

Marko Kesti

TUOTANNOLLISESTI KRIITTISTEN LAITTEIDEN
KUNNONVALVONTA SACHTLIBEN PIGMENTS OY:SSÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2012



TUOTANNOLLISESTI KRIITTISTEN LAITTEIDEN KUNNONVALVONTA SACHTLEBEN PIGMENTS OY:SSÄ

Kesti Marko

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Lokakuu 2012

Ohjaaja Santanen Teemu

Sivumäärä: 45

Liitteet: 3

Asiasanat: Kunnossapito, värähtelyt, ennakointi

Työssä tutkittiin Sachtleben Pigments Oy:n alkupään tuotannollisesti kriittisten pyörivien koneiden kunnonvalvonnan tilaa. Työssä selvitettiin, mitä nämä laitteet ovat ja miten kunnonvalvonta toimii tutkimuksen lähtötilanteessa. Tuotannon kannalta kriittisiksi kohteiksi todettiin paineilmakompressorit ja vedenjäähdytyslaitokset. Tutkimustyön tavoitteena oli laatia esitys kyseisten laitteiden kunnonvalvonnan päivittämisestä nykypäivän tasolle sekä kunnonvalvonta palveluihin.

Työ tehtiin tiiviissä yhteistyössä Sachtleben Pigmentsin asiantuntijoiden sekä enakoivaan kunnossapitoon erikoistuneiden yritysten kanssa. Työn pohjalta tehtävät muutokset vaikuttavat erityisesti 983.06-kompressorin värähtelymittaustarkkuuteen.

Työssä esittelemilläni muutoksilla mittaustarkkuus parantuu arvion mukaan vähintään 20 prosenttia

CONDITION MONITORING OF CRITICAL PRODUCTION MACHINERY

Kesti Marko

Satakunta University of Applied Sciences

Machinery and production engineering

Santanen Teemu

Number of pages 45

My final year project is a study of maintenance of critical spinning machines in Sachtleben Pigments Oy and to find out current situation of these machines. In my project I find out what these machines are and how maintenance is working at the starting point of a study. On a base of production, critical targets were air compressors and water cooling plants. It is a part of project to make out proposal of updating maintenance of these machines and services.

Project was a close co-operation with specialists of Sachtleben Pigments as well as companies which are specialized proactive maintenance. Changes which are made according of my study will be effective especially in vibration measurement exactness of 983.06-compressor.

With these changes, what I presented in my project, measurement exactness improves approximate at least 20 percent.

Sisällys

1 JOHDANTO	6
2 SACHTLEBEN PIGMENTS YLEISTÄ	7
3 MEKAANISEN KUNNONVALVONAN TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT	8
3.1 Yleisiä kunnonvalvonnassa tehtäviä mittauksia.....	9
3.1.1 Tärinäanalyysit.....	10
3.1.2 Lämpötilatarkastelu.....	10
3.1.3 Sähkövirran tarkastelu.....	11
3.1.4 Voiteluaineanalyysit.....	11
3.1.5 Spektrianalyysit.....	12
3.1.6 Prosessisuureet	12
3.2 Sähkömoottorin kunnonvalvonta	13
3.2.1 Vikaantumisen syyt.....	14
3.2.2 Staattorikäämien vauriot	15
3.2.3 Roottorin sauvojen murtuminen.....	15
3.2.4 Magneetikäämien kierrossulut	16
3.3 Menetelmiä sähkömoottorin vikojen havaitsemiseen	16
3.3.1 Tärinämittaukset.....	16
3.3.2 Staattorin virranmittaus	17
3.3.3 Osittaispurkausmittaus	17
3.3.4 Kapasitiiviset anturit	18
3.3.5 Staattorin uriin sijoitettavat anturit.....	19
3.3.6 Laakerivirtamittaukset.....	19
4 TUTKITTAVAT LAITTEET	20
4.1 Kompressorit 983.06 ja 983.07	20
4.2 Kompressori 983.07	21
4.3 Kompressorin 983.07 valvonnan arvot	23
4.4 Parannusehdotukset kompressorille 983.07	25
4.5 Kompressori 983.06	26
4.6 Kompressorin 983.06 parannusehdotukset	27
4.7 Vedenjäähdytyslaitokset 205.01, 205.02, 205.03 ja 205.04.....	28
4.8 Veden jäähdytyslaitosten 205.01, 205.02, 205.03, 205.04 parannusehdotukset.....	31

5 VÄRÄHTELYMITTAUKSET SACHTLEBEN PIGMENTS OY:SSÄ 6.6.2005	31
6 ANTUREIDEN SJOITTELU	34
7 HALLITTU VIKAANTUMINEN	35
8 LAITE VAURIOITUU YLLÄTTÄEN	36
9 YHTEENVETO	37

LIITTEET

- 1 Työsuunnitelma kompressorin 983.07 kiinteän värähtelymittausanturin siirtoon.
- 2 Varoitustekstit kiihtyvyyssantureita varten.

1 JOHDANTO

Sachtleben Pigments Oy:ssä oli tarve selvittää tehtaan alkupään kriittisten pyörienvienlaitteiden kunnonvalvonnantaso. Selvityksen yhteydessä oli tarkoitus selvittää, millaisilla kunnonvalvonnan tehostamisilla päästään luotettavampaan tulokseen käynninaikaisessa kunnonvalvonnassa. Noin vuosi ennen työni aloittamista oli paineilmakompressorin öljynkiertoon tullut häiriö, joka johti huomattavan suuren laiterikkoon. Laitteen rikkoutuminen aiheutti huomattavan tuotantokatkoksen. Lisäksi laitteen korjaus oli erittäin kallis, koska varaosien saatavuus on rajallista.

Tämä äkillinen laiterikko herätti esiin kysymyksiä laitteiden käynninaikaisesta kunnonvalvonnasta ja tämä oli syynä opinnäytetyöni aiheeseen.

Tässä tutkimuksessa kehityskohteena olleet laitteet ovat pääsääntöisesti paineilmakompressoreita sekä jäähdytysvesiturboja. Kyseiset laitteet ovat erittäin kriittisiä tehtaan tuotannon kannalta. Paineilmakompressorit tuottavat 2,5 barin paineilmaa tehtaan alkupäässä sijaitseviin reaktoreihin. Jäähdytysvesiturboilla tuotetaan jäähdytettyä vettä tahtaan laitteiden jäähdytyksiin. Näitä ovat muun muassa sähkökeskukset, paineilmakompressorit ja erilaiset syöttölietteiden jäähdytyksiä.

Tutkimuksessa on konstruktiivinen tutkimusote, jossa kohteena on Sachtleben Pigments Oy:n tuotannon kunnonvalvonta. Konstruktiivinen tutkimus tarkoittaa järjestelmällistä toimintaa, jonkin asian selvittämiseksi. Tutkimuksessa selvitettiin ensin kunnonvalvonnan nykytilanne. Sen pohjalta saatiin tietoa tekijöistä, joita kehittämällä saavutettiin tavoite kunnonvalvonnan laadun parantamiseksi.

2 SACTLEBEN PIGMENTS YLEISTÄ

Sachtleben Pigmentsin tehdas Porin Kaanaassa aloitti toimintansa 10.4.1961. Tehdas työllistää noin 550 henkeä ja on maailman seitsemänneksi suurin titaanidioksidipigmenttien tuottaja (Sachtleben www-sivut 2011).

Sachtleben Pigmentsin päätuote on titaanidioksidipigmentti, jota käytetään raaka-aineena maaleissa, painoväreissä, paperissa ja muovissa. Muita tuotteita ovat erikoistuotteet, joiden käyttöalueita ovat muun muassa kosmetiikka, auringonsuoja- tuotteet, lääketeollisuus, elintarvikkeet, automaalit ja kasvihuonekalvot. Tuotantoprosessissa syntyy myös oheistuotteita, joita käytetään mm. jäte- ja juomavesien puhdistukseen, sementin ja eläinrehun raaka-aineena, jätevesien fosforinpoistoon sekä maanparannusaineena. (Sachtleben www-sivut 2011).



Kuva 1. Ilmakuva Sachtlben Pigmentsin tehtaasta (Sachtleben www-sivut 2011).

Sachtleben Pigmentsin tuotteista menee vientiin yli 90 % kaikkiaan noin 100 maahan ympäri maapalloa. Pigmentsillä on myyntikonttori tai paikallinen myyntiedustaja useassa kymmenessä maassa. Sachtleben Pigments Oy kuuluu yhteis-

yrikykseen, josta Rockwood Incorporated omistaa 69 % ja Kemira-konserni 31 %. Sachtleben Pigments Oy:n lisäksi on Sachtleben GmbH:lla toinenkin toimipaikka. Sachtleben Chemie GmbH:n toimipaikka sijaitsee Duisburgissa, Saksassa. Työntekijöitä on toimipaikassa noin 1150 henkilöä. (Sachtlebenin www-sivut; Sachtleben yritysesittely 2010)

Titaanidioksidipigmenttien valmistusprosessi koostuu kymmenistä eri vaiheista ja prosessi raaka-aineiden syötöstä tuotteen pakkaamiseen kestää kaksi viikkoa. Perusraaka-aineet ovat ilmeniitti ja rikkihappo. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa hienoksi jauhettu ilmeniittimalmi reagoi väkevän rikkihapon kanssa voimakkaassa reaktiossa, jossa ilmeniitin sisältämä titaani muuttuu liukoiseksi titanyylisulfaattiksi. Liuosta puhdistetaan ja siitä erotetaan rauta kiteisenä, vihreänä rautasulfaattina.

Saostusvaiheessa musta titanyylisulfaattiliuos muuttuu valkoiseksi lietteeksi, josta titaaniyhdisteet suodatetaan erilleen ja kalsinoidaan kiteiseksi titaanidioksidipigmentiksi noin tuhannen celsiusasteen lämpötilassa. Kalsinoitu titaanidioksidi jauhetaan pieni kiteiseksi. Jälkikäsitellyssä titaanidioksidin pinnalle saostetaan erilaisia pinnoitekemikaaleja haluttujen tuoteominaisuuksien saavuttamiseksi (Sachtleben yritysesittely 2010.)

3 MEKAANISEN KUNNONVALVONAN TEOREETTISET LÄHTÖKOHDAT

Nykyaikaisessa tuotannossa on prosessin jatkuva toiminta tullut entistä tärkeämmäksi tekijäksi. Laitteiden vikaantumisen johtuvasta korjaavasta kunnossapidosta syntyy suuret kustannukset niin materiaalisesti kuin tuotannollisestikin. Tästä syystä uusia menetelmiä tulee jatkuvasti tuoda esille ja niitä tulee kehittää.

