Niklas Koivisto

LST ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA SÄHKÖKONEKÄYTÖISSÄ.

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma

2019

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LST ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄN TOIMINTA SÄHKÖKONEKÄYTÖISSÄ

Koivisto, Niklas
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Elokuu 2019
Sivumäärä: 41
Liitteitä: 4

Asiasanat: kunnonvalvonta, sähkökäytöt, kunnossapito, värähtely

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää uuden LST Etävalvontajärjestelmän soveltuvuutta erilaisissa sähkökonekäytöissä. Työssä tutustuttiin uuteen LST Etävalvontajärjestelmään, erilaisiin sähkökonekäyttöihin ja sähkökoneiden yleisimpiin vikoihin. Työn toimeksiantajana toimii LST Engineering Oy.

Työ aloitettiin tutkimalla erilaisia sähkökonetyyppejä ja yleisempiä sähkökone vikoja. Työssä selvitettiin myös sähkökoneen värähtelyn syntyä ja LST Etävalvontajärjestelmän toimintaa.

Työn tuloksena selvitettiin sähkökonekäyttöjä, jossa LST Etävalvonta järjestelmää on kannattavaa käyttää kunnonvalvonnassa ja sen vaikutuksia kunnossapitoon.

LST ETÄVALVONTA-SYSTEM OPERATION FOR ELECTRICAL MACHINE USES

Koivisto, Niklas
Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in electrical and automation engineering
August 2019
Number of pages: 41
Appendices: 4

Keywords: condition monitoring, electrical motor uses, maintenance, vibration

---

The purpose of this thesis was to investigate the applicability of the new LST Etävalvonta-system in various electrical machine applications. In this thesis, the new LST Etävalvonta-system, various electrical machine drives and common faults in electrical machines were introduced. The work is commissioned by LST Engineering Oy.

The work began by investigating various types of electrical machinery and common electrical machine failures. The work also investigated the origin of electric machine vibration and the operation of the LST Etävalvonta-system.

As a result of the work, we investigated the use of electrical machines where the LST Etävalvonta-system is profitable to use in condition monitoring and its effects on maintenance.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 6
2 YRITYSESITTELY ... 7
3 SÄHKÖKONEKÄYTÖT ... 8
3.1 Yleistä ... 8
3.2 Yleisimmät sähkömoottorityypit ja käyttökohteet ... 9
3.2.1 Oikosulkumoottorit ... 9
3.2.2 Tahtimoottorit ... 11
3.2.3 Tasavirtamoottorit ... 11
3.2.4 Servomoottorit ... 11
3.3 Yleisimmät moottoriviat ... 12
3.3.1 Laakeriviat ... 13
3.3.2 Staattoriviat ... 15
3.3.3 Roottoriviat ... 17
4 LST ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄ ... 18
4.1 Yleistä ... 18
4.2 iQunet ... 19
4.3 Komponentit ... 19
4.3.1 Langaton patterikäyttöinen värähtelyanturi ... 19
4.3.2 Langaton tukiasema ja toistin ... 20
4.3.3 iQunet-palvelin ... 21
4.4 Värähtelymittaus ... 22
4.4.1 Anturin toiminta ... 23
4.4.2 Valvontamenetelmät ... 24
4.5 Lämpötilamittaus ... 27
4.6 Asennus ... 28
4.6.1 Anturin mittauspisteen valinta ja kiinnitys ... 28
4.6.2 Palvelimen, tukiaseman ja toistimen asennus ... 30
4.7 Mittausesimerkit ... 31
4.7.1 Paperitehtaan oikosulkumoottori ... 31
4.7.2 Uunin teollisuustuuletin ... 34
5 ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄN SOVELTUVUUS ERI MOOTTORIKÄYTTÖIHIN ... 35
6 ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄN VAIKUTUKSET SÄHKÖMOOTTORIEN KUNNOSSAPITOON ... 37
7 YHTEENVETO ... 38

