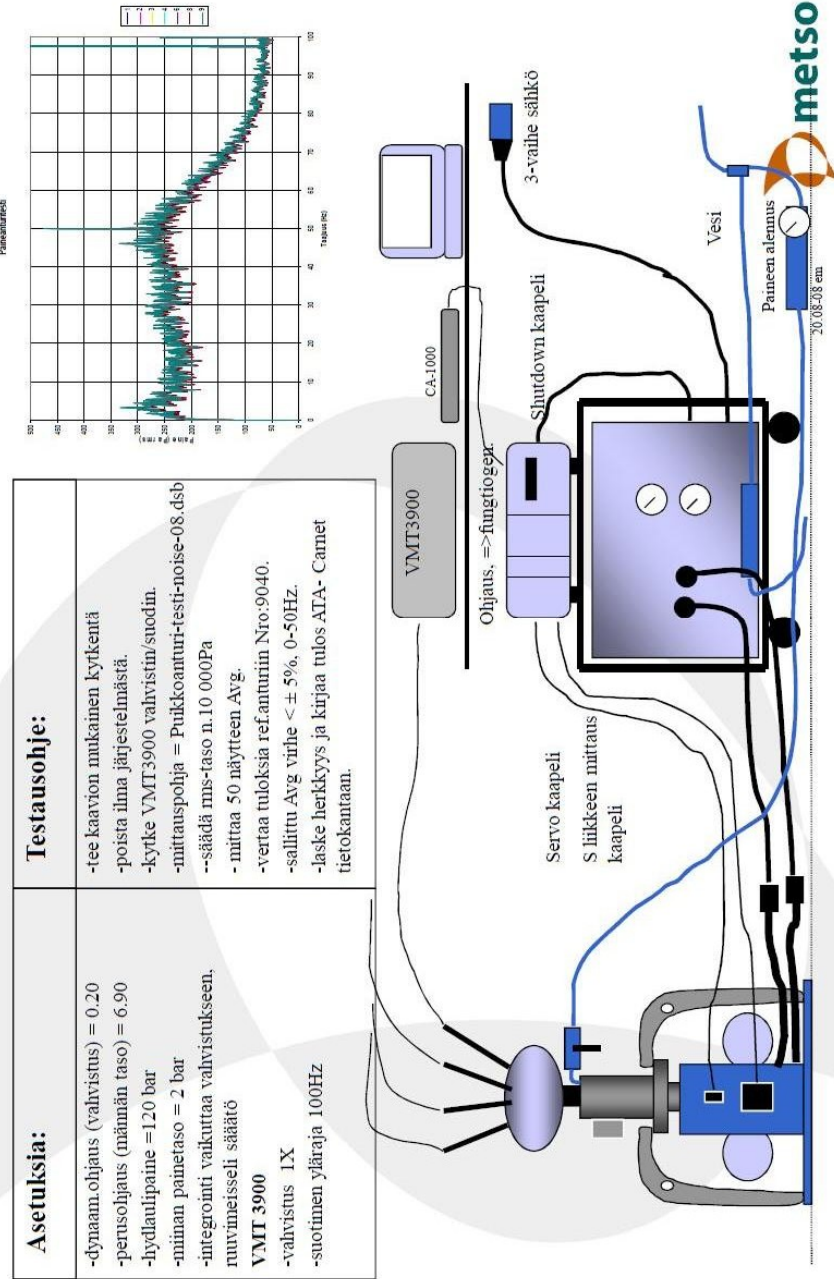
Löytänä, J. 2010. Prosessimittaus insinööri. Metso Paper Oy. Haastattelu 23.11.2010.

Äikäs, A. 2010. Spesialisti. Metso Paper Oy. Haastattelu 29.11.2010.

LIITTEET

LIITE 1.PCB-antureiden testauskaavio/ohje.

PCB- anturien testauskaavio / ohje



LIITE 2.Paineantureiden tarkastusohje.

PAINANTURIEN
TARKASTUSOHJE

1 (1)

Erkki Mikkonen

4.02.2009

PAINANTURIEN TARKASTUSOHJE

Anturien tarkastus kerran vuodessa.
Viimeinen tarkastuspäivä ja tulos löytyy Notes Process analyses 15.16.12 ..tietokannassa,
Excel taulokosta.

Tarkastettavat anturit:

- **Puikkoanturit (PCB)**
katso erillinen tarkastusohje, Notes Process analyses 5.10.12.1
- **Virtaviestianturit**
 - Wika –1...0bar
 - Wika 200 ja 400bar
 - Wika, Keller ja Druck 0.5-10bar

Tarkastus ohje virtaviestianturille:

Tee anturin ulkoinen tarkastus.
-mittauskammion tiiveys, puhtaus, kaapelin ja liittimen kunto.

Kytke anturi kalibrointilaitteeseen.
-kirjaa ylös nollapaineen virta (mA)
-puolen paineen virta
-täyden paineen virta

Tarkastuksessa vertailulaitteena käytetään Beamex- painekalibraattoria, joka tarkastetaan vuoden välein valmistajalla. Tarkastuspäivä ja tulos löytyy tarkastuskaapissa olevasta mapista.
Tarkastuksen tuloksena koko alueen virhe <0.5% ja lineaarisuusvirhe <0.5%.
Jos tulos ei ole em.rajoissa viritä anturi uudellen tai siirrä vialliset hyllyyn ja kirjaa vika vialliset kansioon.
Kirjaa tulokset Notes Process analyses 15.16.12 ..tietokantaan.

LIITE 3.TCA-ohjelman ohje

TCA-ohjelma

Analysis Services

2010

Ohjeesta

Tämän ohjeen tarkoituksena on toimia ohjeena TCA-ohjelman käytölle. Ohjeessa on kuvattu toimenpiteitä mitä tarkastuksia tehdessä on suoritettava, jotta tarkastukset menevät halutulla tavalla. Tässä ohjeessa ei ole esitetty jokaisen tarkastuksen vaatimia toimenpiteitä. Ohjeessa esitetään yleisiä asetuksia ja näyttöjä, mutta tarkemmat ohjeet pitää katsoa kunkin anturin tyyppin tarkastusohjeista.

Antureiden syöttö ohjelmaan

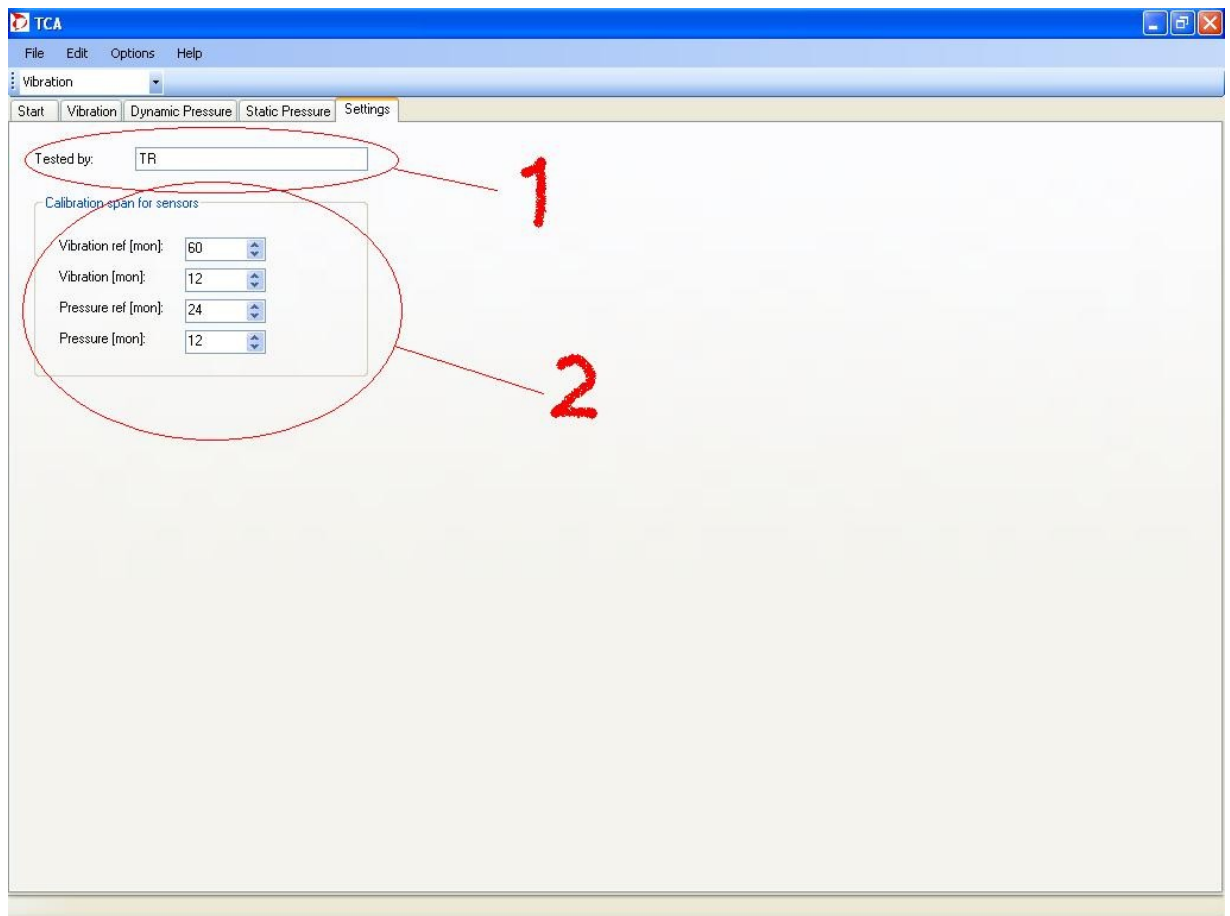
Jos tarkastettavaa anturia ei löydy TCA-ohjelmasta on se lisättävä siihen. Antureiden lisääminen ei onnistu ohjelmasta itsestään, vaan lisääminen on suoritettava suoraan anturietokantaan sensors.xlsx. Tiedosto löytyy calibration-kansiosta edellisen vuoden alta. TCA-ohjelman pitäisi luoda uusi kansio sille vuodelle jona tarkastuksia tehdään, mutta tarkasta, että näin on varmasti tapahtunut.