Mekaanisessa, mittaavassa kunnnonvalvonnassa laitteiden vikaantuminen pyritään havaitsemaan jo hyvissä ajoin ennen kuin vika on päässyt kriittiselle asteelle. Vikaantumisen kriittisyysaste on suurin, kun laite vaurioituu niin pahasti, että se

pysähtyy. Tällaisia laitteen pysähdystapahtumia voi syntyä joko täydellisestä särkymisestä tai suojausjärjestelmien laukeamisen vuoksi. Esimerkiksi laakeriviat pyritään havaitsemaan niin hyvissä ajoin, että laitteita voidaan turvallisesti käyttää vielä useita kuukausia tai jopa yli vuoden. Näin saadaan huolto ajoitettua siten, että se ei haittaa tuotantoa merkittävästi. Mittaavassa kunnonvalvonnassa mittaukset pyritään tekemään normaaleissa käyttöolosuhteissa. Eli laitteiden olleessa normaaleissa käynti ja kuormitusarvoissaan.

3.1 Yleisiä kunnonvalvonnassa tehtäviä mittauksia

Yleisiä kunnonvalvonnan mittauksia ovat muun muassa värinäanalyysit. Värinämittausanalyysissä eli värähtelymittauksissa seurataan pyörivän laitteen värähtelyiden tasoa ja sen mahdollisia muutoksia. Pyrkien näin löytämään optimaalinen kohta laitteen huoltoon ja myös estämään yllättävät laitevauriot.

Lämpötilatarkastelulla seurataan laitteen käynnin aikaista lämpötilaa kuten, laakeroinnin ja sähkömoottorin käämien lämpötilaa.

Voiteluaineanalyysien avulla voidaan hyvin selvittää laitteen sen hetkistä kuntoa. Samoin onko öljytilan tiiveys riittävällä tasolla.

Spektrianalyysillä selvitetään laitteessa oleva vika. Eli mikäli värähtelymittauksissa on tullut ilmi, että laitteessa on mahdollinen vikaantuminen. Spektrianalyysillä se voidaan todentaa ja kohdistaa oikeaan paikkaan. Analyysin avulla saadaan selville tarkasti missä kohtaa laitetta vika on.

Prosessisuureilla voidaan myös selvittää ja seurata laitteen kuntoa. Prosessisuureita ovat laitteen sähkömoottorin ottama teho, paine, virtausnopeudesta sekä lämpötilasta.

3.1.1 Tärinäanalyysit

Tärinä- eli värähtelymittauksiin perustuvia menetelmiä pidetään yleisesti tehokkaimpina koneiden kunnonvalvonnassa silloin, kun arvioidaan dynaamisia ilmiöitä kuten tasapainoa, laakereiden kuntoa ja yleensä voimia, jotka kohdistuvat laitteen eri rakenteisiin. Tärinästä saadut mittaustulokset kerätään yleensä tiedonkeruulaitteeseen, josta ne siirretään tietokoneelle analysoitaviksi. Työni tiimoilta olen selvittänyt Sachtlebenin tiedonkeruutilannetta. Sachtlebenissä ei ole erikseen tiedonkeruulaitetta vaan kaikki tiedot mittauksista siirtyvät ohjaamoihin niin sanottu damaticnäytölle. Näistä tuloksista saadaan tarpeen mukaan trenditaulukoita. Mittaustaulukoita ja mittausarvoja on mahdollista saada järjestelmästä aina 12 kuukauden ajalta. Tämä on erittäin hyvä, kun selvitetään milloin jokin muutos esimerkiksi värähtelyjen suhteen on alkanut. Tärinämittauksilla voidaan selvittää akselin taipumia ja asennusvirheitä. Mikäli akselistossa on taipumaa tai asennusvirheestä johtuvaa heittoa nostaa, se välittömästi tärinänmittaustasoa. Lisäksi niillä voidaan tehdä jatkuvaa tarkkailua, jolloin saadaan heti, tieto jos koneessa tapahtuu jotain normaalitilasta poikkeavaa. Tärinärasituksista tehdään niin sanottu spektrianalyysit. Ennen spektrianalyysin tekoa voidaan tehdä niin sanottu verhoikäyrä, joka helpottaa huomattavasti laakerivikojen löytämistä spektrianalyysistä.

[\(http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/\)](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/)

3.1.2 Lämpötilatarkastelu

Lämpötilan tarkkailu on yksi hyvä keino tarkkailla mekaanisen laitteen kuntoa. Myös häiriö voiteluaineen saannissa aiheuttaa lämpötilan nousun. Lämpötilan mittaaminen voi olla hyvänä lisänä kunnonvalvonnassa, mutta se ei yksinään riitä kunnontarkkailuun. Yleisesti lämpötilan nousu tarkoittaa, että häiriö laitteessa on jo vakavalla asteella. Näin ollen huoltotoimenpiteisiin ei jää riittävästi aikaa tehdä ne taloudellisesti. Lämpötilan tarkkailu on omiaan, kun tunnustetaan lämpövuotoja. Se sopii myös voima- ja sähkökytkinten kunnonvalvontaan hyvin. Työssäni aion pohtia myös lämpökameratarkkailun käyttöä yhtenä lisänä muiden tarkkailuunturien kanssa. Tämä seikka vaatii vielä lisäselvitystä ja käytännön kokeiluja.

(ABB:n TTT-käsikirja 2000-07.)

3.1.3 Sähkövirran tarkastelu

Sähkövirran tarkkailu kunnonvalvonnallisesti sopii yleensä sähkömoottoreiden kunnontarkkailuun. Laitteen ottamasta sähkövirrasta tehdään spektrianalyysi, jonka avulla voidaan arvioida luotettavasti moottorin kuntoa. Roottorianalyysi voidaan toteuttaa samalla tiedonkeruulaitteella kuin värinämittauksissa. Virtamittaus voidaan tehdä joko ensiö- tai toisiovirtapiirissä. Spektriä tarkastellaan linjataajuuden 50 Hz ympäristössä käyttäen logaritmista amplitudisteikkoa. Mikäli roottorissa on vikaa, nähdään linjataajuuden molemmin puolin sivunauhat. Näiden sivunauhojen perusteella voidaan selvittää, millä vakavuusasteella roottorin vika on. Sähkömoottorin ottama teho on myös hyvä indikaattori esimerkiksi seurattaessa keskipakopuhaltimen tai pumpun toimintaa. Varsinkin keskipakopumppujen kohdalla sähkömoottorin ottama teho antaa usein hyvää tietoa siitä, mikä pumpussa voisi mahdollisesti vikana. Jos pumpun sähkömoottorin ottama teho ylittää sen nimellisarvot, tällöin voi kyseessä olla laakerivaurio pumpussa, mahdollinen pumpattavan nesteen linjan tukkeentuminen tai epäpuhtaus pumpun juoksupyörässä. Tämän tyyppisissä tapauksissa on syytä kerätä tietoja yhteen, kuten laakereiden lämpötila, värähtelyiden taso ja pumpattavan nesteen virtausmäärä. Näiden tietojen avulla on huomattavasti helpompaa tehdä laitteen vika-analyysi.

(ABB:n TTT-käsikirja 2000-07)

3.1.4 Voiteluaineanalyysit

Mikäli voiteluainetarkastelussa havaitaan metallihiukkasia, voidaan yleensä todeta, että kyseisessä laitteessa on jokin häiriötekijä. Voiteluaine tutkitaan laboratoriossa, jossa analysoidaan, mitä voiteluaine sisältää. Voiteluaineen puhtaudesta nähdään pääseekö voiteluaineen sekaan jotakin epäpuhtauksia. Mikäli analyysissä löytyy jotakin epämääräistä, täytyy myös selvittää mistä se on peräisin. Kyseessä voi olla laakerin tiivisteestä irronnutta keraamia tai muovia. Metallihiukkasia löydettyessä vika on yleensä mekaanisessa kosketuksessa tai seurauksena metallin väsymisestä.

Analyysistä näkyy myös voiteluaineeseen kondensoitunut vesi. Lisäksi tarkastelusta nähdään onko öljyn laatu pysynyt vaaditulla tasolla eli onko tapahtunut hapettumista. Voiteluaineanalyysistä on myös tärkeää selvittää voiko laitteen ulkopuolelta päästä epäpuhtautta laiteeseen ja pilaamaan öljyä. Tämäntyyppisessä tapauksessa on selvitettävä, mistä kohtaa laitteen tiivistys on riittämätön.

Tavallisimpia voiteluaineanalyysejä ovat kiintoainemittaus, hiukkaslaskenta, ferrogafia ja spektrometriset hiukkasanalyysit. Kenttäkäyttöön käteviä laitteita öljyanalyysien tekemiseen ei markkinoilta löydy. Näin ollen analyysit tehdään laboratorioissa. (<http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/>)

3.1.5 Spektrianalyysit

Spektrianalyysi on nykyään yleisin vikadiagnostisoinnin menetelmä. Tämä johtuu nykyisten laitteiden hyvästä kehityksestä. Mittalaitteet hoitavat itse automaattisesti skaalauksen ja vahvistuksen. Ennen jouduttiin tekemään monimutkaisia mittausjärjestelyjä ennen kuin päästiin varsinaiseen mittaustyöhön.

Värähtelyjä voidaan esittää taajuustasossa eli taajuusspektrissä. Värähtelyjen taajuus kertoo kuinka monta värähdysliikettä sekunnissa tapahtuu.

3.1.6 Prosessisuureet

Erilaisten prosessisuureiden käyttöä kunnonvalvonnassa tulee myös harkita. Näitä suureita voidaan käyttää esimerkiksi värähtelymittausten ohessa. Käytettäviä suureita voisivat olla ohjaamoiden näytöiltä saatavat arvot lämpötilasta, paineesta, virtausnopeudesta sekä roottoreiden ottamista tehoista. Tätä menetelmää ei tietääkseni juuri hyödynnetä. Siksi onkin syytä selvittää millaisia etuja saadaan, kun verrataan tiettyjä poikkeamakohtia toisiinsa. Havaitaan esimerkiksi käämin lämpötilan nousu ja verrataan nouseeko roottorin ottama teho. Lisäksi voi olla tilanne,

jossa havaitaan roottorin ottaman tehon ja selvitetään, ovatko virtausnopeus ja paine pysyneet ennallaan. Kyseessä voisi olla esimerkiksi tukos tai jokin vaihteiston häiriötilanne.

3.2 Sähkömoottorin kunnonvalvonta

Sähkömoottorin kunnonvalvonta näyttelee erittäin keskeistä roolia työhöni kuuluvissa laitteista. Lisäksi sähkömoottorit ovat sitä suuruusluokkaa, että niiden saataavuus on hyvinkin rajallista ja toimitusajat ovat jopa 12 kuukautta.