LÄHTEET 40
LIITTEET

1 JOHDANTO

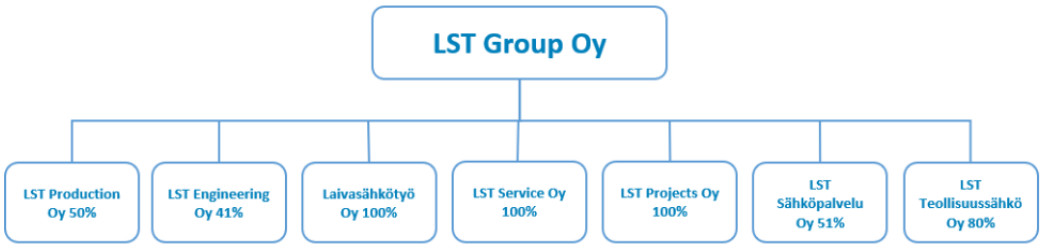
Teollisuuden yrityksille on nykypäivänä yhä tärkeämpää tuotannon keskeytymättömyys ja toimitusvarmuus. Tuotannossa on yleensä monia tuotannon kannalta tärkeitä sähkökoneita, joiden yllättävä vikaantuminen voi johtaa koko tuotannon pysähtymiseen. Tuotannon keskeytyminen yleensä aiheuttaa suuret taloudelliset tappiot verrattuna tuotannon pysähtymisen aiheuttaneen koneen vian korjaamiskustannuksiin. Näiden syiden vuoksi teollisuuden kunnossapitoa on jouduttu muuttamaan ennen vikoja korjaavasta kunnossapidosta vikoja ennakoivaksi kunnossapidoksi. Ennakoivan kunnossapidon tarkoitus on ehkäistä mahdolliset tuotantokatkoset mittaamalla, analysoimalla ja valvomalla koneiden sen hetkistä kuntoa. Mahdollisia tuotantokatkoksia pystytään vähentämään suunniteluilla ennakkohuolloilla.

Teollisuuden tuotantolinjoissa ja prosesseissa on käytössä hyvin paljon erilaisia sähkökonekäyttöjä, kuten pumppuja, nostureita ja liukuhihnoja. Näissä käytetään hyvin paljon eri tyyppisiä ja kokoisia moottoreita, joissa hyvin harvoissa sähkökoneissa on käytössä sähkökoneen kunnonvalvontajärjestelmää, vaikka koneen vikaantuessa on tuotannon pysähtyminen mahdollista.

Tähän tarkoitukseen LST Group lanseerasi maaliskuussa 2019 uuden LST Etävalvonta-järjestelmän. Järjestelmä mittaa sähkökoneesta aiheutuvaa tärinää ja lämpötilaa, joista voidaan eri analyysimenetelmää käyttäen saada tietoa sähkökoneen kunnosta.

2 YRITYSESITTELY

LST Group on suomalainen sähkötekniikan konserni. Sen on perustanut Heikki Hietarinta vuonna 1962, jolloin yhtiö kantoi nimeä Laivasähkötyö & kumpp. Nykyisen nimensä yhtiö sai vuonna 1992. Sen asiakkaita ovat mm. meri-, energia- ja tuotantoteollisuus sekä kiinteistöt ja liikkuva kalusto. LST Group:n yhtiö koostuu seitsemästä oman osa-alueensa yrityksestä. (LST Group:n www-sivut 2019.)



Kuva 1. LST Group Oy (LST Group:n www-sivut 2019.)