Antureita lisättäessä sensors.xlsx tiedostoon, tärkeimpänä tietoina ovat anturin sarjanumero tai valmistekoodi, koska anturi tunnistetaan sen perusteella ja merkintä siitä, että onko anturi referenssianturi vai tuleeko se heti mittauskäyttöön. Anturityyppejä saat vaihdettua muuttamalla välilehteä.

Ohjelman käynnistys

Avattaessa TCA-ohjelmaa ensimmäisenä näkymänä on lista erilaisista mittalaitteista, joita osastollamme on.

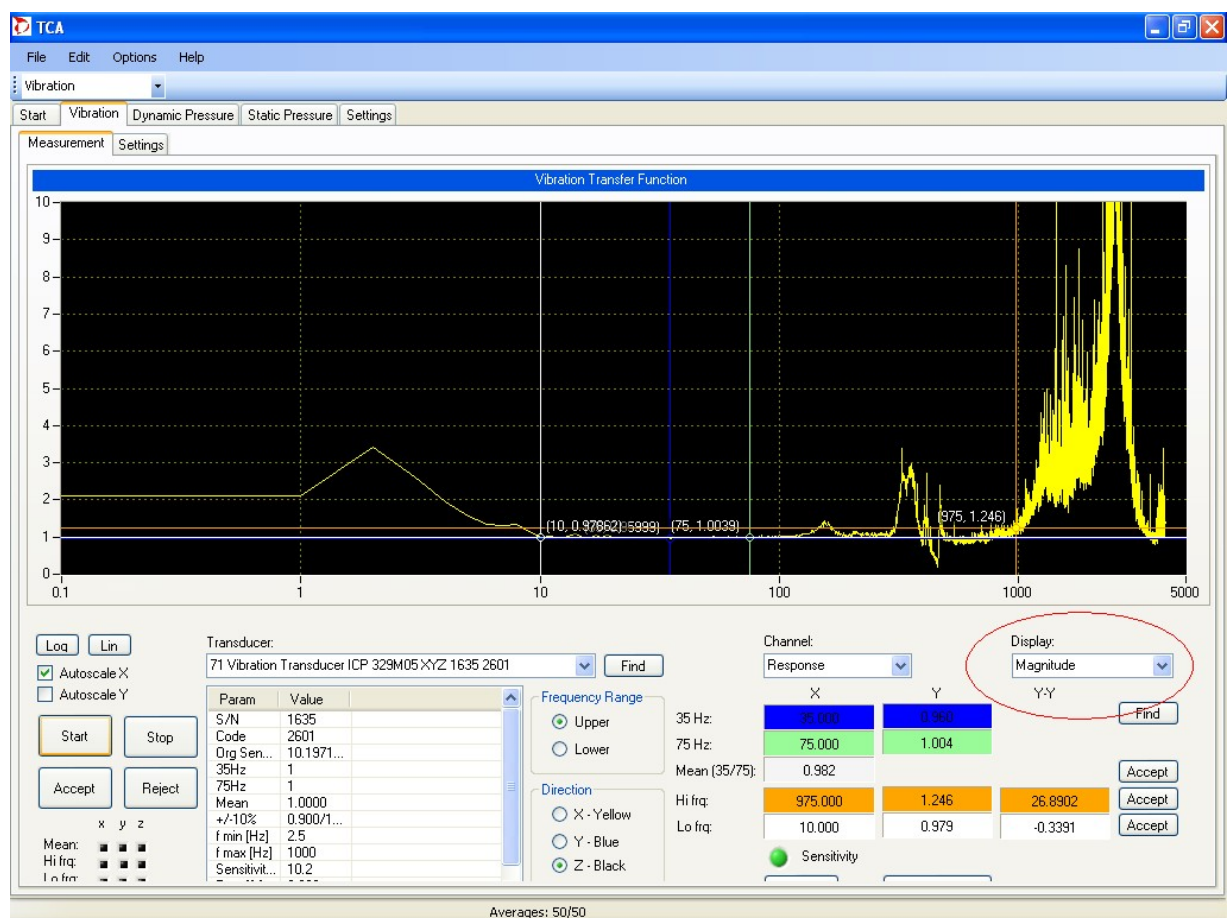
Varsinaista tarkastusta pääset suorittamaan vaihtamalla välilehteä, mutta ennen tarkastamista sinun tulee muuttaa nimikirjaimesi settings-välilehdelle (Kuva 1.), jotta tarkastuspöytäkirjoihin saadaan merkintä oikeasta tarkastajasta **1**. Lisäksi settings-sivulta löytyy vertailuanturin kalibrointitodistusten voimassaoloajan asettelu ja mittauskäytössä olevien antureiden tarkastusvälin asettelu **2**.



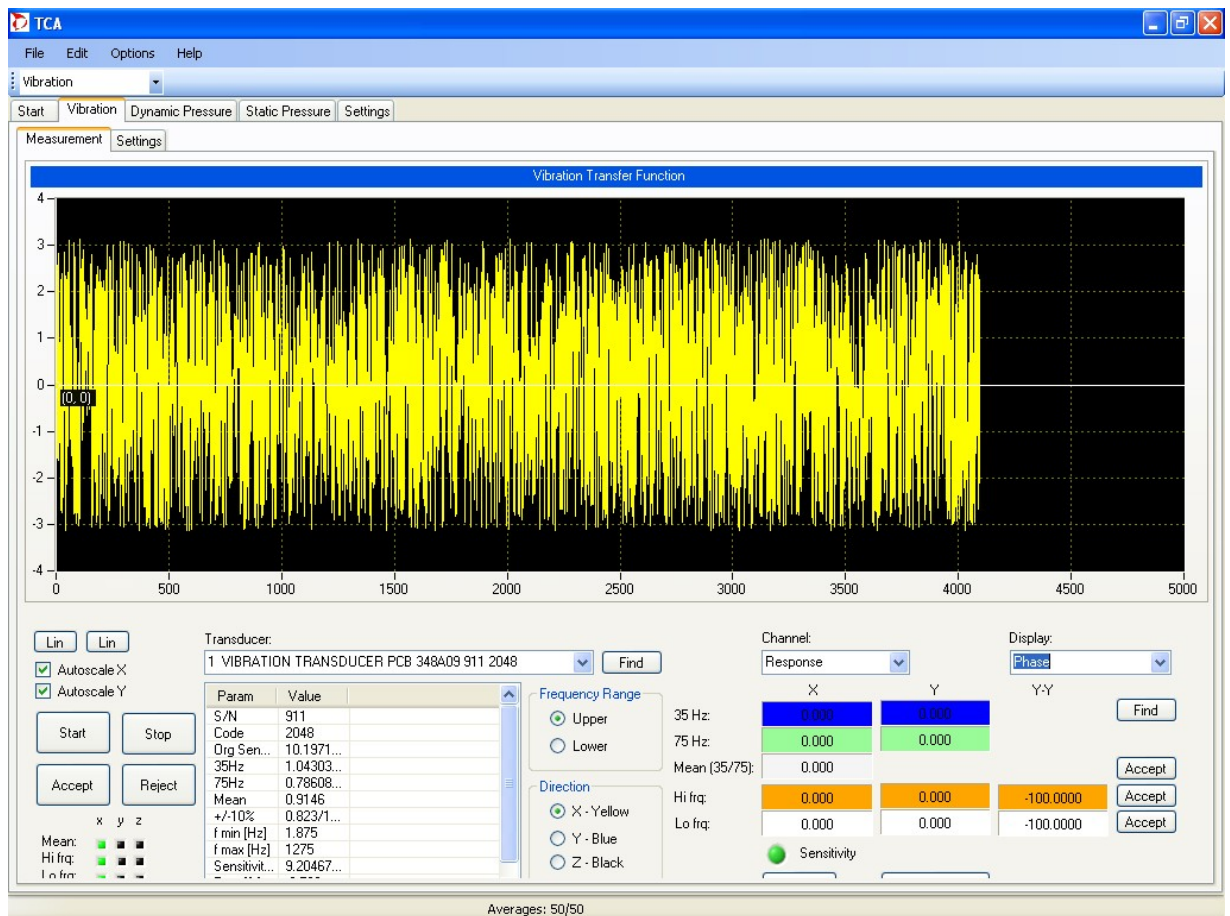
Kuva 1. TCA asetukset.