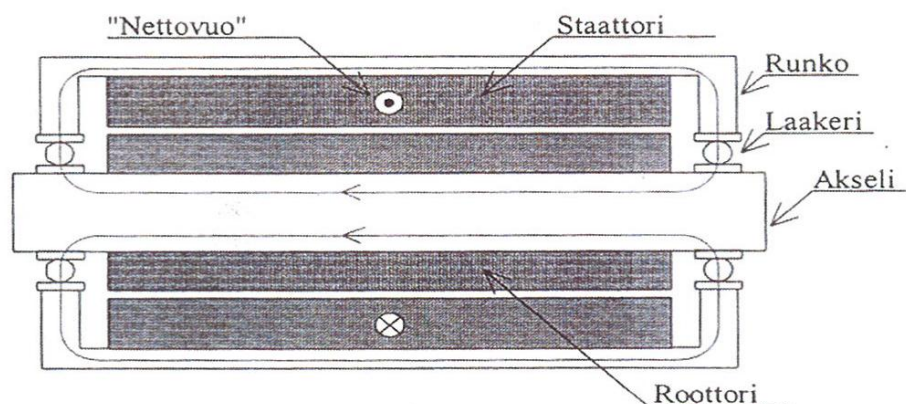
Sähkömoottorin yllättävä vikaantuminen voi aiheuttaa välittömästi suurta vaaraa ihmisille, ympäristölle, prosessille sekä toimilaitteelle. Välillisesti se voi johtaa suuriin aineellisiin vahinkoihin sekä käyttökeskeytyksestä aiheutuvaan tuotantokatkokseen. Havaitsemalla mahdolliset ongelmat voidaan niihin valmistautua ennalta. Moottorin ennakkohuolto on jo pitkään sisältänyt muun muassa äänen tarkkailua, laakereiden vaihtoa sekä voiteluaineen määrääkaista lisäystä. Lisäksi kriittisille koneille on suoritettu seisokkien aikana eristysvastus- osittaispurkaus-, ynnä muita sellaisia testejä. Useat viat ovat kuitenkin sen tyyppisiä, että niitä ei voida havaita laitteen ollessa pysäyksissä tai sen käydessä tyhjäkäynnillä. Tarkastukset tulisikin tehdä koneen käydessä normaaleissa käyttöolosuhteissa sekä normaalilla kuormalla. Asiantuntijoiden arvion mukaan suomalaisessa prosessiteollisuudessa tehtävistä laakerinvaihtoista 30 % on turhia. Tämä koskee kaikkien koneiden ja laitteiden laakerinvaihtoja eikä yksinomaan sähkömoottoreita.

Käytön aikaisella kunnonvalvonnalla voidaan moottoreille tehtävät huoltotoimenpiteet suorittaa oikea-aikaisesti, jolloin tarpeettomat laakerien vaihdot sekä koneen eristeiden huolto- ja korjaustoimenpiteet jäävät tekemättä.

3.2.1 Vikaantumisen syyt

Yleisimpiä vikoja sähkömoottoreissa ovat laakerivauriot, erilaiset staattorikäämi-
en eristeviat, roottorisauvojen vauriot ja magneettikäämien kierrossulut. Suurjän-
nitemoottorissa yleisimpiä ovat laakerivauriot sekä staattorikäämien vauriot. Mi-
käli moottori on taajuusohjattu kuluvat laakerit huomattavasti nopeammin kuin
suoraan verkkoon kytketyssä. Tämä johtuu siitä, että taajuusmuuttaja päästää säh-
köä läpi ja tämä aiheuttaa laakereihin kulumia. Tämän vuoksi taajuusmuuttajakäy-
töissä tulisikin käyttää eristettyjä laakereita.

Laakerivaurioita aiheuttavat muun muassa väärä tai riittämätön voiteluaine, tärinä
ja ylisuuret radiaaliset tai aksiaaliset voimat. Myös laakerien läpi kulkevat virrat
aiheuttavat kulumia, eritoten taajuusmuuntajaohjatuissa moottoreissa. Tärinää
aiheuttavat koneen mekaaninen tai magneettinen epätasapaino, laakereiden ja ak-
selin asennusvirheet sekä vauriot laakerikehissä. Mekaaninen tasapaino pyritään
saavuttamaan jo valmistusvaiheessa eikä sen pitäisi enää muuttua koneen käytön
aikana, paitsi lähinnä laakerien kulumisen seurauksena. Koneen muuttuminen
magneettisesti epätasapainoiseksi tapahtuu yleensä käytön aikana, sillä tilanteen
aiheuttaa roottorin tai staattorin käämityksen vaurioituminen. Epäsymmetrinen
magneetikentän jakauma aiheuttaa akselijännitteen, jonka vuoksi syntyy niin sa-
nottu kiertävä laakerivirta kuvan 12 mukaisesti.



Kuva 2. Nettovuon muodostuminen (PSK 5702 standardi, painos 3).

Staattorikäämissä kulkevan virran ollessa epätasapainossa syntyy nettovuoto, joka kulkee kuvan mukaisesti. Tätä vuotoa vastustaa akselin, moottorin rungon ja laakereiden muodostama vastus. Sinimuotoisella jännitteellä lämpimän moottorin laakereiden jännitekestoisuus on vain 0,2-1 V.

3.2.2 Staattorikäämien vauriot

Staattorikäämien vaurioita aiheuttavat muun muassa osittaispurkaukset, käämien liikkeet, käämien kierrossulut, oikosulut sekä maasulut. Osittaispurkauksia tapahtuu yleensä staattorikäämien eristykseen jääneiden ilmakuplien kohdalla. Eristys voidaan ajatella kondensaattoriksi, joka muodostuu staattorikäämin ja rungon välille. Pachenin lain mukaan läpilyönti ilmassa voi tapahtua huoneen lämpötilassa yhden barin paineessa jännitteellä 335 V. Lain mukaan ilmavälin ollessa kuinka pieni tahansa, mutta ylitettäessä tämä jännite läpilyönti voi tapahtua. Ilman eristyskyvyn pettäessä kondensaattoriin varastoitunut energia purkaantuu ja tapahtuu hetkellinen läpilyönti, jota kutsutaan osittaispurkaukseksi. Kierrossulut tarkoittavat eristyksen pettämistä saman vyyhden kahden eri johdinkerroksen välillä. Kierrossulun aiheuttama lämpötilan nousu johtaa melko nopeasti myös muiden samaan vyyhtiin kuuluvien johtimien väliseen kierrossulkuun. Mikäli vikaa ei havaita ajoissa, se johtaa lopulta vaiheen ja rungon väliseen maasulkuun ja vaiheiden väliseen oikosulkuun.

[\(http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/.\)](http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/)

3.2.3 Roottorin sauvojen murtuminen

Sähkömoottorissa olevat sauvat voivat myös vaurioitua joko murtumalla tai menemällä poikki. Roottorinsauvan ollessa täysin poikki, kuormittuvat viereiset sauvat huomattavasti yli normaaliarvojen, joka voi johtaa näiden ylikuumentumiseen ja sitä kautta roottorin yhä pahempaan vaurioitumiseen ja käyttökeskeytykseen.

Mikäli murtuminen pienentää vain sauvan poikkipintaa, sauva kuumenee paikallisesti ja se voi johtaa lopulta samaan lopputulokseen kuin sauvan katketessa.

3.2.4 Magneetikäämien kierrossulut

Magneetikäämien kierrossulut tarkoittavat yhden tai useamman käämikierroksen oikosulkua, jolloin koneen kyseisen navan magnetointiresistanssi pienenee. Tämä aiheuttaa oikosulkua koneen magneettitilaan, jonka seurauksena koneeseen syntyy hajavuot. Niiden seurauksena koneen värähtelyt kasvavat ja mikäli koneen laakerit eivät ole eristetyt tai vastaavasti jos koneen akselia ei ole maadoitettu syntyy myös akselijännitteitä, joiden yhteydestä laakerivaurioihin on jo mainittu aiemmin.

3.3 Menetelmiä sähkömoottorin vikojen havaitsemiseen

Vikojen havaitseminen perustuu lähinnä mekaanisiin ja sähköisiin mittauksiin. Näistä mekaaniset mittaukset tarkoittavat värinän mittausta moottorin laakereista, akselistä tai käämityksistä. Sähköiset mittaukset taas tarkoittavat akselijännitteen, laakerivirtojen, lämpötilan, vaihevirtojen ja osittaispurkauksien mittausta. Mittausten luotettavuuden kannalta on tärkeää, että mittauksia otetaan riittävän pitkältä aikaväliltä.

3.3.1 Värinämittaukset

Kuulalaakerit tuottavat värinöitä koneen pyörimisnopeudelle ja sitä huomattavasti suuremmille taajuuksille. Mittaavia antureita sijoitetaan haluttuihin mittauspisteisiin: laakerinkansiin, vaihdelaatikkojen runkoon ja käämien päihin. Alkavat laakeriviat kehittävät systeemin muihin värähtelyihin nähden hyvin heikon signaalin, jolloin sen havaitseminen on vaikeaa. Laakerivikoja voidaan kuitenkin etsiä suu-

rilta taajuuksilta (2–60 kHz), josta on löydettävissä laakerivaurion perustaaajuisen signaalin harmoniset värähtelyt. On myös olemassa laskuyhtälöitä, joiden avulla voidaan laskea taajuudet, joilla eri häiriöt esiintyvät. Tämä tosin edellyttää, että laakerin geometria tunnetaan riittävän tarkasti. Laskennalla saadaan oikea taajuus selville ja mittaus voidaan kohdistaa oikealle alueelle. Laakerien mittaustuloksille ei ole olemassa mitään erityistä rajaa, milloin laakeri on esimerkiksi vaihdettava, mutta edellä mainitulla menetelmällä voidaan kuitenkin erottaa jo alkava laakerivaurio. Tärinän mittauksilla voidaan mitata myös koneen staattorin tai roottorin vioista aiheutuvaa magneetista epätasapainoa. Tällöin värähtelytaajuudeksi tulee valita verkon taajuus kaksinkertaisena. Staattorinkäämeihin sijoitettavat anturit joutuvat suureen jänniterasitukseen, jolloin niiden eristämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

3.3.2 Staattorin virranmittaus

Yksinkertaisin tapa tutkia moottorin tilaa on mitata sen ottama virta ja suorittaa mittauksille FFT:n avulla spektrianalyysi. Staattorivirran spektrillä pystytään muun muassa havaitsemaan viallinen roottori, sillä katkennut roottorisauva aiheuttaa verkkotaajuuden ympäristöön selkeästi havaittavat sivukeilat.