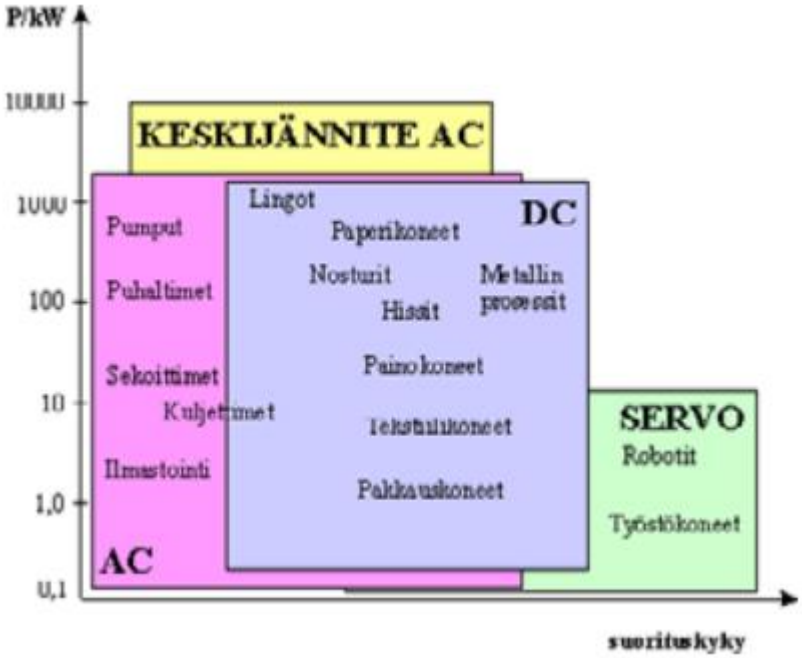
Tämän opinnäytetyön tilaajana oli LST Engineering Oy, jonka osaamisalueena on sähkö- automaatio- ja mekaniikkasuunnittelu. Yritys tarjoaa myös suunnittelun konsultointia. LST Engineering Oy perustettiin vuonna 1992, ja se työllistää kuusi suunnittelun ammattilaista. Osa yrityksen työntekijöistä omistaa yrityksen yhdessä LST Groupin kanssa ja yritys on yksi seitsemästä LST Group yhtiöön kuuluvasta yrityksestä. (LST Group.n www-sivut 2019.)

3 SÄHKÖKONEKÄYTÖT

3.1 Yleistä

Sähkökone on yli sata vuotta vanha keksintö. Sähkökoneet luokitellaan sähkömoottoreihin ja generaattoreihin. Sähkömoottorit muuttavat niihin syötettyä sähköenergiaa mekaaniseksi energiaksi ja generaattorit päinvastoin muuttavat niihin syötettyä mekaanista energiaa sähköenergiaksi. Sähkömoottoreita on monen eri tyyppisija, mutta sähkömoottorien rakenne on vakioitunut ja standardien mukaan valmistetut sähkömoottorit ovat yleensä vaihtokelpoisia kaikkien valmistajien välillä. (Korpinen, Tuusa, Kärnä & Nurmi 1998.)

Sähkömoottoreita on maailmalla käytössä hyvin pienistä moottoreista erittäin suurkokoisiin moottoreihin ja niitä käytetään esimerkiksi laivoissa, tehtaissa, nostureissa, hisseissä ja kodinkoneissa, mutta suurin osa maailman sähkömoottoreista on teollisuuden käytössä. (Korpinen ym. 1998.)



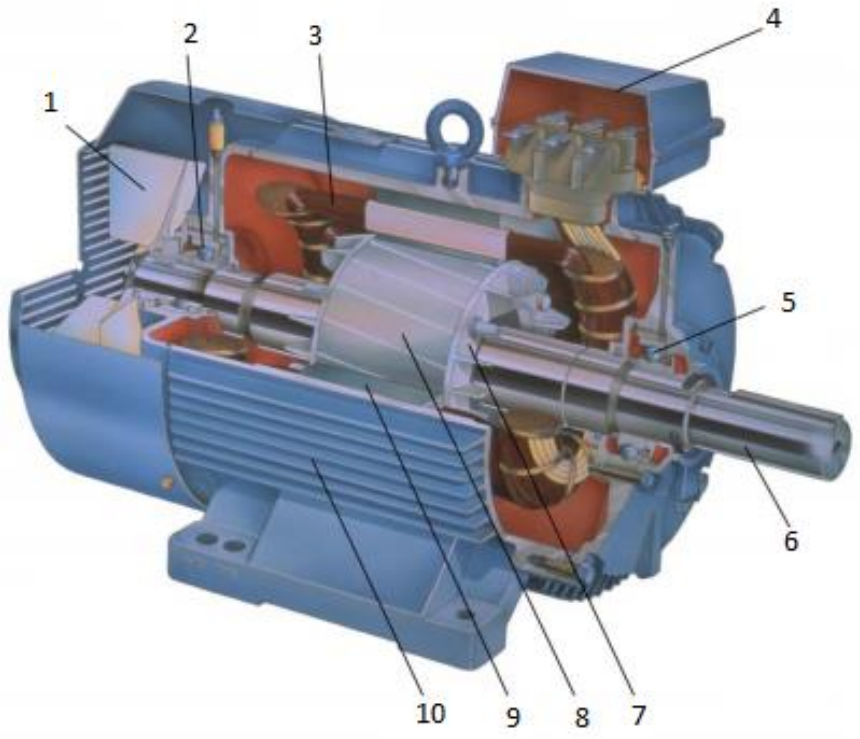
Kuva 2. Sähkömoottorien soveltuvuuskohteita. (Korpinen ym. 1998).