Anturin tarkastuksessa olevat näytöt

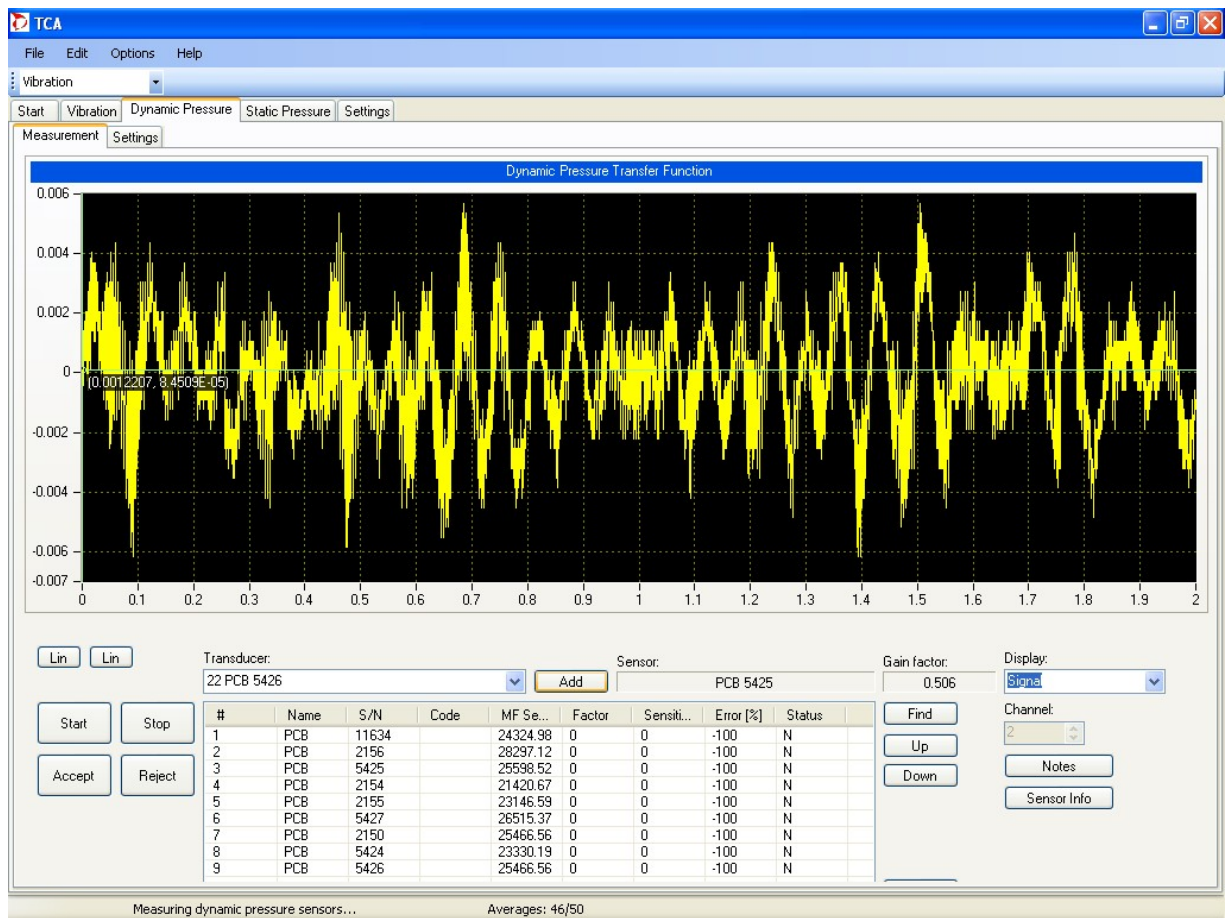
Värähtelyantureita ja dynaamista painetta mittaavia antureita tarkastaessasi, voit katsella eri tietoja tarkastustapahtumasta. Näyttö voidaan vaihtaa kuvassa 2 olevasta, punaisella ympyröidystä pudotusvalikosta. Pääasiassa seurattava näyttö on taajuusvastefunktion näyttö (Kuva 2.), mutta voit tarkastella myös vertailuanturin ja vertailtavan anturin vaihesiirtoa (Kuva 3.), ohjelman täristimelle syöttämää herätettä (Kuva 4.) ja täristimen signaalin spektriä (Kuva 5.).



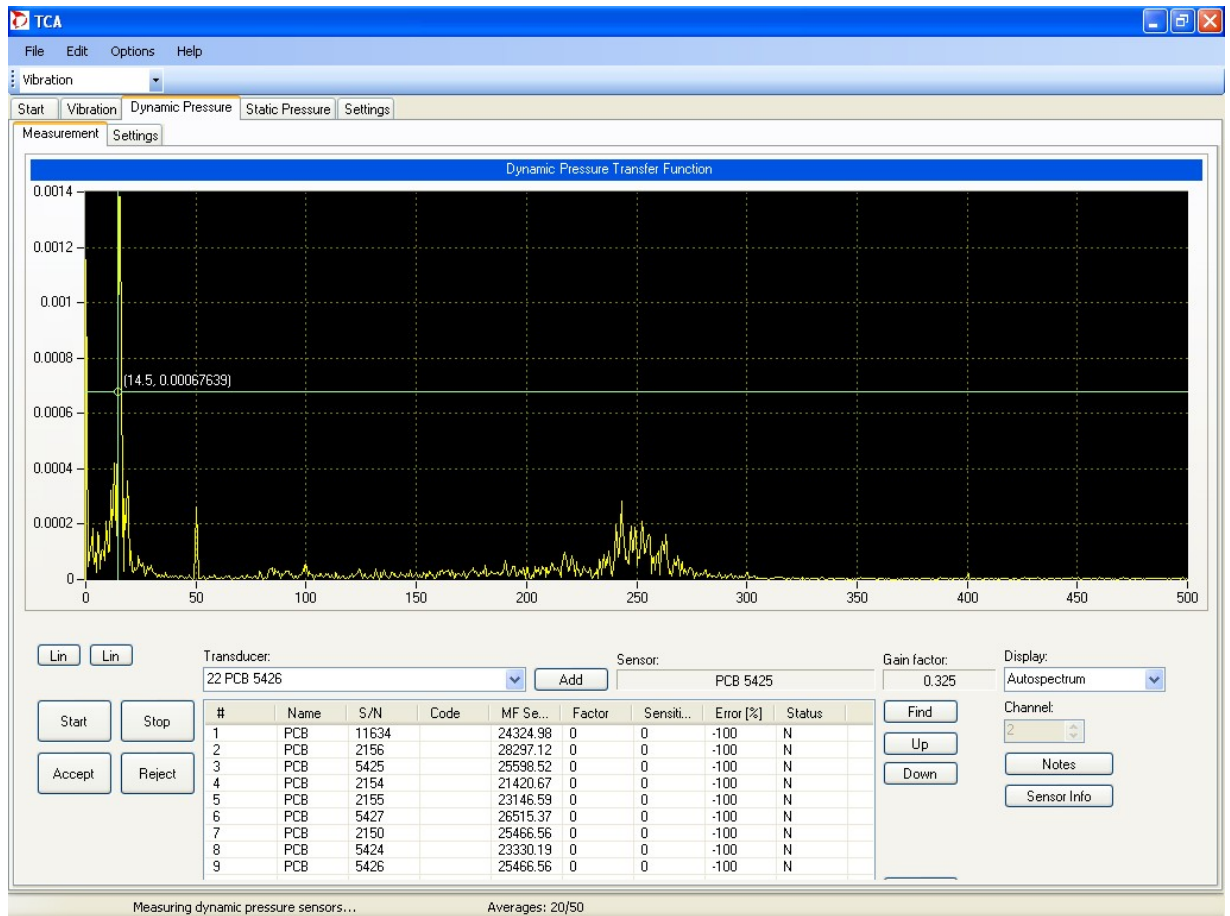
Kuva 2. Taajuusvastefunktio



Kuva 3. Vaihesiirto.



Kuva 4. Heräte.



Kuva 5. Spektri

Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksesta ei ole muuta näyttöä tarkasteltavaksi, kuin Kuvassa 6 esitetty. Muutokset näytössä tapahtuvat 0bar, 1/2 range ja full range sarakkeissa.

	Manufacturer	Name	S/N	Code	Range	0 bar	1/2 Range	Full Range	Notes	Full mA
				bar		mA	mA	mA		mA
1	KELLER	KELLER	49914	2216	1	0	0	0	Nollattu (334mV)	0
1	KELLER	KELLER	49915	2217	1	0.191	10.2	20.22	Nollattu (-82mV)	20.029
1	KELLER	KELLER	49916	2218	1	0	0	0	Nollattu (233mV)	0
1	DMP 331	DMP 331		2300	1	0.037	10.04	20.01		19.973
1	DMP 331	DMP 331		2301	1	0.05	10.05	20.03		19.98
2	DMP 331	DMP 331		2302	1	0.03	10.03	19.99		19.96
2	KELLER	KELLER	48617	2220	2	0	0	0		0
2	KELLER	KELLER	49725	2221	2	0	0	0	Ok	0
2	KELLER	KELLER	49726	2222	2	0.007	10.022	20.02	Ok	20.013
2	KELLER	KELLER	49727	2223	2	0.017	10.04	20.04	Nollattu (108mV)	20.023
2	KELLER	KELLER	49728	2224	2	0	0	0		0
2	KELLER	KELLER	49729	2225	2	0	0	0	Nollattu (28mV)	0
2	KELLER	KELLER	49730	2226	2	0.01	10.046	20.04	Ok	20.03
2	KELLER	KELLER	49731	2227	2	0.1	10.146	20.135		20.035
2	KELLER	KELLER	49732	2228	2	0	0	0		0
3	WIKA	WIKA	4188893	2230	2.5	0	0	0		0
3	WIKA	WIKA	4188894	2231	2.5	0.116	10.11	20.1		19.984
3	WIKA	WIKA	4188895	2232	2.5	0	0	0		0
3	WIKA	WIKA	4433918	2233	2.5	0.052	10.047	20.02		19.968
3	WIKA	WIKA	4188897	2234	2.5	0.152	10.134	20.01		19.858
3	WIKA	WIKA	4188898	2235	2.5	0	0	0		0
3	WIKA	WIKA	4188899	2236	2.5	0.018	9.99	19.99		19.992

Kuva6. Staattisten paineantureiden tarkastuksen näyttö.

Tarkastustiedot

Tarkastuksista saadut tiedot tallentuvat tarkastusvuoden kansioon. Eli vuoden 2010 antureiden tarkastustulokset löytyvät 2010-kansiosta zip-tiedostoina. Jokaisen anturityypin tarkastukset tallentuvat omaan zip-tiedostossa. Esimerkiksi värähtelyanturit VIB-alkuiseen tiedostoon. Värähtelyantureista ja dynaamista painetta mittaavista antureista tallennetaan erikseen aikataso-datat ja taajuustaso-datat. Staattista painetta mittaavista antureista tallennetaan yksi painetieto kustakin painealueesta.

Lisäksi tiedostoon tallentuvat kaikki tiedot tarkastuksessa käytetyistä laitteista, antureille määrättyistä raja-arvoista ja ohjelmaan tehdyistä asetuksista. Näin tarkastuksesta on tallessa kaikki tarvittavat tiedot, jos niissä joskus ilmenee ongelmia.

LIITE 4.Värähtelyantureiden tarkistaminen

Värähtelyantureiden tarkistusohje

Analysis Services

2010

Ohjeesta

Tämän ohjeen tarkoituksena on toimia ohjeena värähtelyantureiden tarkastuksessa (Kuva 1 ja Kuva 2.). Ohje sisältää kytkentäohjeet ja asetukset käytettävälle laitteistolle ja esimerkkejä tarkastustapahtumasta.



Kuva 1. 3-suuntainen värähtelyanturi



Kuva 2. 1-suuntainen värähtelyanturi

Tarkastuksen aloitus

Tarkastus alkaa tekemällä tärhistimeen liittyvät kiinnitystyöt. Täristin on oltava kunnolla lattiassa kiinni, sille varatussa paikassa. Tärhistimen ja lattian välinen liitospinta on siivottava irtoroskista ennen tärhistimen asennusta lattiaan. Varmista, että täristin on kunnolla kiinni, sille tehdyssä paikassa. Tärhistimen ja lattian laattojen on oltava mahdollisimman hyvin kosketuksissa toisiinsa. Kiinnityksessä on käytettävä kaikkia neljää ruuvia.