Sivukeilan keskitaajuudelle on myös yhtälöt, joiden avulla voidaan melko tarkasti laskea hajakeilojen sijainti, mikäli yksittäinen tai vierekkäiset sauvat ovat murtuneet. Oleellista mittauksien suorittamisessa on, että konetta kuormitetaan mittauksen aikana 70–75 % sen maksimikuormituksesta.

3.3.3 Osittaispurkausmittaus

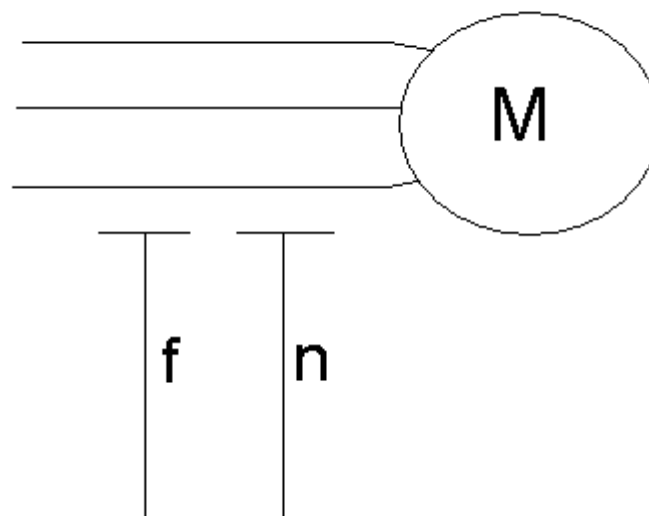
Osittaispurkaustestien on havaittu olevan tehokkaita etsittäessä staattorikäämityksen vikoja. Näitä ovat käämityksen huono kyllästys valmistusvaiheessa, eristeen puolijohtavan kerroksen huononeminen, löysät urat, kierrossulut ja likaantuneet käämit. Kaikki nämä tekijät heikentävät käämityksiä moottoreissa ja generaattoreissa, joiden käämin yli vaikuttava jännite on 4 kV tai enemmän. Osittaispur-

kaustestien tarkoituksena on tutkia, onko mikään edellä mainituista heikentämässä staattorikämmityksen kykyä kestää siihen vaikuttavat jänniterasitukset. Kokemus on osoittanut, että kämmitykset heikkenevät vuosien kuluessa. Mittaamalla staattorikämmityksen osittaispurkaus noin kuuden kuukauden välein voidaan eristysten heikkeneminen huomata ajoissa ja ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin.

Käytön aikaisia osittaispurkausmittauksia suoritetaan yleensä kahdella tavalla, staattorin vaihejohtimiin kytkettävillä kapasitiivisillä antureilla tai staattoriuriin sijoitettavilla mitta-antureilla. Molemmissa menetelmissä on tärkeää erottaa kämmityksessä tapahtuvat osittaispurkaukset ympäristöstä tulevista häiriöistä, sillä ympäristön häiriötaso voi olla 1000 kertaa suurempi kuin mitattava signaali. Ulkoisia häiriölähteitä ovat muun muassa lähialueella suoritettavat kytkinlaitteiden käyttötoimenpiteet sekä liukurenkaiden ja akselien maadoitusharjojen kipinöinti.

3.3.4 Kapasitiiviset anturit

Kapasitiivisia antureita käytetään alle 100 MVA:n moottoreissa ja generaattoreissa. Ne sijoitetaan jokaiseen vaihejohtimeen, yleensä kuvan 3 mukaisesti.



Kuva 3. Kapasitiivisten antureiden sijoittaminen vaihejohtimiin.

Antureita sijoitetaan yleensä kaksi kappaletta, jolloin voidaan määrittää jännitepiikin saapumisajan perusteella, onko häiriö moottorissa vai sen ympäristössä. Välimatkan f- ja n-anturin välillä tulee olla yli 2 m, jolloin noin nopeudella 0,3m/ns etenevän pulssin kulkuviive on jo havaittavissa. Sijoitettavat anturit mitoitetaan siten, että verkkotaajuiset signaalit suodattuvat täysin pois.

3.3.5 Staattorin uriin sijoitettavat anturit

Staattoriin voidaan koneen valmistuksen tai huollon yhteydessä sijoittaa uran levyiset eristetyistä kuparifoliosta tehdyt mitta-anturit. Mitta-anturissa on 25 nm paksuiset, toisistaan eristetyt kerrokset, jotka pystyvät vastaanottamaan signaaleja taajuusalueella 10-1000 MHz. Näistä staattorikämmityksen puoleinen kerros toimii maatasona ja roottorin puoleinen kerros varsinaisena signaalin vastaanottajana. Anturi sijoitetaan staattorin urakiilan ja käämieristeen puolijohtavan kerroksen väliin, jolloin itse anturiin ei kohdistu jänniterasitusta. Anturin eristysten tulee olla mitoitettu samaan lämpöluokkaan kuin koneen muukin eristys. Normaalisti tutkittavaan koneeseen asennetaan 6 anturia, kaksi vaihetta kohden. Käytännön mittaus tulosten perusteella on tehty jako pulssien kestoajan perusteella. Jännitepulssit, joiden kesto aika on 1...5 ns tulkitaan osittaispurkauksiksi. Ulkoiset pulssit vaimenevat staattorin kämmityksissä siinä määrin, että niiden kesto aika on yli 20 ns. Tällöin mitatut pulssit voidaan jakaa ajan perusteella käämeissä tapahtuviksi osittaispurkauksiksi ja häiriöiksi.

3.3.6 Laakerivirtamittaukset

Kiertäviä laakerivirtoja voidaan mitata maadoittamalla moottorin akseli molemmista päistään moottorin runkoon esimerkiksi hiiliharjoilla ja mittaamalla piirissä kiertävä virta jollain suuren taajuuskaistan omaavalla mitta-anturilla. Laakerivirrat ovat osoitus koneen magneettisesta epätasapainosta, jonka yhtenä aiheuttajana ovat magnetointikämmien kierrossulut.

Ei-kiertäviä laakerivirtoja voidaan mitata esimerkiksi Rogowski-mittamuuntimella joko suoraan tutkittavaan koneen akselilta tai maadoituskaapeleiden ympäriltä.

4 TUTKITTAVAT LAITTEET

Tässä työssä tutkittavat laitteet ovat

- kompressori 983.06
- kompressori 983.07
- vedenjäähdytyslaitos neljä täysin identtistä laitetta 205.

Laitteet, joita tutkin ovat sellaisia, joiden kriittisyysaste on korkea. Kriittisyysasteen määrittelyyn vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät: laitteen vaikutus tuotantoon eli mitä tapahtuu, jos laite jostain syystä vaurioituu ja joudutaan ajamaan alas.

Lisäksi kriittisyyteen vaikuttavat varaosien saanti, voidaanko laite huoltaa ja korjata itse sekä voidaanko laite korvata jollain toisella laitteella.

Seuraavassa osiossa kerron laitteista, joita työssäni tutkin ja joille pyrin saamaan mahdollisimman hyvän toimintavarmuuden. Kerron myös eri laitteille tämänhetkisestä kunnonvalvonnasta sekä niille tehtävistä määräaikaishuolloista. Lisäksi pyrin työssäni selvittämään millaisia mittauksia ja tarkasteluja laitteille voitaisiin tehdä niiden ollessa määräaikaishuollossa.

4.1 Kompressorit 983.06 ja 983.07

Kompressoreja 983.06 ja 983.07 käytetään oikosulkumoottoreilla, joiden teho on 1400kW ja nimellinen pyörimisnopeus 2981 r/min. Teho oikosulkumoottorilta kompressorille siirrettään hammasvaihteen välityksellä, joka nostaa kompressorin

983.07 pyörimisnopeuden välille 12.000...13.000 r/min. Kompressorin 983.06 toisioakselin pyörimisnopeus on 4800 rpm.

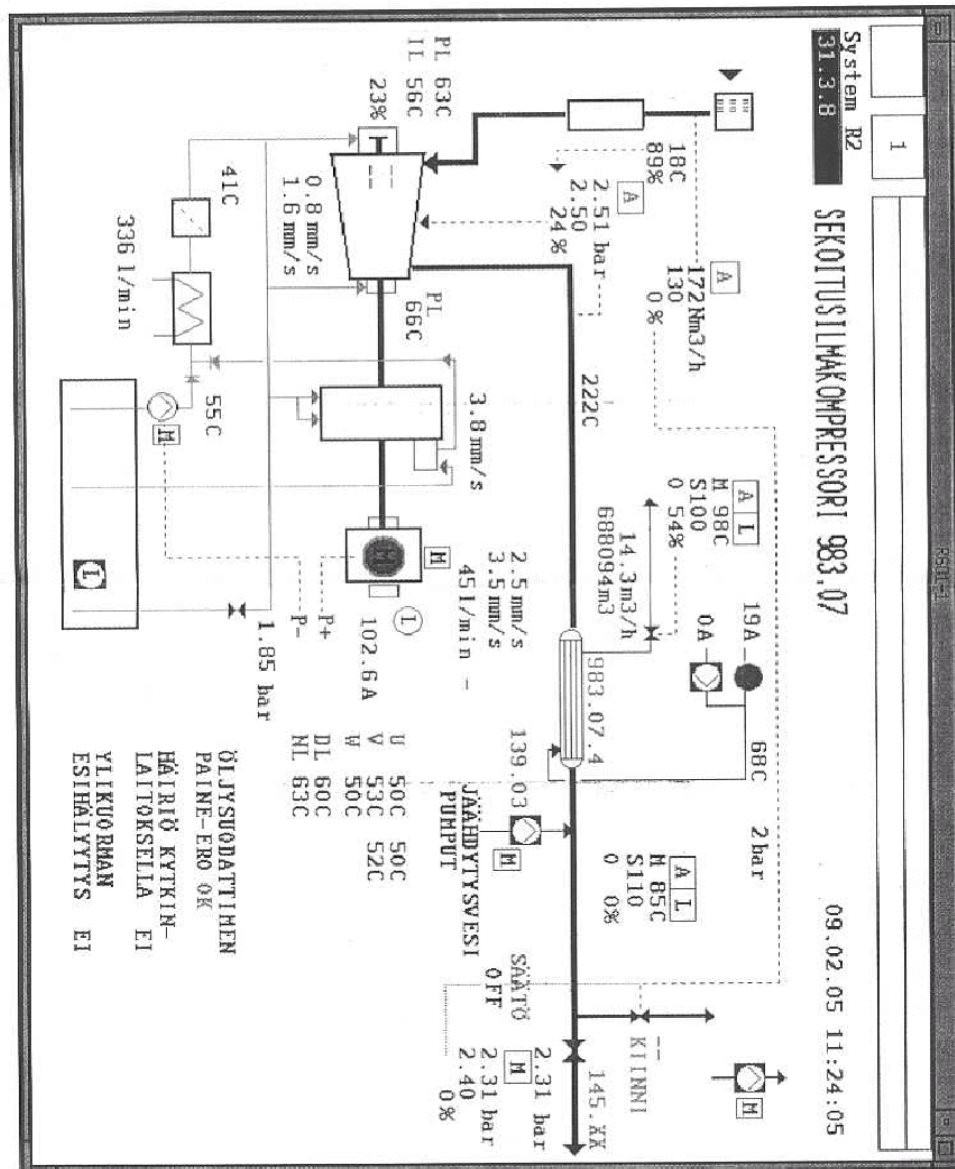
Tarkkailtavat kompressorit 983.06 ja 983.07 tuottavat ilmaa, jota käytetään niin sanottuna sekoitusilmana. Sekoitusilmalla sekoitetaan reaktoriin tulevat kemikaalit keskenään. Koska ilmaa käytetään vain sekoitusilmana ei sen tarvitse olla niin kuivaa ja puhdasta kuin instrumentti- eli työkaluilman.