3.2 Yleisimmät sähkömoottorityypit ja käyttökohteet

3.2.1 Oikosulkumoottorit

Yleisin käytössä oleva sähkömoottorityyppi on oikosulkumoottori, joka kuuluu epätahtimoottoreihin. Se on yleensä vielä kytketty suoraan syöttävään sähköverkkoon ja pyörii lähes aina vakionopeudella. Oikosulkumoottori kytketään yleensä mekaaniseen vaihteistoon, jolla saadaan sovitettua moottorin pyörimisnopeus prosessin pyörimisnopeuteen sopivaksi. Jos tarvitaan kahta melko vakiota nopeutta, voidaan oikosulkumoottori varustaa kahdella erillisillä käämityksillä. Mikäli nopeutta halutaan säätää enemmän, käytetään oikosulkumoottorin ohjaamiseen taajuusmuuntajaa. Yleisimmät oikosulkumoottorin käyttöpaikkoja ovat pumppu- ja puhallinkäytöt sekä erilaiset kuljettimet. (Korpinen ym. 1998.)

Oikosulkumoottorin rakenne on erittäin yksinkertainen ja sen takia hyvin suosittu moottori verrattuna muihin yleisempiin moottorityyppeihin. Roottori ja staattori ovat oikosulkumoottorin tärkeimmät osat toimimisen kannalta. (Korpinen ym. 1998.)



Kuva 3. Oikosulkumoottorin rakenne.

Kuvassa 3 on esitetty oikosulkumoottorin rakenne. Rakenteen osat on eritelty seuraavassa listassa:

1. tuuletin
2. takalaakeri
3. staattorikäämitys
4. liitinkotelo
5. etulaakeri
6. akseli
7. roottorikäämitys
8. roottori
9. staattori
10. runko

3.2.2 Tahtimoottorit

Tahtimoottori on toinen merkittävä vaihtovirtamoottorityyppi. Tahtimoottorien nimitys tulee niiden toimintaperiaatteesta. Tahtimoottorin roottori pyörii koneen magneettikentän ja syöttävän verkon kanssa täsmälleen samassa tahdissa eli tahtinopeudella. Tahtikoneita käytettään kohteissa, jossa tarvitaan suurta tehoa ja vääntömomenttia. Tämän tyyppisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi laivojen moottorit, teollisuus jauhaimet, kompressori- ja pumppukäytöt. Tahtikoneita käytetään myös erittäin paljon tahtigeneraattoreina isoissa voimalaitoksissa hyvien säätöominaisuuksien takia. (Korpinen ym. 1998.)