Tarkastuksessa käytettävä laitteisto

-Hydraulikoneikko (kuva 3.) ja tärustin vertailuanturilla varustettuna (kuva 4.).



Kuva 3. Hydraulikoneikko.



Kuva 4. Tärustin värähtelymittauksessa.

-Robcon-ohjauslaite täristimelle (Kuva 5.).



Kuva 5. Robcon-ohjauslaite.

Tarkastuksessa käytettävän laitteiston kytkentä

Ensimmäisenä tehtävänä värähtelyantureiden testauksessa on kytkeä hydraulikoneikko (Kuva 3.) ja tärustin (Kuva 4.) toisiinsa. Tarvittavat letkut ja kaapelit löytyvät koneikon päältä, jos laitteisto ei ole jo valmiiksi kytketty. Kaikki letkut ja johdot on oltava kytkettyinä, jotta järjestelmä toimii. Muista myös kytkeä jäähdytysvesi hydraulikoneikolle!

Hydraulikoneikkoon kytkettävät kaapelit ja letkut (Kuva 6.) (Sulkeissa johdon tai letkun toinen pää):

- 32A sähkökaapeli (sähkökeskus)
- Hydrauliiikan ohjaus (ohut)- ja paluuletkut (paksu) (Täristin)
- Shut down johto (Robcon-ohjausliitännät Shutdown-liitin)
- Jäähdytysvesi (Vesiputki seinällä)



Kuva 6. Hydraulikoneikon kytkennät.
kytkentä.



Kuva 7. Koneikon jäähdytyksen kytkentä.

Täristimeen kytkettävät kaapelit ja letkut (Kuva 8. Ja Kuva 9.):

- Hydrauliiikan ohjaus- (ohut) ja paluuletkut (paksu) (Koneikko)
- Servon ohjaus (Robcon-ohjausliitännät Servo-liitin (Kuva 8.))
- Männän paikkatiedon mittaus (Robcon-ohjausliitännät S-liitin(Kuva 9.))



Kuva 8. Servoliitin.



Kuva 9. Hydrauliiikkaletkut ja mittausliitin.

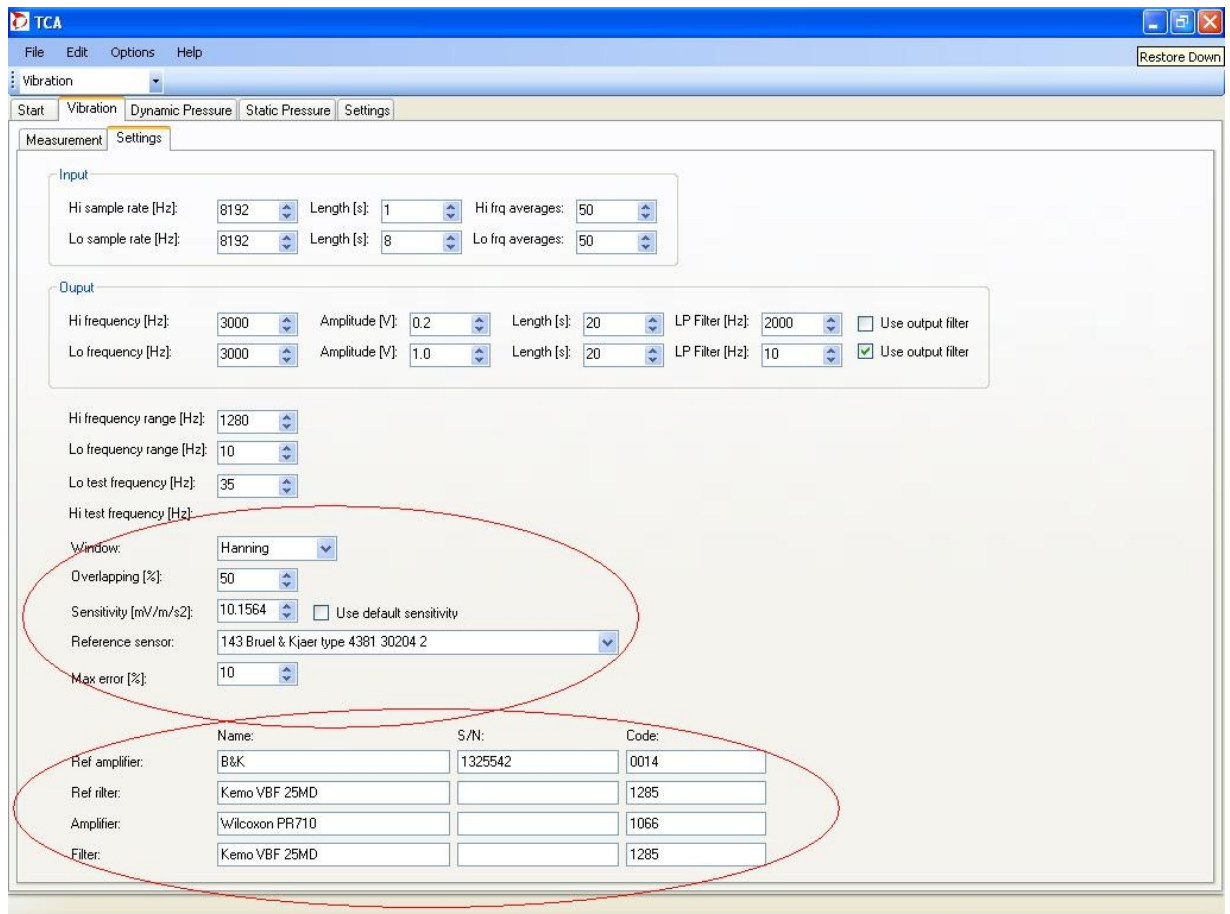
Robcon-ohjauslaitteen kytkennät (Kuva 10.):

- Ohjaussignaali Robcon-ohjauslaitteelle (F-gen liitin)



Kuva 10. Robcon-ohjauslaitteen kytkennät.

TCA-ohjelman asetukset (Kuva 11.):



Kuva 11. Yleiset asetukset

Ylärajataajuudet

Kemo-suodatin:

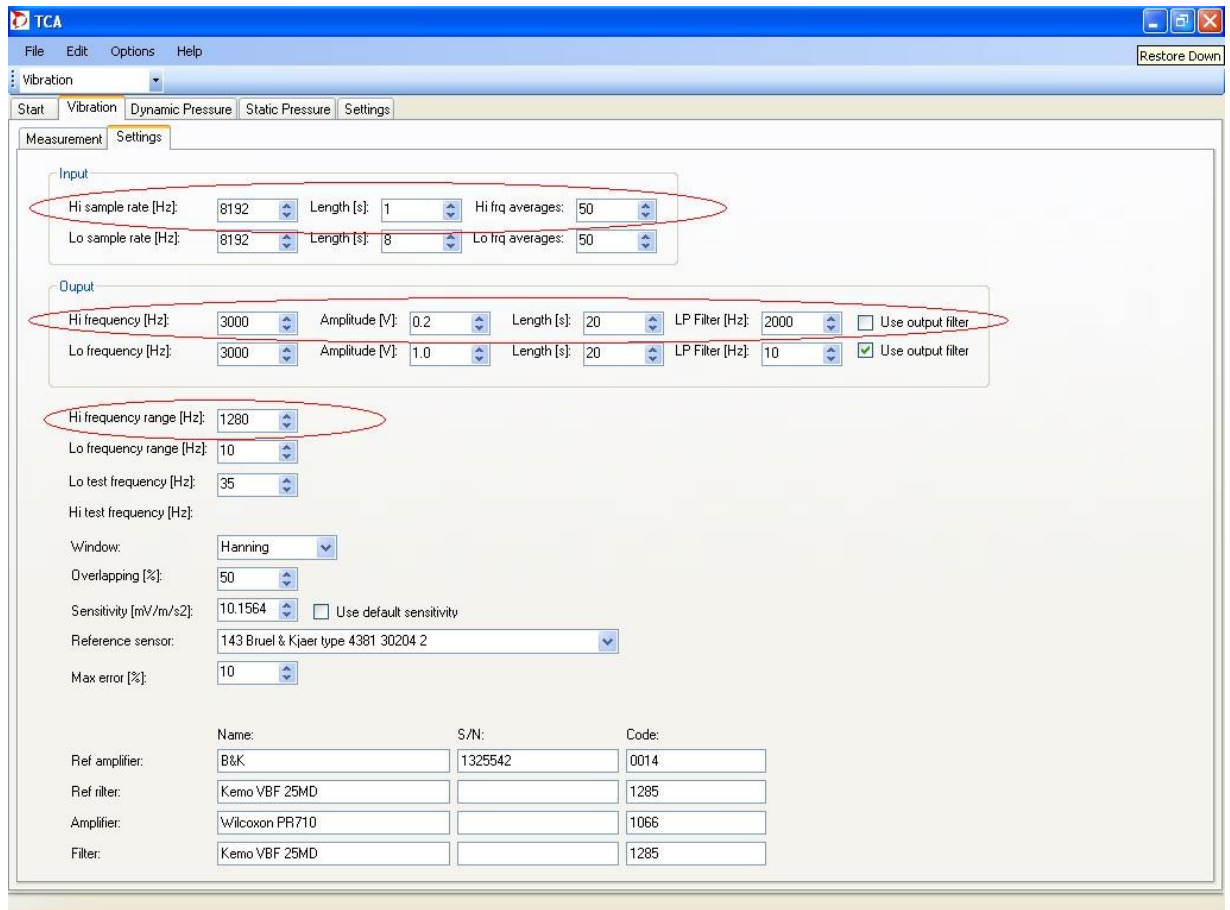
- Robcon-ohjauslaitteen ohjaussignaali 2.55kHz low pass

Robcon-ohjauslaite:

- Servovahvistin
 - Vahvistus => 0.7
 - I => noin 0.3 täydestä alueesta
 - D => noin 0.4 täydestä alueesta

- Perusohjaus => 5.0
- Tasapaino =>5.0
- Dynaaminen ohj.
 - 4.0

TCA-ohjelman asetukset (Kuva 12.):



Kuva 12. TCA-ohjelman asetukset ylärajataajuuksien tarkistamiseen.