4.2 Kompressori 983.07

Kompressori 983.07 on niin sanottu turbokompressori. Tässä laitteistokokonaisuudessa on monenlaisia kiinteitä eli jatkuvatoimisia kunnonvalvonta-antureita. Antureiden antamat tiedot johdetaan damatic-ohjelmalle ja ohjelmasta saadaan niin sanottu prosessinseurantakaavio. Taulukosta nähdään reaaliaikaista tietoa antureiden mittauksista. Lisäksi mittaukset tallentuvat koneelle josta, voidaan myöhemmin seurata niiden antamia tuloksia. Valitettavan usein näin tehdään vain silloin, kun laitteen vaurioituminen on tapahtunut. Mitattavia kohteita kompressorissa 983.07 ovat sähkömoottorin molempien laakereiden värähtelymittaukset sekä niiden lämpötilantarkkailu. Lisäksi mitataan koneen käämien lämpötilaa DL- ja NL- päissä ja tarkkaillaan tehoa, virtaa ja jännitettä. DL- ja NL-päillä tarkoitetaan ensiö- ja toisiopäätä. Vaihteistosta tarkkaillaan sähkömoottorin puolen tärinää. Vaihteen toisessa laakerissa ei ole tärinän mittausta, koska sitä ei ole voitu asentaa. Itse kompressorissa olevat anturit mittaavat tärinää laakereissa sekä niiden lämpötilaa. Laakerin tärinän mittaus on vain toisessa päässä kompressoria (vapaa pää). Lisäksi vaihteistossa on voiteluaineen suodatin, jonka molemmin puolin on asennettu paineanturit. Anturit tarkkailevat suodattimen 1 paine-eroja. Ero ei saa ylittää 0,7 baaria. Mikäli näin käy, antaa kone hälytyksen ja suodin on vaihdettava.

Lisäksi systeemi tarkkailee jäähdytysaineen lämpötilaa, painetta ja virtausnopeutta. Taulukosta nähdään tuotettavan ilman lämpötila sekä paine. Näistä mittauksista pyrin saaman työssäni kaiken mahdollisen hyödyn irti. Olettamukseni mu-

kaan kiinteiden antureiden mittauksista olisi järkevää tehdä spektrianalyysi ja sitä ennen verkottaa se. Perusteluna ABB:n tekemän laiteiden kunnonvalvontaraportti. Verkotuksella tarkoitetaan spektrianalyysin syvempää tarkastelua.



Kaavio 1. Damatic-näyttö.

Kuvassa näkyvät kompressori 983.07 kaikkien kunnonmittausantureiden ottamat mittaustulokset reaaliajassa. Lisäksi oikealla alhaalla näkyy öljynsuodattimen paine-ero ok. Tämä on asennettu jälkeenpäin. Mittaus tarkkailee öljynsuodattimen puhtautta. Mikäli paine-ero kasvaa yli 0,5 bar:in, aiheuttaa se välittömästi hälytyksen ohjaamon damatic- näytölle. Hälytyksen kuittaus onnistuu ainoastaan, kun suodatin on vaihdettu uuteen (tähän on ohjeet erikseen).

Kompressorin 983.07 valmistaja on ABB Industry. Akselinpään laakeri on öljyvoideltu liukulaakeri ja sen tyyppi EFZLK9-9. Suljetun pään laakeri on eristetty öljyvoideltu liukulaakeri tyyppi EFZLQ9-0. Moottori on vesijäähdytetty ja sen vaatima veden tarve on $6,6\text{m}^3/\text{h}$. Oikosulkumoottorin kilpiarvot ovat 1400 kW, S1, 6000 V, 153A 2981 r/min, 50 Hz, $\cos\phi=0.90$, eristysluokka F ja jäähdytysteho $6,6\text{ m}^3/\text{h}$.



Kuva 4. Kompressorin 983.07 moottorin teho on 1400kW.

983.07 kompressorin tuottamaa paineilmaa käytetään muun muassa reaktoreiden sivuilmoissa sekä erilaisissa altaiden sekoitusilmoissa.

4.3 Kompressorin 983.07 valvonnan arvot

983.07 sekoitusilma kompressorin kuntoa ja käynninaikaista tilaa seuraavilla määreillä.

	Hälytys	Seis
Moottorin värinä	7,1 mm/s	11,2 mm/s
Vaihteen värinä	10,0 mm/s	14,0 mm/s
Turbon värinä	11,2 mm/s	18,0mm/s
Moottorin lämpötila	120 °C	130 °C
Moottorin laakerin lämpötila	85 °C	90 °C
Painelaakerin lämpötila	80 °C	90 °C
Imupuolen laakerin lämpötila	80 °C	90 °C
Tuotetun ilman lämpötila	340 °C	350 °C

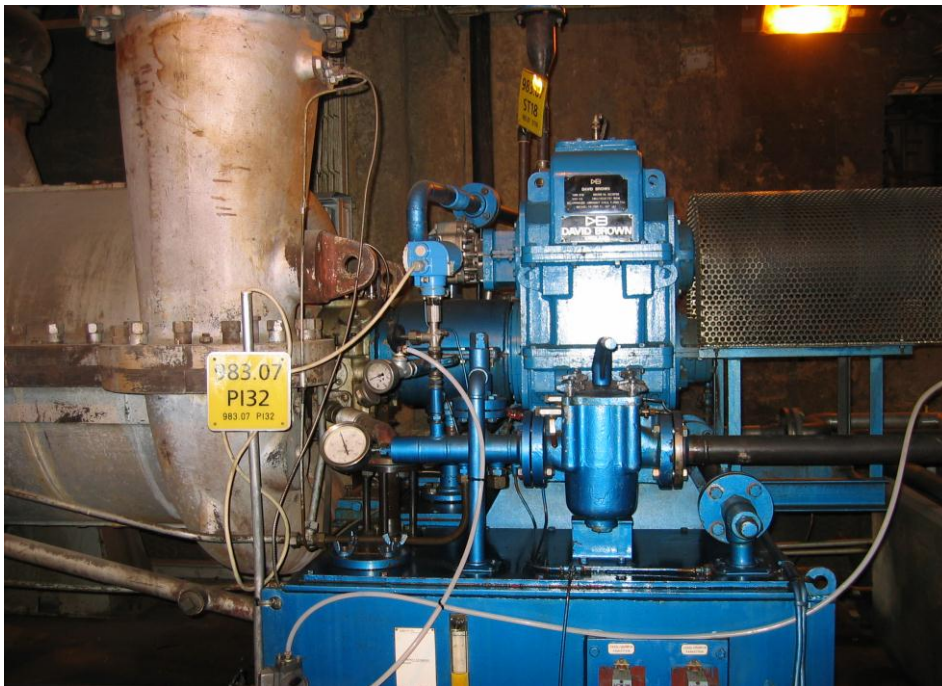


Kuva 5.Kompressori 983.07.

4.4 Parannusehdotukset kompressorille 983.07

Kunnonvalvonnan mittauslaitteet ovat erittäin herkkiä ulkopuolisille iskuille. Paikkoihin joissa on värähtelymittausanturit tulee laittaa varoituskyltit, joissa on esimerkiksi teksti: Työskentely laitteen lähellä vaatii erityistä tarkkaavaisuutta. Lisäksi kiinteän tason värähtelymittausanturit tulee lisätä myös vaakasuunnassa mittaaviksi. Vaakasuunnassa tapahtuva mittaus on tässä kohtaa ihanteellisin. Liitteenä on työohje aikatauluineen ja kustannuksineen. Lisäksi yksi tärkeä tarkastelu on endoskopiatarastelu. Endoskopia tarkasteluun löytyy Sachtleben Pigmentsiltä omat endoskoopit ja riittävä ammattitaito. Endoskopioiden hinnat ovat nykyisin laskeneet niin paljon, että monin paikoin on järkevä ostaa laitteet omaksi ja kouluttaa henkilöstölle laitteen käyttö. Lisäksi endoskopiolla otettava kuva tallentuu omalle muistikortille ja sitä on näin ollen helppo verrata esimerkiksi aikaisempiin tarkastuksiin.

Ehdotan endoskopiatarastelua tehtäväksi myös silloin, kun havaitaan kunnonvalvonnan mittauksissa jotain normaalitilasta poikkeavaa.



Kuva 6. Kompressorin 983.07 vaihteen pyörimisnopeus toisioakselilla oli mittauksissa 12328rpm.

4.5 Kompressorit 983.06

Kompressorit 983.06 toimii kompressorin 983.07 varakoneena, mikäli 983.07 jostain syystä vaurioituu tai joudutaan pysäyttämään huollon ajaksi. Kompressorit 983.06 otetaan käyttöön.

Kompressorit 983.06 on ruuvikompressorit. Siinä ei ole minkäänlaisista värähtelyn kokonaistason seurantaa. Kompressorin pyörimisnopeus oli mittauksissa 4828 rpm. Vaihteen piirustuksista ei löytynyt laakeritietoja eikä hammaspyörien ham-paitten lukumääriä.



Kuva 7. Kompressorit 983.06 joka, toimii varakompressorina.