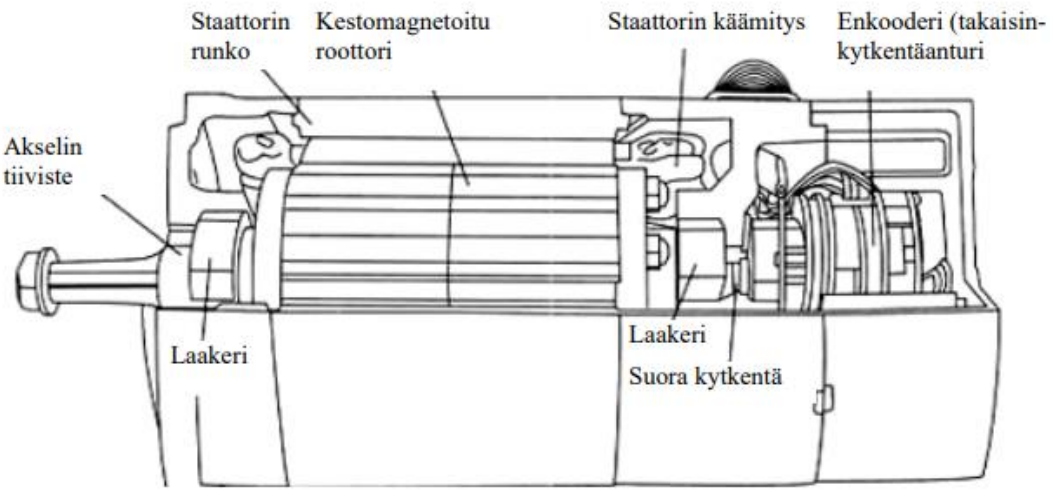
3.2.3 Tasavirtamoottorit

Tasavirtamoottorit poikkeavat rakenteeltaan ja toimivuudeltaan huomattavasti tahti- ja epätahtimoottoreihin verraten. Tasavirtamoottorit eivät tarvitse kiertokenttää toimiakseen. Tasavirtamoottoria voidaan käyttää myös generaattorina, mutta se on nykypäivänä harvinaista, koska usein tasavirta tuotetaan vaihtovirrasta tasasuuntaamalla. Tasavirtamoottoreita käytetiin ennen moottorikäytöissä, jossa tarvittiin säätöä, kunnes säätötekniikka kehittyi. Tasavirtamoottoreita löytyy vielä pääasiassa vanhoista moottorikäytöistä. (Korpinen ym. 1998.)

3.2.4 Servomoottorit

Servomoottoreita on tyypillisesti vaihto- ja tasasähkökäyttöisiä. Vanhemmat servomoottorit ovat yleensä tasavirta käyttöisiä moottoreita, koska virransäätö oli mahdollista vain tasavirralla. Teknologian kehittyä nykyisin käytetään enemmän vaihtovirta servomoottorikäyttöjä. Servomoottoreita käytetään käytöissä, joissa vaaditaan tarkkuutta ja mekaanisen liikkeen tarkkaa nopeus- ja paikkatietoa. Esimerkiksi erilaisten robottien akselien ohjaukset, työstökoneet ja paikoittavat varastojärjestelmät. (Halme & Parikka 2005, 8.)

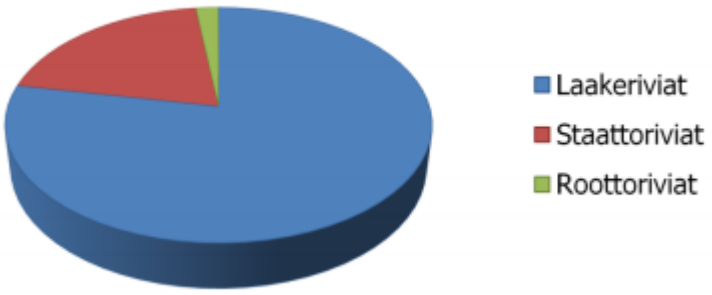
Vaihtovirta-servomoottoriohjaus koostuu yleensä servomoottorista, takaisinkytkentäanturi, taajuusmuuntajasta sekä ohjaus- ja säätöyksiköstä tai logiikasta. Itse AC-servomoottori on toiminnaltaan hyvin samanlainen, kuin oikosulkumoottori. (Halme & Parikka 2005, 8.)



Kuva 4 Servomoottorin rakenne. (Halme 2012, 8).

3.3 Yleisimmät moottoriviat

Sähkökoneiden vikaantumiseen on monenlaisia syitä. Yleisimmät sähkökoneiden viat ovat staattori-, roottori-, ja laakeriviat. Sähkökoneiden rakenteen vuoksi ja oikein käytettynä ainoat koneen kuluvat osat ovat laakerit ja niinpä jopa yli 75 prosenttia vioista on laakerivikoja. (Salenius 2012, 19.)