Alarajataajuudet

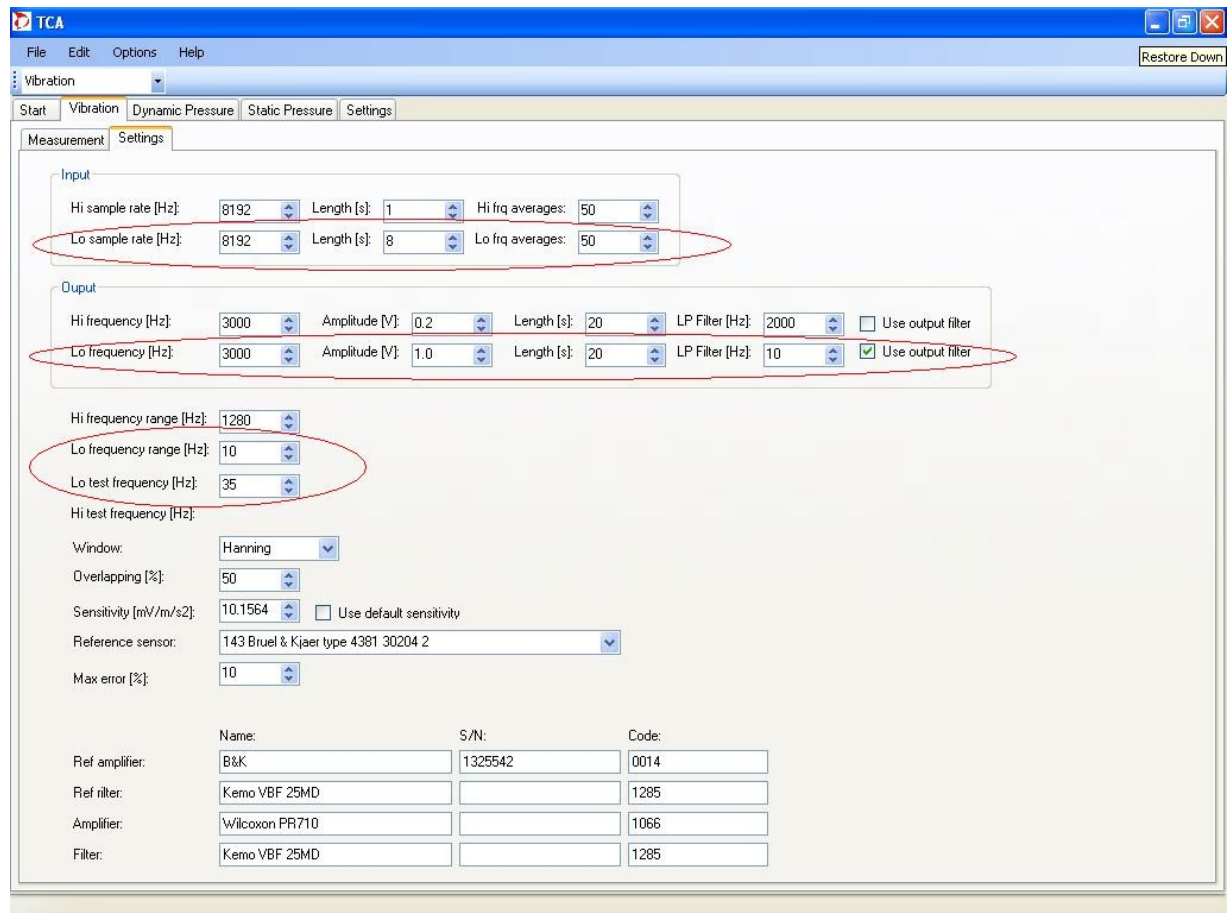
Kemo-suodatin:

- Robcon-ohjauslaitteen ohjaussignaali 10Hz low pass

Robcon-ohjauslaite:

- Servovahvistin
 - Vahvistus => 1.0
 - I => 0
 - D => 0
 - Perusohjaus => 5.0
 - Tasapaino => 5.0
- Dynaaminen ohj.
 - 10

TCA-ohjelman asetukset (Kuva 13.):



Kuva 13. TCA-ohjelman asetukset alarajataajuuksien tarkistamiseen.

Työn kulku

Tallenna mittaukset, kun olet suorittanut ne tai vähintään kerran päivässä, päivän päätteeksi. File -> save. Tallennus vie hetken, joten se tehdään kerran tai kaksi päivässä.

Ylärajataajuudet

- Tarkastele anturia silmämääräisesti. Jos huomaat anturissa pahoja kolhuja tai muita merkkejä varomattomasta käsittelystä, laita anturille huomautus tarkastusohjelmaan, vaikka se toimisi. Löysät liittimet voit kiristää ja korjata heti.
- Kiinnitä anturi vertailuanturin koteloon (kuva 14. ja kuva 15.). Anturi ei saa keinoalustalla, eikä sitä saa kolhia, kun sitä asennetaan paikalleen. Ruuvikiinnitys tapahtuu anturin kyljessä olevasta rei'ästä testauspaikalla olevilla ruuveilla.

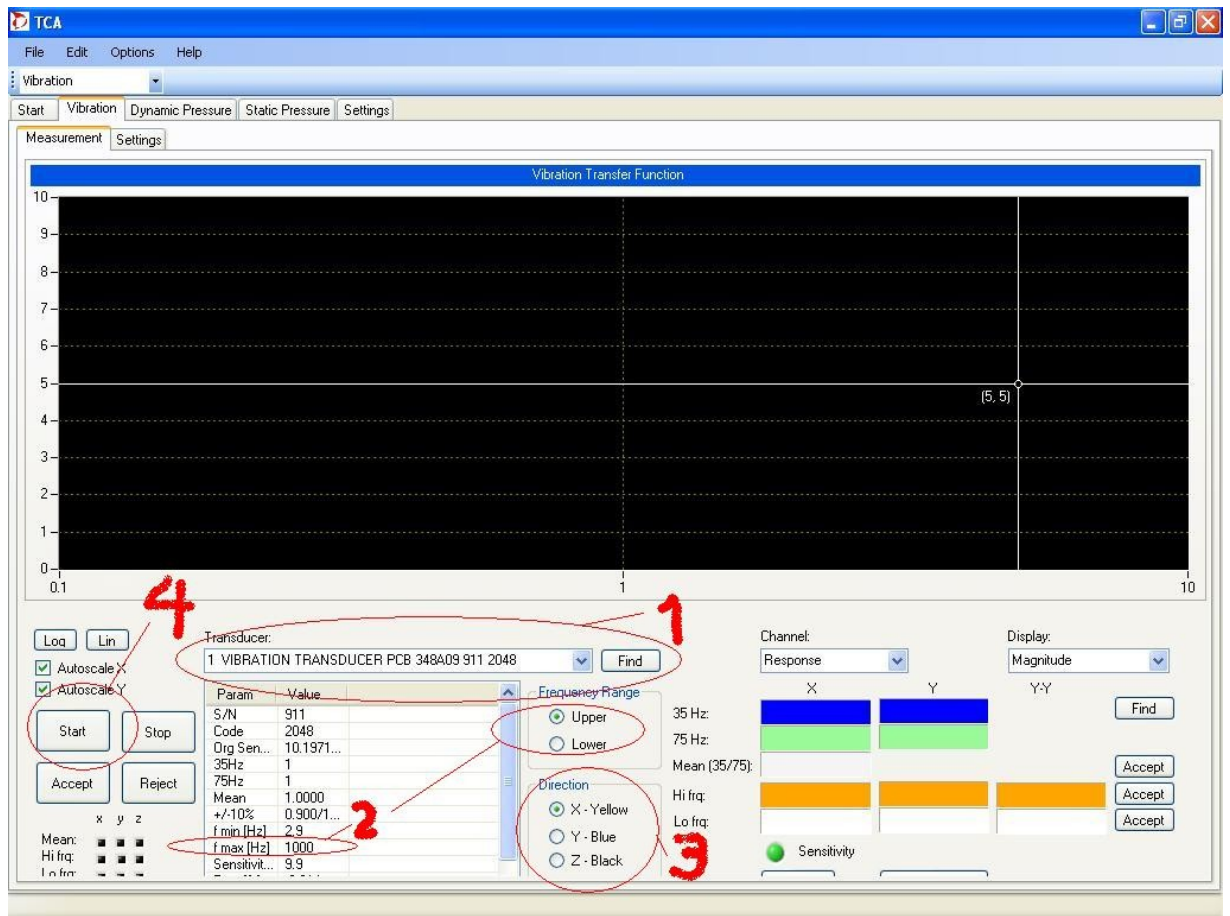


Kuva 14. Magneettikiinnitys



Kuva 15. Ruuvikiinnitys.

- Tarkista, että I/O-Box:ssa on anturin oikeaa suuntaa (X,Y,Z) mittaava johto kytkettynä In 2-kanavaan.
- Katso anturin sarjanumero ja muuta se TCA-ohjelmaan (Kuva 16.). **1**
- Katso anturin vanha ylärajataajuus, että voit verrata sitä uuteen ylärajataajuuteen ja katso, että olet mittaamassa ylärajataajuutta. **2**
- Katso, että TCA-ohjelmaan on laitettu oikea suunta(X,Y,Z). **3**
- Käynnistä mittaus. **4**
- Mittauksen päätyttyä ohjelma näyttää sinulle ylärajataajuuden ja laskee anturin 35Hz:n ja 75Hz:n pisteistä keskiarvon, jota käytetään alarajataajuuden määrittämisessä. **5**
- Hyväksy tarkistettu suunta ja keskiarvo jos kaikki on OK ja aloita uuden suunnan tarkistamisella. **6**
- Ohjelma näyttää vihreällä "valolla", jos suunta on jo tarkastettu. **7**