4.6 Kompressorin 983.06 parannusehdotukset

Kompressorin 983.06 on varalla oleva laite eikä se tästä syystä tarvitse kiinteitä värähtelymittausantureita. Värähtelymittauksissa kävi ilmi, että kompressorin vaihteen ensiöakselin n-päässä on ilmeisesti alkava laakerivaurio. Mikäli Kompressorin otetaan jatkuvaan käyttöön, tulee sille välittömästi tehdä uusi värähtelymittaus. Lisäksi tulee asentaa kiihtyvyyssantureita, jotka valvovat värähtelyn kokonaisuutta. Anturit olisivat herkkyydeltään 100mV/g. Antureiden kiinnityspaikat valitaan siten, että rajapintoja on mahdollisimman vähän. Nämä toimenpiteet tulisi tehdä vain siinä tapauksessa, että laite otetaan jatkuvaan käyttöön. Lisäksi laakerivian vakavuus tulee selvittää.



Kuva 8. Varakompressorin 983.06 kokonaisvärähtelytason mittaus. Taustalla on ABB:n mittauksen suorittaja Sami Peltonen. Taustalla näkyy myös kompressorin 983.07.

4.7 Vedenjäähdytyslaitokset 205.01, 205.02, 205.03 ja 205.04

Vedenjäähdytyslaitos toimii vain kesällä, kun jokiveden lämpötila ylittää +12 °C. Laitteen kylmäaine on RE134a. Vedenjäähdytyslaitos on siis suurimman osan ajasta käyttämättömänä. Kilpiarvot ovat 6300 V, 480 kW, 50.6 A, 2984 rpm. Laakerit ovat tyyppiä NU 317 ECM, vesijäähdytys sisäisellä kierrolla.

Valvontakohteita kunnonvalvonnan kannalta ovat:
 Alla luettelo kohteista, joiden avulla seurataan laitteiden käynnin aikaista kuntoa ja sen toimintaa.

Matala öljynpaine

Korkea öljynpaine

Matala höyrystinpaine

Korkea lauhdutinpaine

Korkea kompressorin laakerin lämpötila

Moottorin laakerin lämpötila

Sähkömoottorin korkea lämpötila

Tekniset tiedot:

Kompressori

Jäähdytysteho	2135 kW
Lämpöteho	2584 kW
Höyrystyslämpötila	-0,07 °C
Lauhdutuslämpötila	26,90 °C
Kylmäaineen virtaus	14,60 kg/s
Pyörimisnopeus	19019 rpm

Höyrystin

Jäähdyttävän aineen sisääntulolämpötila 10°C

Jäähdyttävän aineen sisääntulolämpötila 4 °C

Painehäviö 1,47 bar

Lauhdutin

Jäähdytysveden tulolämpötila	25 °C
Jäähdytysveden lähtölämpötila	33 °C
Painehäviö	0,74 bar

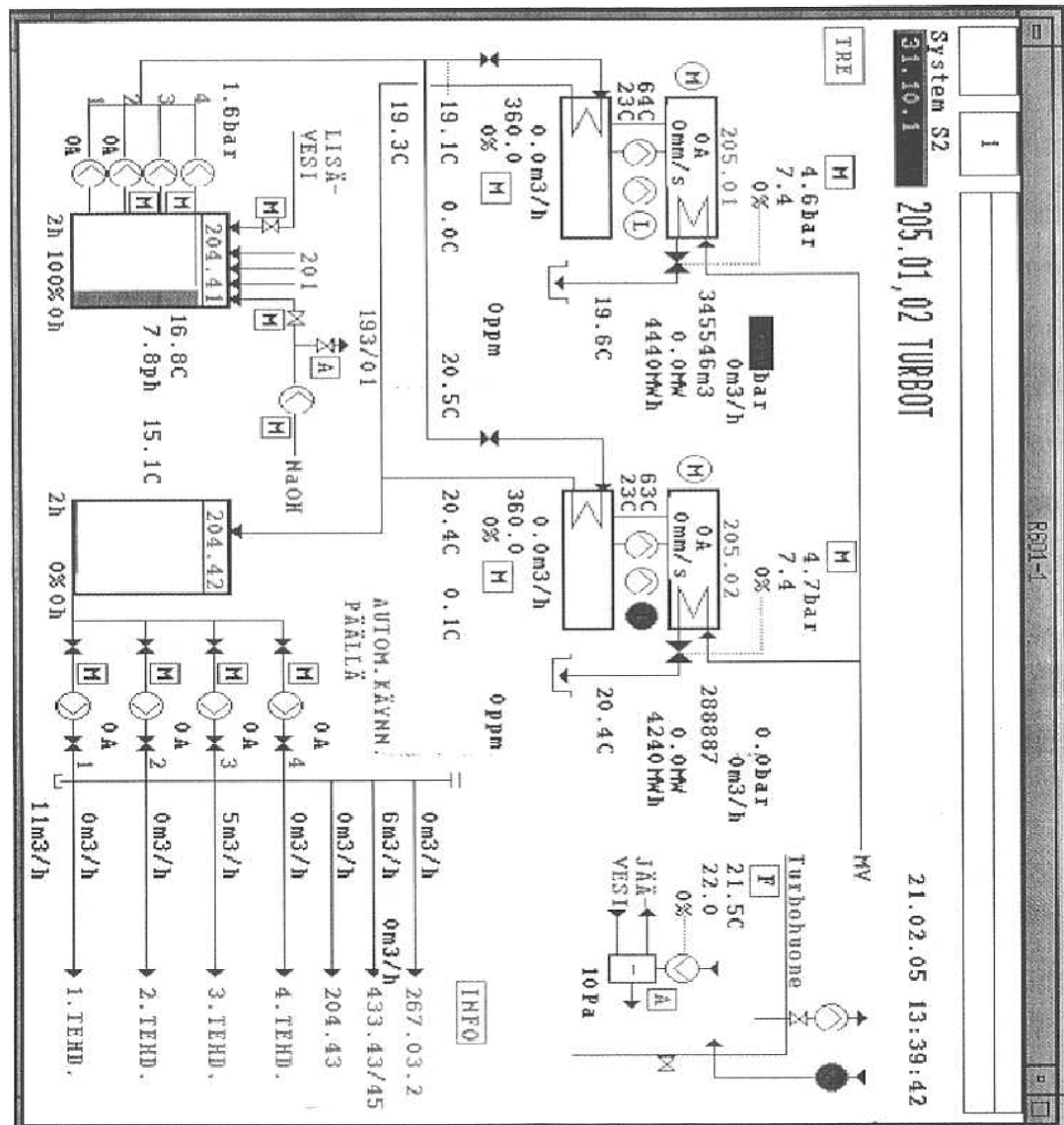
Lukemien tarkkuus on +/- 5 %

Ohjaus- ja varolaitteiden asettelu

Lauhdutinlämpötilan yläraja (hälytys)	10,2 bar (44 °C)
Höyrystinlämpötilan alaraja (hälytys)	1,78 bar (-1,6 °C)
Öljynpaine, kompressori käyntiin	3,0 bar
Öljynnpaine, kompressori pois	2,5 bar

Voiteluaine: Icematic SW 100

Arvot on otettu laitteen valmistajan antamista tiedoista.



Kaavio 2. Damaticilta saatava prosessinseurantakaavio vedenjäähdytyslaitoksien 205.1 ja 205.2 turboista.

Kuvassa suurin osa mittauksista näyttää nollaa, koska laitteet ovat seisontatilassa. Kuvan poiminta otettu talviaikaan, jolloin jokiveden lämpötila on alle +12 °C. Näin olleen jäähdytysvesilaitos ei ole päällä, koska jokivesi on riittävän kylmää pitämään kompressoreiden käyntilämmön normaalina.

4.8 Veden jäähdytyslaitosten 205.01, 205.02, 205.03, 205.04 parannusehdotukset

- Vaihteiston värähtely.
- Vaihteiston lämpötila
- Vaihteiston voiteluaineen saanti

Määräajoin tehtävä kunnonmittaus tarkastelu esimerkiksi ABB:n tekemänä. Yksi mittaus vuodessa on riittävä kunnonmittaustaajuus, koska laite toimii vain kesällä. Koska vedenjäähdytyslaitos on uusi ja uutta teknologiaa, on siinä mielestäni kunnonvalvonta suoritettu riittävän hyvin.

5 VÄRÄHTELYMITTAUKSET SACHTLEBEN PIGMENTS OY:SSÄ 6.6.2005

Mittauksissa 6.6.2005 käytettiin kiihtyvyyssanturia, jonka herkkyys oli 100mV. Mittausten alussa tehtiin niin sanotut pisteasetukset. Asetuksista valittiin suodatusalue 500Hz-10kHz. Alkutaajuudeksi asetettiin 0Hz ja lopputaajuudeksi 1000Hz. Tämän jälkeen valittiin pistetyypit. Pistetyypeillä tarkoitetaan värähtelysuureen valitsemista. Pistetyypeiksi valittiin nopeus ja kiihtyvyys. Värähtelyn mittaus nopeutena ilmaisee kappaleen kulkeman siirtymän tietyn ajan kuluessa. Värähtelymittaus kiihtyvyytenä ilmaisee kappaleen nopeuden muutosta tietyn ajanhetken kuluessa. Seuraavaksi valittiin ilmaisumuoto. Muodoksi valittiin RMS, joka tarkoittaa tehollisarvoa.



Kuva 9. Mittauksen alussa ”ajettiin” laitteen tiedot analysaattorilla kannettavan tietokoneen ja välimoduulin välityksellä. Taustalla näkyy myös piirustuksia, joiden lukeminen on olennainen osa värähtelymittausten alkuvalmisteluja.

Seuraavaksi valittiin resoluutio ja samalla asetettiin koneen pyörimisnopeus. Resoluutioksi valittiin 6400. Tällä arvolla yhden tarkasteltavan viivan väli on noin 0,7Hz. Tarkasteltavat viivat tarkoittavat värähtelymittarin näytöllä olevia viivoja. Mittaus tehtiin vain aksiaalisuunnassa. Tämän jälkeen suoritettiin stroboskooppi-mittaus. Mittauksella selvitetään tarkasti vaihteen ensiö- ja toisioakselin pyörimisnopeudet. Tämä mittaus oli tehtävä, koska laitteista ei löytynyt riittävän tarkkoja piirustuksia. Mitatut pyörimisnopeudet olivat sähkömoottorissa 2958 r/min ja kompressorissa 12328 r/min. Tämän pohjalta valittiin mittauspisteet vaihteelle. Mittauspisteitä tarvittiin varsin paljon, koska kokemus pohjalta ei tiedetty mitta-pisteiden sopivaa sijoitusta ja mittausta ei ollut ennen suoritettu kyseiselle laitteelle.

Mittauksissa esiintyi vaikeuksia, koska laakerit olivat liukulaakereita. Kiihtyvyyssanturi ei ole paras vaihtoehto laitteen reaaliaikaiseen kunnonvalvontaan. Kyseisellä menetelmällä voidaan valvoa ainoastaan laitteen kokonaisvärähtelytasoa.

Liukulaakeroinnin kunnonvalvonnassa olennaisimpia mittauksia ovat laakereiden lämpötilan tarkkailu sekä voiteluaineanalyysit. Tästä syystä mittauksista ei saatu hyviä tuloksia.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että paras valvonta tälle laitteelle on värähtelyn kokonaistason valvonta, joka tehdään kiinteällä mittausanturilla. Juuri niin kuin tällä hetkellä tehdään. Vaihteiston värähtelyn kokonaistason valvonta on asetettu pystysuuntaan mitattavaksi, mutta ihanteellisin paikka olisi vaaka suunnassa, koska värähtely on tällöin noin 20% suurempi kuin pystysuunnassa.

Kuvia mittauksista on liitteenä olevasta kunnonvalvontapöytäkirjasta. Samoin raportista löytyvät myös kaikki mittausarvot ja niiden selvitykset.

Värähtelymittaukset suoritettiin Microlog CMVA 60-analysaattorilla. Anturina käytettiin magneettikiinnitteisiä kiihtyvyyssanturia.

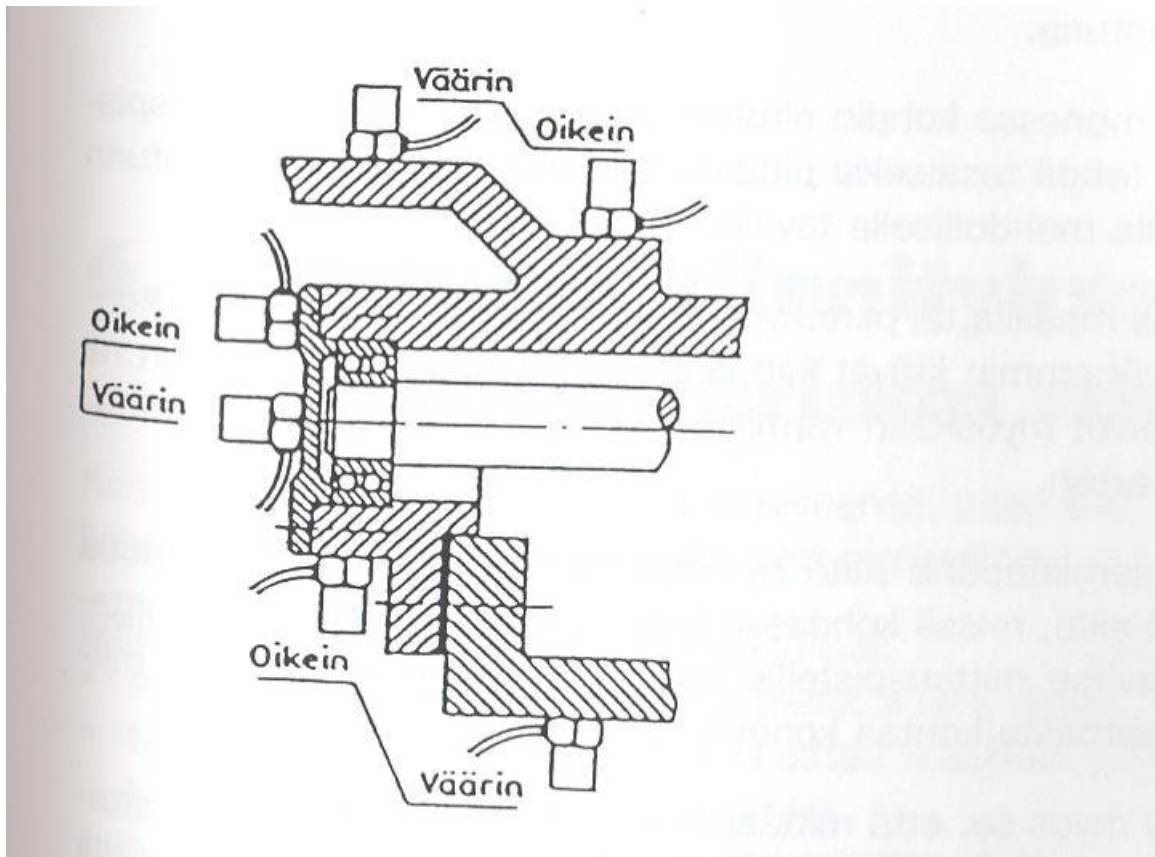


Kuva 10. Microlog CMVA 60-analysaattori. Kuvan analysaattorilla suoritettiin kaikki värähtely- mittaukset.

6 ANTUREIDEN SIJOITTELU

Mittausantureiden sijoittelu on olennainen osa kunnonvalvontaa ja värähtelymittauksia joiden kunnonvalvontataso on kiinteä. Kuvassa 11 on antureiden sijoittelua oikein ja väärin.

Kuten kuvasta selviää, on anturi pyrittävä aina kiinnittämään suoraan laitteen runkoon.

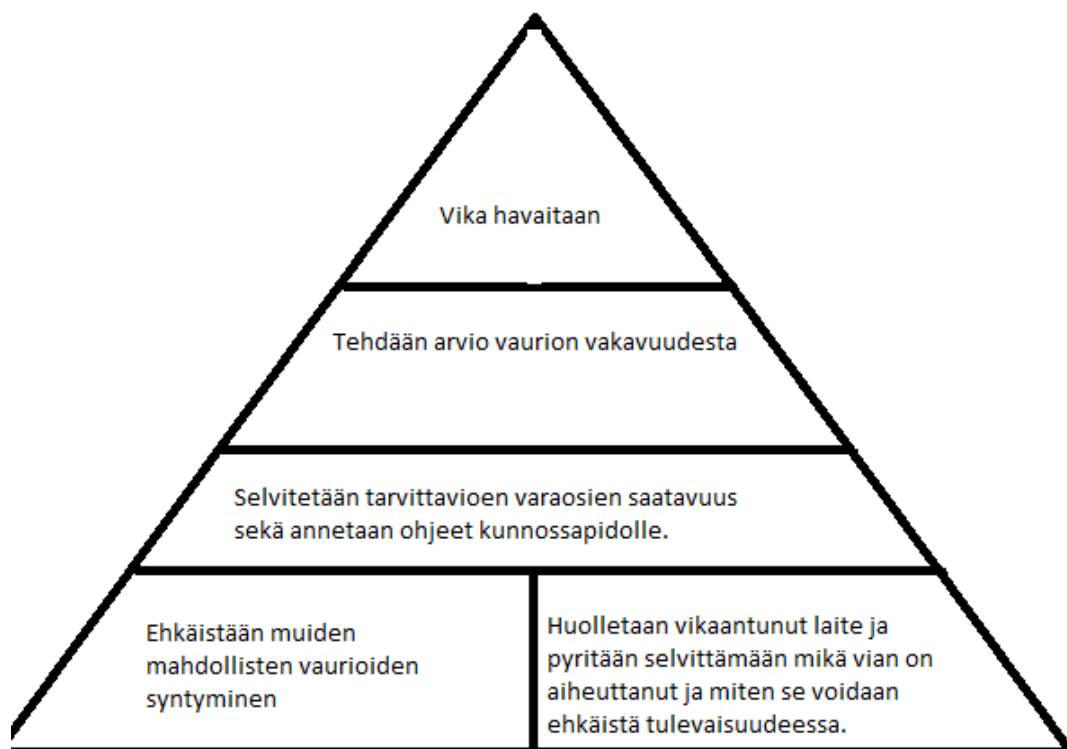


Kuva 11. Kiinteiden mitta-antureiden sijoittelua oikein ja väärin.

Antureiden asettelussa on tärkeää muistaa, että anturin ja mittatavan kohteen välillä tulisi olla mahdollisimman vähän rajapintoja. Lisäksi niiden tulisi olla tukevasti laitteen rungossa kiinni. (PSK 5702 standardi, painos 3.).

7 HALLITTU VIKAANTUMINEN

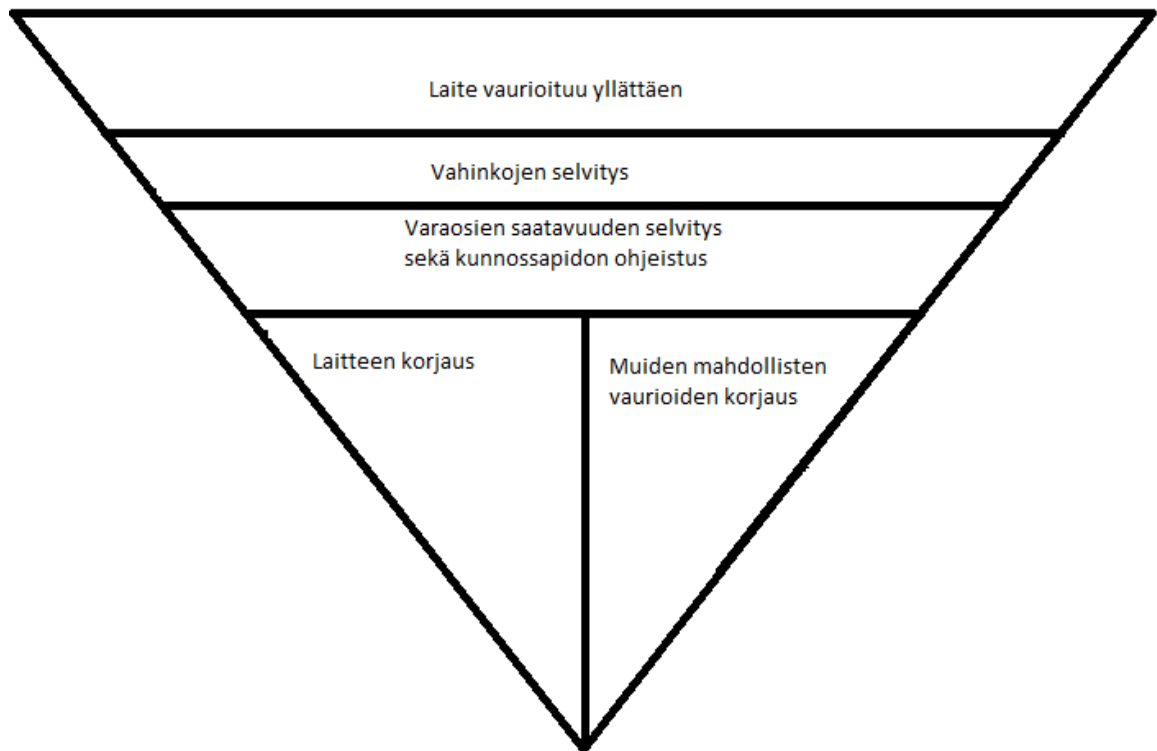
Hallitulla vikaantumisella tarkoitetaan sitä, että poikkeama huomataan hyvissä ajoin ja suoritetaan vian hallittu korjaus. Pyramidi kuvaa, miten paljon aikaa jää, kun kunnonvalvontamittauksissa ja tarkastuksissa huomataan hyvissä ajoin poikkeava tekijä.