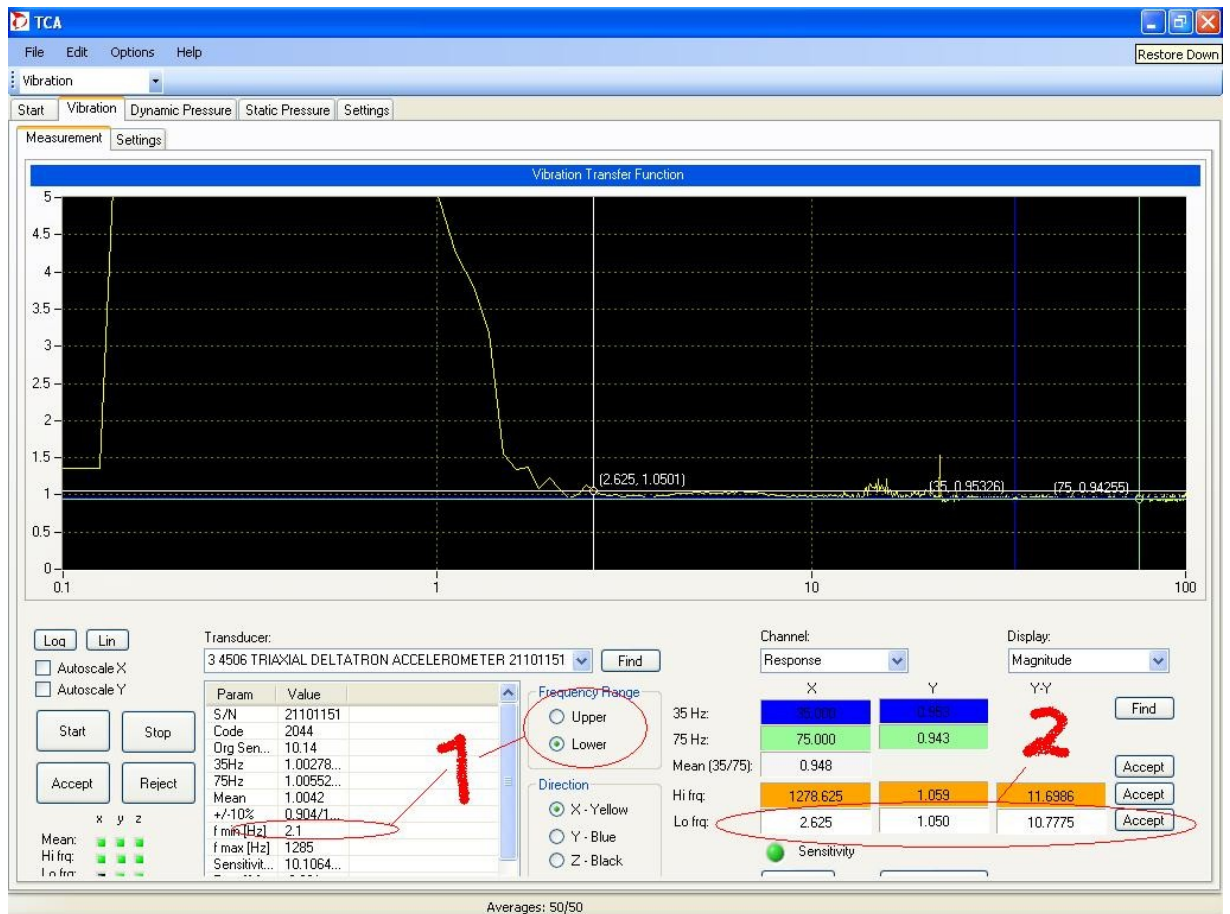
Kuva 16. TCA-ohjelman asetukset anturintarkastukseen.



Kuva 17. TCA-ohjelman ylärataajuuden hyväksyntä.

Alarajataajuudet

- Kiinnitä anturi vertailuanturin koteloon, kuten ylhäällä.
- Tarkista, että I/O-Box:ssa on anturin oikeaa suuntaa (X,Y,Z) mittaava johto kytkettynä In 2-kanavaan.
- Katso anturin sarjanumero ja muuta se TCA-ohjelmaan
- Katso anturin vanha alarajataajuus, että voit verrata sitä uuteen alarajataajuuteen, katso myös, että mittaat alaraja.



Kuva 18. TCA-ohjelman alarajataajuuden hyväksyntä.

- Katso, että TCA-ohjelmaan on laitettu oikea suunta (X,Y,Z).
- Käynnistä mittaus samalla tapaa kuin ylhäällä.
- Katso että mitatut arvot ovat järkeen käyviä ja hyväksy mittaus. 2
- Siirry tarkastamaan toista suuntaa.

LIITE 5. Dynaamista painetta mittaavien antureiden tarkastusohje

Dynamisten paineantureiden (Puikkoantureiden) tarkastusohje

Analysis Services

2010

Ohjeesta

Tämän ohjeen tarkoituksena on toimia ohjeena Dynaamisten paineantureiden (Kuva 1.) tarkastuksessa. Dynaamista painetta mittaavia antureita kutsutaan yleensä PCB-antureiksi tai puikkoantureiksi. Ohje sisältää kytkentäohjeet ja asetukset käytettävälle laitteistolle ja esimerkkejä tarkastustapahtumasta.



Kuva 1. Dynaamista painetta mittaava anturi.

Tarkastuksen aloitus

Tarkastaminen suoritetaan samalla tärstimellä, kuin värähtelyantureidenkin tarkastaminen. Tärstimeseen lisätään paineastia, johon luodaan painepulsseja tärstimen avulla. Paineastian kiinnitys tapahtuu suoraan tärstimen päälle, siihen suunnitellulla telineellä, jossa sijaitsee mäntä painepulssien luomista varten. Teline kiinnitetään tärstimen laattaan neljällä ruuvilla ja telineessä oleva mäntä ruuvataan tärstimkeen kiinni, värähtelymittauksissa käytetyn vertailuanturin tilalle.

Tarkastuksessa käytettävä laitteisto

-Hydraulikoneikko (kuva 2.) ja tärustin paineastialla varustettuna (kuva 3.).



Kuva 2. Hydraulikoneikko.



Kuva 3. Tärustin paineastialla.

-Robcon-ohjauslaite täristimelle (Kuva 4.).



Kuva 4. Robcon-ohjauslaite.

Tarkastuksessa käytettävän laitteiston kytkentä

Ensimmäisenä tehtävänä värähtelyantureiden testauksessa on kytkeä hydraulikoneikko ja tärustin toisiinsa. Tarvittavat letkut ja kaapelit löytyvät koneikon päältä, jos laitteisto ei ole jo valmiiksi kytkettyinä. Kaikki letkut ja johdot on oltava kytkettyinä, jotta järjestelmä toimii. Muista myös kytkeä jäähdytysvesi hydraulikoneikolle!

Hydraulikoneikkoon kytkettävät kaapelit ja letkut (Kuva 5.) (Sulkeissa johdon tai letkun toinen pää):

- 32A sähkökaapeli (sähkökeskus)
- Hydrauliiikan ohjaus (ohut)- ja paluuletkut (paksu) (Täristin)
- Shut down johto (Robcon-ohjausliitännät Shutdown-liitin)
- Jäähdytysvesi (Vesiputki seinällä)



Kuva 5. Hydraulikoneikon kytkennät.



Kuva 6. Koneikon jäähdytyksen kytkentä.

Täristimeen kytkettävät kaapelit ja letkut (Kuva 7. Ja Kuva 8.):

- Hydrauliiikan ohjaus- (ohut) ja paluuletkut (paksu) (Koneikko)
- Servon ohjaus (Robcon-ohjausliitännät Servo-liitin (Kuva 8.))
- Männän paikkatiedon mittaus (Robcon-ohjausliitännät S-liitin(Kuva 8.))



Kuva 7. Servoliitin.



Kuva 8. Hydrauliiikkaletkut ja mittausliitin.

Robcon-ohjauslaitteen kytkennät:

- Ohjaussignaali Robcon-ohjauslaitteelle (F-gen liitin)



Kuva 9. Robcon-ohjauslaitteen kytkennät.

Paineastian kytkentä:

Paineastia pitää täyttää vedellä, koska ilma puristuu kokoon ja siten tekee järkevän mittaussignaalin saamisen mahdottomaksi. Veden saamiseksi astiaan, pitää koneikolle tuleva jäähdytysvesi vetää myös paineastialle (Kuva 10.) paineenrajoitusventtiilin kautta. Vesi tuodaan koneikolta 10mm paineilmaletkulla (Kuva 11.). Anturit kytketään paineastiaan ja mahdolliset ylimääräiset rei'ät tulpataan. Tärstinlaitteisto kannattaa suojata muovilla, koska testauksessa voi tulla joskus isojakin vesiroiskeita (kuva 12.).



Kuva 10. Paineastia



Kuva 11. Vesi koneikolta



Kuva 12. Valmis testilaitteisto

Laitteiston asetukset

Painetaso paineastiassa:

- 2bar

Kemo-stuodattimen asetukset:

- Tärstimen ohjaussignaalin suodatus 100Hz low pass

VMT 3900-suodattimen asetukset:

- Mitattavien antureiden suodatukset 200Hz low pass
- Mitattavien antureiden vahvistus 1x

Robcon-ohjauslaite:

- Servovahvistin
 - Perusohjaus => 6.4
 - Tasapaino => 5.0
 - Vahvistus => 1.0
 - I => 0.1
 - D => 0.75
- Dynaminen ohjaus
 - 0.2

TCA-Ohjelman asetukset:

- Laita ohjelman asetukset kuvan mukaan (Kuva 13.).

TCA

File Edit Options Help

Vibration

Start Vibration Dynamic Pressure Static Pressure Settings

Measurement Settings

Input

Sample rate [Hz]: 8192 Length [s]: 10 Averages: 50

Output

Frequency [Hz]: 1000 Amplitude [V]: 3.0 Length [s]: 20 LP Filter [Hz]: 100 Use output filter

Lo frequency [Hz]: 2.0

Hi frequency [Hz]: 48.0

of channels: 9

Window: Hanning

Overlapping [%]: 50

Max error [%]: 5

	Name:	S/N:	Code:
Ref amplifier:	VMT3900		
Ref filter:	VMT3900		
Amplifier:	VMT3900		
Filter:			

Averages: 50/50

Kuva 13. TCA-ohjelman asetukset.

Työn kulku

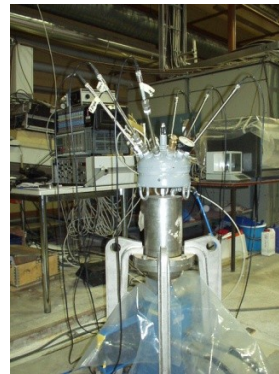
Tallenna mittaukset, kun olet suorittanut ne tai vähintään kerran päivässä, päivän päätteeksi. File -> save. Tallennus vie hetken, joten se tehdään kerran tai kaksi päivässä.