Kaavio 3 Kuvaa miten aika riittää huollon suunnitelmalliseen suoritukseen.

Samoin kuormitus jakautuu tasaisemmin. Aikaa jää runsaasti suunnitella huolto niin, että se ei vaikuta tuotantoon. Samalla on aikaa suunnitella töiden kuormitus ja jakaa henkilöiden osaaminen heidän parhaille osaamisalueille. Näin saadaan kunnossapidon toiminta parhaiten tehostettua.

8 LAITE VAURIOITUU YLLÄTTÄEN



Kaavio 4. Aika loppuu ja kaikki “ kaatuu niskaan”, kun vikaantuminen tulee yllättäen.

Kun riittävää kunnonvalvontaa ei ole, on mahdollista, että toimilaite rikkoutuu yllättäen.

Yllättävästä viasta voi usein aiheutua tuotantokatkos. Lisäksi vikaantuva mekaaninen laite voi rikkoa myös muita siihen kytköksissä olevia laitteita.

Tämän tapahduttua on mahdollista, että materiaali- ja tuotantohävikkien lisäksi syntyy henkilövahinkoja. Samalla, kun laite rikkoutuu yllättäen, joudutaan väistämättä kuormituspiikkiin, joka ei ole hallittu. Näin ollen henkilö resurssien jakaminen tasaisesti vaikeutuu.

9 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää Sachtleben Pigmentsin kriittisten pyörivien laitteiden kunnonvalvonnan tilanne ja saattaa se tämän päivän tasolle. Kriittisiksi laitteiksi määriteltiin kaksi kompressoria sekä vedenjäähdytyslaitos, joka sisältää neljä täysin identtistä laitetta. Kompressoreista toinen on varakompressori, se käynnistetään varsinaisen kompressorin ollessa huollossa. Kompressorissa oli jo ennestään kiinteitä kunnonvalvonnan tarkkailukohteita kuten tärinä, lämpötila, laitteen ottama teho sekä voiteluaineen paine-ero. Päädyin laitteiden kunnonvalvonnassa ABB:n tarjoamaan palveluun, jossa ABB mittaa laitteiden värähtelyt ja tekee niistä analyysit.

Ongelmaksi muodostui, että kompressorin vaihteessa ja sähkömoottorissa oli liukulaakerit. Näin ollen ABB:n tarjoamasta palvelusta ei ollut apua. Syynä tähän on se, että liukulaakeri väljetessään nostaa lämpötilaa välittömästi ja vaurioituminen alkaa heti. Näin ollen laakerin kulumista on mahdotonta valvoa millään muulla tavoin kuin kiinteällä värähtelyn kokonaistason mittauksella. Syy, miksi tätä epäkohtaa ei heti havaittu oli se, että laitteet ovat melko iäkkäitä ja niistä ei ole hyviä ja selkeitä piirustuksia.

Varakompressorissa on vierintälaakerointi ja laitteesta saatiin selkeät mittaustulokset. Mittauksissa selvisi, että laitteessa on alkava laakerivika mutta huolto ei ole vielä ajankohtaista koska laitetta käytetään vain varalaitteena.

Vedenjäähdytyslaitoksen osalta mittaukset tehdään myöhemmin sovittavana ajankohtana, näin ollen mittaustulokset eivät ennättäneet työhöni. Ehdotan, että ABB suorittaisi kunnonvalvontamittaukset ja raportoinnin kerran vuodessa.

Yksi selkeä muutos on kompressorin 983.06 kohdalla tehtävä ja se on kiinteän värähtelymitta-anturin siirto esittämäni kohtaan. Sijoiuskohta selviää liitteenä olevasta työsuunnitelmasta.

Työ oli erittäin haastavaa ja mielenkiintoista ja onnistuin siinä mielestäni hyvin.

Lisänä voidaan vielä mainita, että työni pohjalta tehtiin mittaukset suihkukuivain Atomizeriin. Laitteen ongelmana on ollut lyhyt kestoikä. Mittausten perusteella päädyttiin siihen, että laitteeseen on syytä asentaa kiinteät värähtelyanturit ja saattaa näin värähtelyn kokonaistason valvonta kiinteäksi. Tein asiasta myös aloitteen. Aloitteessa määrittelen sopivan anturin, anturin herkkyuden sekä niiden lukumäärän. Aloite hyväksyttiin, palkittiin ja toteutettiin.

LÄHTEET

Kunnossapitoliitto 2010. Saatavissa: www.kunnossapito.fi

Nohynek P, Lumme V, Täydennetty painos 2, 2004, Kunnanvalvonnan värähtelymittaukset, Hamina: Kotkan kirjapaino.

Oulun ammattikorkeakoulu. Automaatio laboratoriot 2007. Saatavissa: http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/23_Kunnanvalvonta%20ja%20huolto.pdf

Sachtleben pigments oy:n yritysesittely 2010

Sachtleben Pigments oy 2010. Saatavissa: Sachtleben www-sivut

Työn tarkoituksena on asentaa kompressoriin 983.07 kiinteät värähtelyn kokonaistasoa tarkkailevat anturit. Työn suorittaminen vaatii yhteistyötä sähkö-, automaatio-, kunnossapito- sekä prosessityönjohdon välillä. Työvaihtoehtoja on kaksi.

Vaihtoehto 1

Ensimmäinen vaihtoehto on huomattavasti kalliimpi ja siinä tarvitaan enemmän henkilöresursseja. Työssä asennetaan kompressoriin 983.07 kiihtyvyysanturi joka valvoo värähtelyn kokonaistasoa. Anturin lisäksi tarvitaan myös vahvistin ja noin 100m sähköjohtoa.

Työn alussa on prosessityönjohdon kanssa sovittava kompressorin 983.07 ajamisesta alas. Tämän johdosta on kompressori 983.06 saatava käyttökuntoon hyvissä ajoin. Kompressori 983.06 on varakompressori joka on niin sanotusti sokeoitu, jonka vuoksi sen ”sokeat” laipat on poistettava. Laippojen poiston hoitaa alueen 983.06 kunnossapitohenkilökunta. Laippojen poistoon tarvitaan kaksi asentajaa, laippojen poisto kestää n. 1 h.

Laippojen poiston jälkeen kompressorin käyttäjä alkaa valmistella koneen käyttöönottoa lämmittämällä öljyä ja kierrättämällä niitä koneessa

Tähän toimenpiteeseen varattava aikaa n. 1 h.

Seuraavaksi voidaan käynnistää kompressori 983.06 ja käynnistyksen jälkeen sitä tarkkaillaan jonkin aikaa, jotta voidaan varmentua moitteettomasta toiminnasta.

Tämän jälkeen voidaan aloittaa kompressorin 983.07 alasajo (pysäytys)

Alasajon jälkeen sähköasentajat aloittavat antureiden kiinnityksen. Kompressorin vaihteeseen porataan M6 kierteelle sopiva reikä ja kierteitetään se. Tämän jälkeen kierretään anturi paikoilleen.

Anturin kiinnityksen jälkeen aloitetaan johtojen asentaminen vahvistimelta jakopisteeseen välimatka on noin 100 m.

Tämän jälkeen suoritetaan anturin ohjelmointi damatic-näytölle. Ohjelmointiin kuluu aikaa noin 4 h.

Koko asennuksen kesto on noin 8 h.

Siirretään anturi siihen kohtaan missä värähtelyt ovat suurimmillaan. Kyseinen kohta on aksiaalisuunnassa siinä kohtaa missä hampaiden rasitus on suurimmillaan. Työsuorituksen kustannukset vähenevät huomattavasti, koska uutta anturia ja vahvistinta ei tarvita.

Mikäli halutaan jättää vanha anturi esimerkiksi vara-anturiksi saadaan silti huomattava säästö Tällöin on tilattava vain yksi anturi, hinta noin 150 euroa. Uutta vahvistinta ei tarvita, koska varalla olevan anturi paikka vapautuu.

Vaihtoehto 2:n etuna on myös, että kaapelointi vahvistimen ja jakokeskuksen välillä jää pois sekä ohjelmointiaika lyhenee kolmanneksen.

Saavutettava etu

Uuden anturin sijoituskohdassa on nykyistä noin 20 % suuremmat värähtelyt, joten alkava vika voidaan huomata aikaisemmassa vaiheessa ja siihen valmistaminen on helpompaa.

Sopiva kohta voidaan suunnitella ja merkitä huolella. Näin ollen huoltosuunnitelma voidaan tehdä niin, ettei se aiheuta tuotantokatkosta.

Kiihtyvyyssanturi

Kiihtyvyyssanturi sivulle lähtevällä MIL-liittimellä. Anturi voidaan asentaa alle 50 mm korkeaan tilaan. Kiihtyvyyssanturi kiinnitetään anturin läpi asennettavalla ruuvilla, jolloin kaapelin suunta saadaan halutuksi. Ruuvien kiinnityskierre on M6.

Nimellisherkkyyys: 100 mV/g

Kustannukset

Liite 2(1/2)

Anturin hinta on noin 150 euroa ja vahvistimen hinta noin 800 euroa. Lisäksi asentajien kustannukset noin 2000 euroa.

Säästö

Jopa 100 000 euroa

Perustuen siihen, että laitteen kunnonvalvonta on nyt jatkuvaa. Hälytys ja pysäytys rajojen asettelu oikein niin tällöin turvataan laitteen turvallinen käyttö.

Anturin sijoituspaikat

Anturin sijoitus tulee suunnitella kunnossapitohenkilökunnan ja anturin asentajien kanssa yhteistyössä, koska anturi ei saa olla kunnossapitohenkilökunnan tiellä, mutta kuitenkin mittaustarkkuuden ja asennuksen kannalta hyvässä paikassa. Anturin sijoituspaikasta löytyy lisätietoa sivulta 35 antureiden sijoittelu.

Varoitusteksti kompressori 983.07:lle

Kompressorissa olevat anturit ovat erittäin herkkiä ulkopuolisille iskuille

Teksin ulkoasu: Varoitusteksti mustalla, tausta keltaisella. Fonttikoko vähintään 36. Kilvet voidaan tehdä Sachtleben Pigments oy:n omalla laserpolttokoneella, laitteeseen perehdytyksen saaneen henkilön avustuksella.