Tarkastustapahtuma

- Tarkastele anturia silmämääräisesti. Jos huomaat anturissa pahoja kolhuja tai muita merkkejä varomattomasta käsittelystä, laita anturille huomautus tarkastusohjelmaan, vaikka se toimisi. Löysät liittimet voit kiristää ja korjata heti.
- Kiinnitä anturit paineastiaan, niille tarkoitettuihin paikkoihin. Jos jokin paikka jää ilman anturia, pistä tyhjään paikkaan tulppa (Kuva 14 ja Kuva 15). Kiinnitä anturit hyvin paineastiaan liittimellä ja kiristä anturi liittimeen kiinni hyvin. anturi ei saa lentää pois liittimestä, kun tarkastusta suoritetaan, mutta anturia ei myöskään saa kiristää liian tiukkaan, koska anturin pitää pystyä liikkumaan vielä tarkastuksen jälkeenkin.

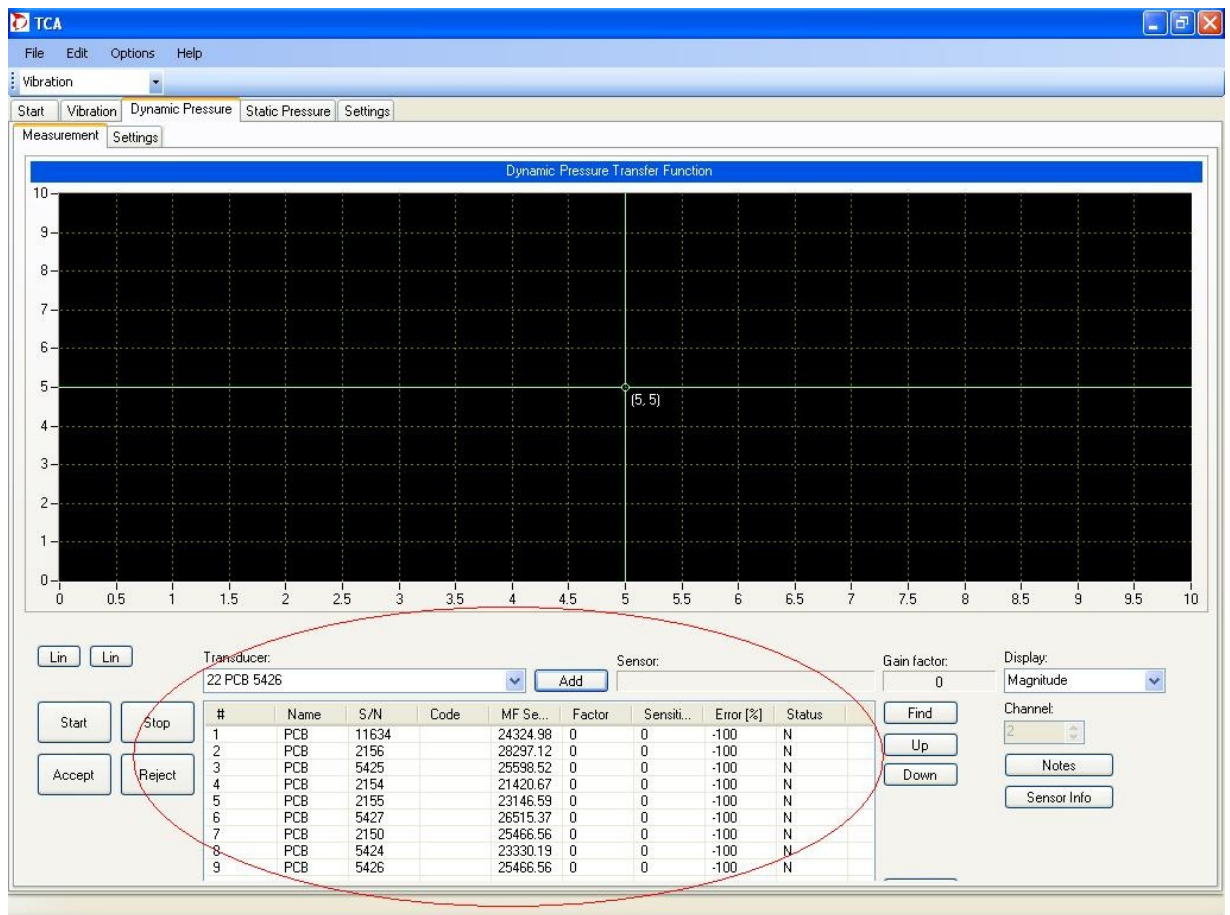


Kuva 14. Antureiden kiinnityspaikat



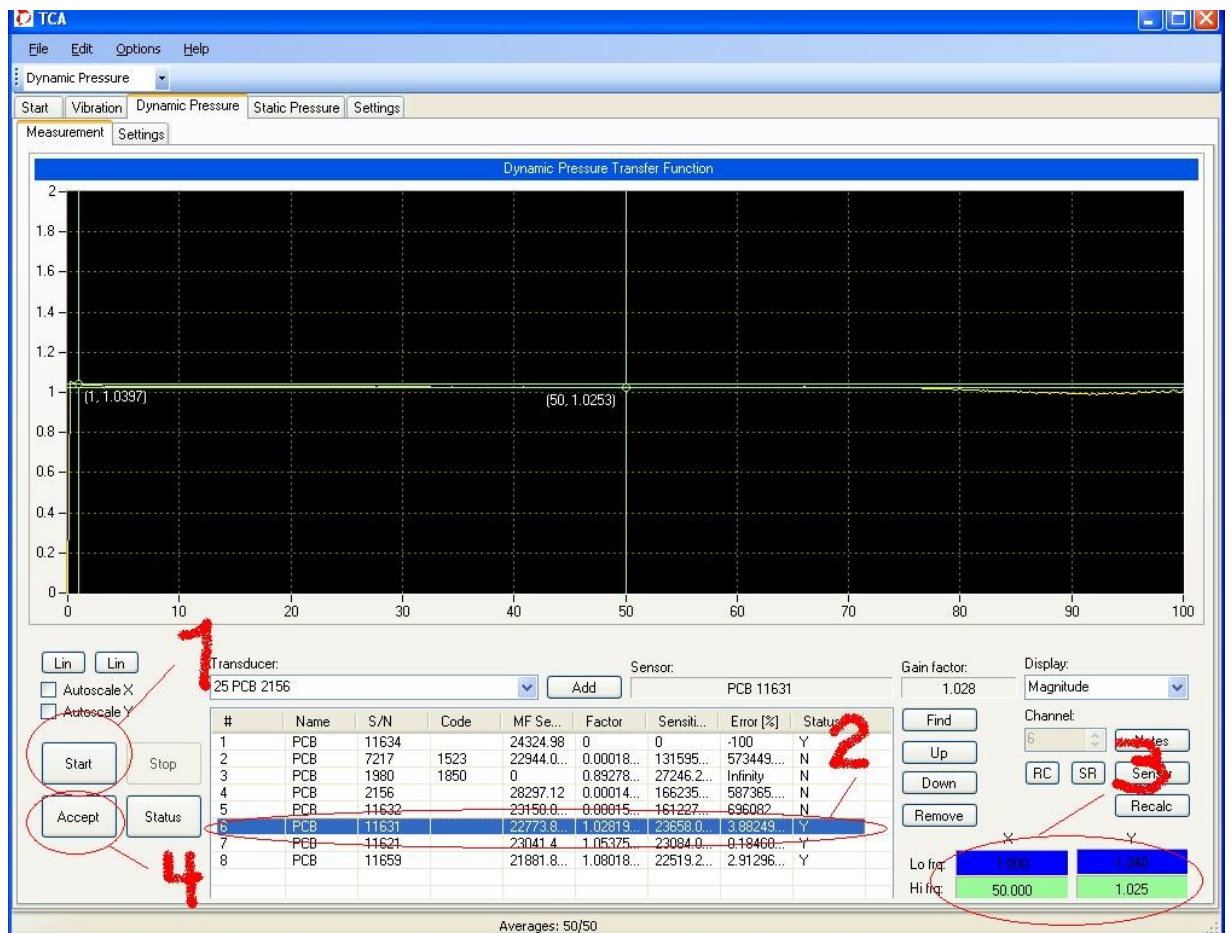
Kuva 15. Anturit kiinnitettynä.

- Valitse anturit TCA-ohjelmasta oikean kanavan kohdalle (Kuva 16.).



Kuva 16. Anturit lisättyinä TCA-ohjelmaan.

- Anturit lisättyäsi käynnistä ohjelma. **1**
- Näytöstä pystyt tarkastelemaan jokaisen anturin tarkastustietoja. **2**
- TCA-ohjelma näyttää anturin alarajataajuuden ja ylärajataajuuden mittauksen jälkeen. **3**
- Kaiken ollessa kunnossa, hyväksy antureiden tarkastus Accept-napilla. **4**



Kuva 17. Tarkastustoimet

- Vaihda paineastiaan uudet anturit ja toista tarkastus.

LIITE 6. Staattista painetta mittaavien antureiden tarkastusohje

Staattisten paineantureiden (tasomittaavat anturit) tarkastusohje

Analysis Services

2010

Ohjeesta

Tämän ohjeen tarkoituksena on toimia ohjeena staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa (Kuva 1.). Staattista painetta mittaavia antureita kutsutaan yleensä paineantureiksi. Ohje sisältää kytkentäohjeet- ja asetukset käytettävälle laitteistolle ja esimerkkejä tarkastustapahtumasta.



Kuva 1. Staattista painetta mittaavia antureita.

Tarkastuksen aloitus

Tarkastus suoritetaan ilman valtavaa, apuenergiaa vaativaa laitteistoa. Paine jota tarkastuksessa käytetään, luodaan käsin ja anturin näyttämää verrataan Beamex-kalibraattorin näyttämään.

Tarkastuksessa käytettävä laitteisto

Ensimmäisenä tehtävänä on kytkeä paineanturi mitattavaan paineeseen. Samaan "paine linjaan" kytketään käsipumppu, paineanturi (Kuva 2.) ja Beamex-kalibraattori (Kuva 3.).



Kuva 2. Pumppu.



Kuva 3. Beamex kalibraattori.

Tarkastuksessa käytettävän laitteiston kytkentä

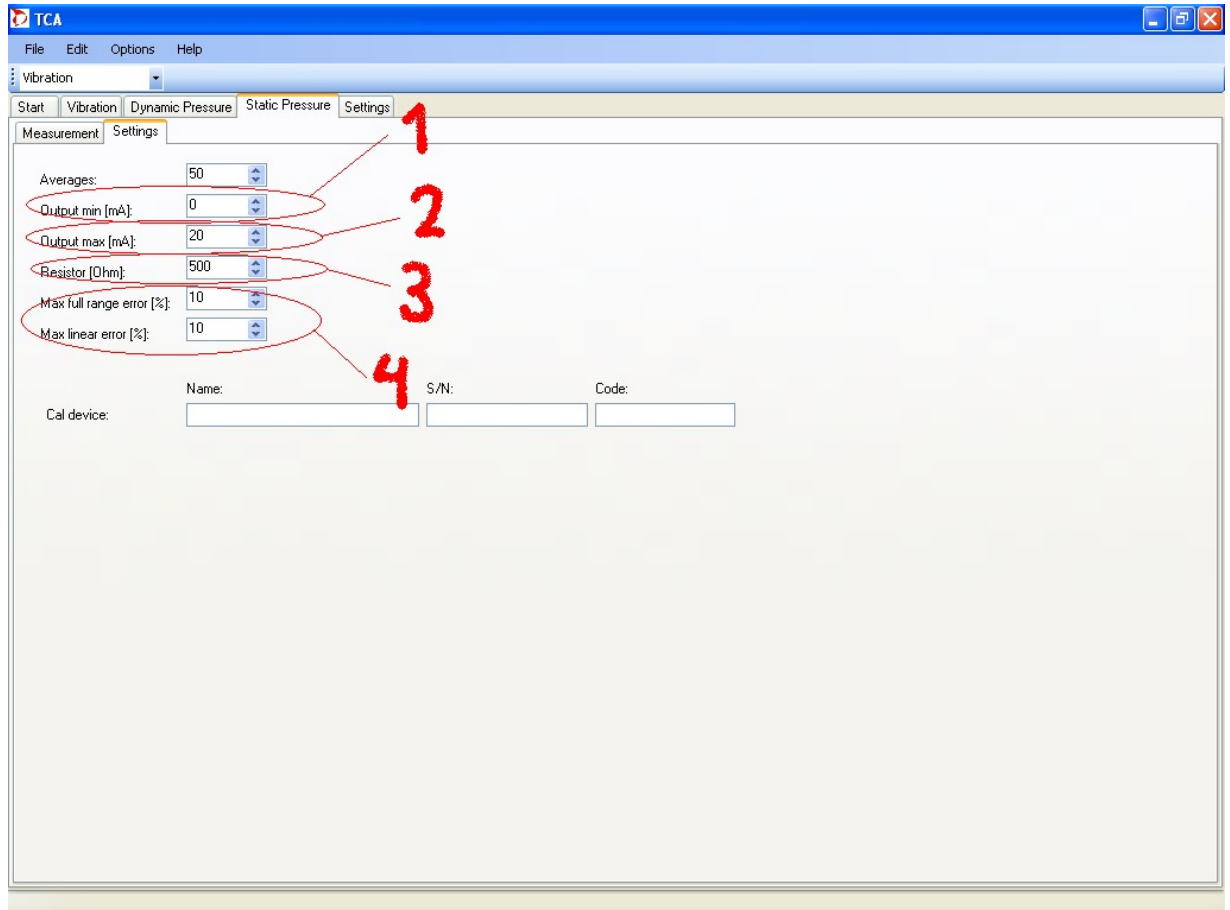
Ensimmäisenä tehtävänä staattista painetta mittaavien antureiden tarkastuksessa on kytkeä paineilmajärjestelmä. Järjestelmän tulee olla tiivis, koska painetta ei pidetä jatkuvasti yllä. Vertailupaine luodaan aina erikseen tarkastuksen ajaksi. Tästä syystä letkut on leikattava päistä tasaisiksi ja ne on painettava pistoliittimiin aina pohjaan asti. Lisäksi kaikissa kierrellyttimissä on käytettävä putkitekoppia, jotta voidaan varmistua, että järjestelmä ei vuoda.

Laitteiston asetukset

Staattisten paineantureiden tarkistamisessa merkittävimpänä asetuksena on anturin virtaviesti, eli onko anturi 0-20mA vai 4-20mA alueella.

- Alaraja 0 tai 4mA, tätä muutetaan tarpeen mukaan **1**. (Kuva 4.)
- Yläraja 20mA, pidetään samana **2**.
- Anturin virtaviesti muutetaan jänniteviestiksi sen mittausta varten ja siitä lasketaan virtaviesti **3**.

- Tarkastettavien antureiden raja-arvojen määrittely 4. Ei muuteta, jos ei ole syytä tarkistaa anturintarkastukselle määrättyjä rajoja.



Kuva 4. Staattisten paineantureiden asetukset.

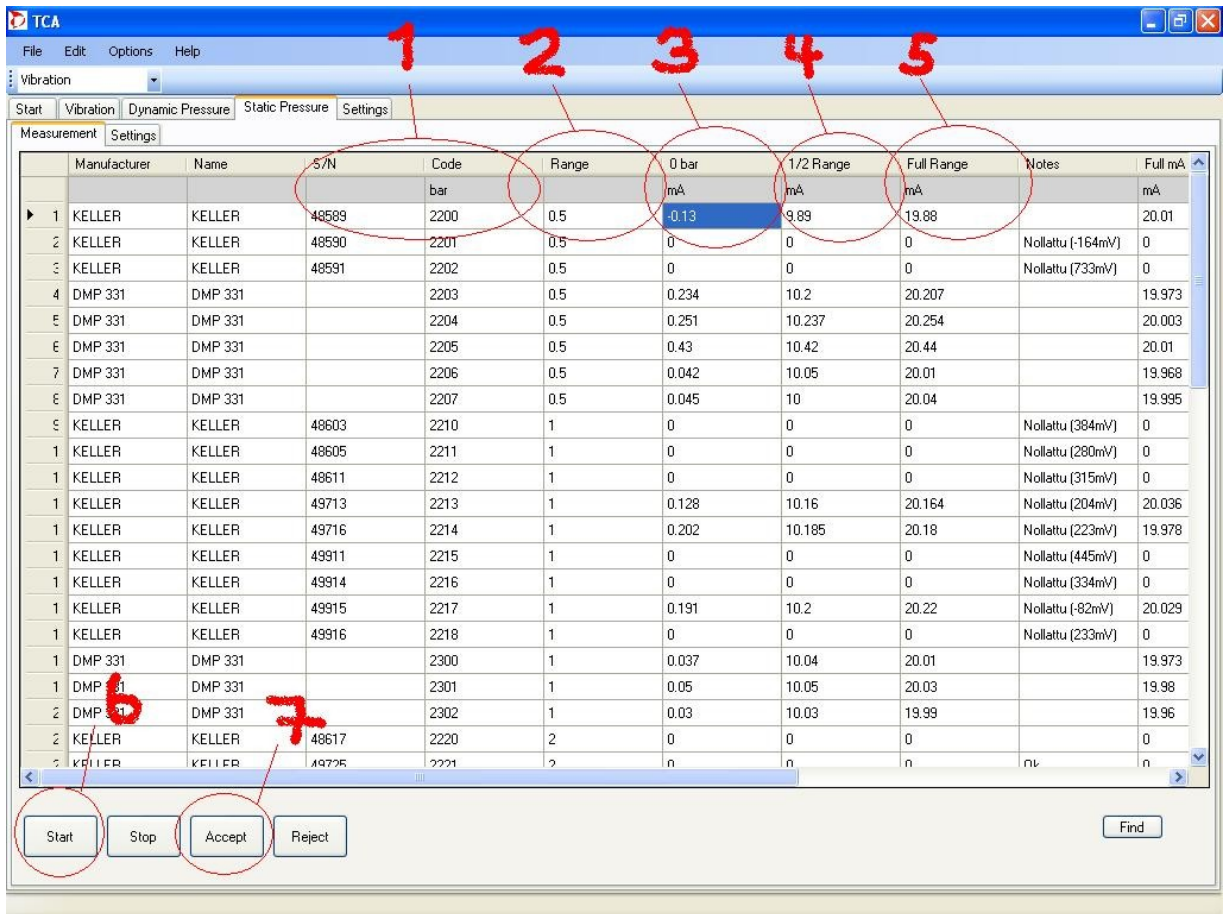
Tärkeintä tarkastamisessa on katsoa, ettei antureiden painealuetta ylitetä!

Työn kulku

Tallenna mittaukset, kun olet suorittanut ne, tai vähintään kerran päivässä, päivän päätteeksi. File -> save. Tallennus vie hetken, joten se tehdään kerran tai kaksi päivässä.

Tarkastustapahtuma

- Tarkastele anturia silmämääräisesti. Jos huomaat anturissa pahoja kolhuja tai muita merkkejä varomattomasta käsittelystä, laita anturille huomautus tarkastusohjelmaan, vaikka se toimisi. Löysät liittimet voit kiristää ja korjata heti.
- Kiinnitä anturi painelinjaan ja varmista järjestelmän tiiveys.
- Anturit tunnistetaan, joko sarjanumeron tai niille annetun koodin perusteella **1**. (Kuva 5.)
- Listasta löytyy antureiden painealueet, joita käytetään painetta luodessa testijärjestelmään **2**.
- Ensimmäinen paine otetaan nolatilasta, eli painetta ei järjestelmässä ole **3**.
- Toinen paine otetaan anturin alueen puolesta välissä **4** ja kolmas paine otetaan anturin täydellä alueella tai niin lähellä alueen yläpäästä kun käytössä olevalla laitteistolla on mahdollista päästä **5**.
- Mittaus aloitetaan painamalla kyseisen tarkastettavan paineen kohtaa **3-5** ja painamalla start-nappia **6**.
- Anturin näyttämä tallennetaan painamalla accept-nappia **7**. Kun anturin kaikki kolme arvoa on saatu ohjelmaan talteen ja kaikki on ollut oikein, siirry tarkastamaan seuraavaa anturia.



Kuva 5. Static pressure, measurement-sivu.