Kuva 5. Vikajakauma (Salenius 2012, 19)

3.3.1 Laakeriviat

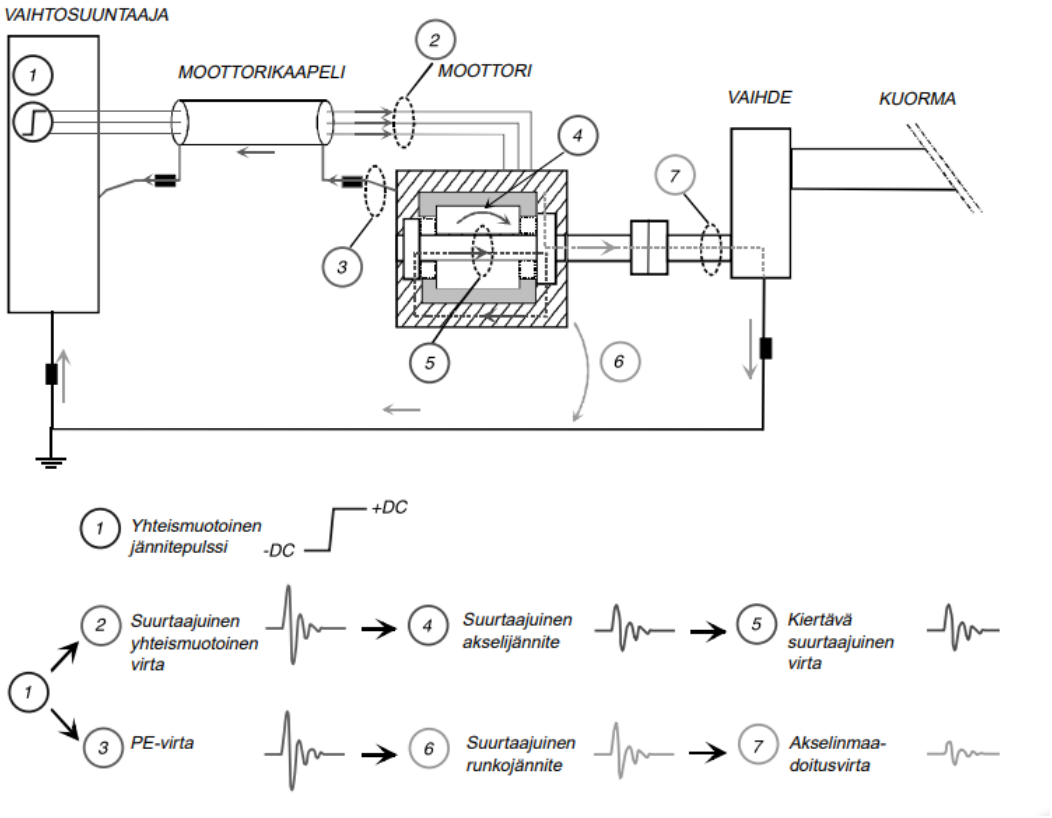
Laakeriviat ovat yleisin vika sähkökoneilla. Laakereita on sähkökoneissa yleensä kaksi ja ne ovat tavallisimmassa tilanteessa kiinni koneen rungossa. Niiden keskellä on pyörivä akseli. Laakerit ovat siis ainoat osat pyörivän akselin ja rungon välissä ja kuluvat ajan saatossa normaalissa käytössä. (Mikkonen ym. 2009, 311.)

Laakereille voidaan tehdä laskennallinen elinikä, mutta käytännössä laakerit eivät koskaan pääse laskennalliseen kestoikään asti, vaan kestävät yleensä vain noin 10 prosenttia siitä. Laakerivikojen syntymiselle on useita eri aiheuttajia, kuten lämpö ja mekaaninen rasitus. Yleisin sähkökonekäytössä käytettävä laakerityyppi on vierintälaakeri. (Mikkonen ym. 2009, 311.)

Kuva 6. Vierintälaakerin poikkileikkauskuva. (Schaeffler:n www-sivut 2019).

Yksi laakereita vahingoittava tapa on sähköeroosio. Sähkövirran pääsy rakenteelta toiselle laakerien kautta mahdollisesti aiheuttaa sähköeroosiota. Vaurioiden suuruus vierintäelimissä riippuu sähköenergian voimakkuudesta ja sähkövirran ajallisesta pituudesta, josta seuraa vierintäelimien ja -pintojen pistehitsaussaumat ja voiteluaineen ominaisuusien heikentyminen. Nämä seikat johtavat laakerivaurioon. (Skf:n www-sivut. 2019.)

Sähköeroosiota voidaan estää käyttämällä sähköeristettyjä laakereita, kaapeloinnin toteutustavalla, kaapelityyppi valinnoilla ja suojavaippojen kytkennöillä sekä asianmukaisilla maadoituksilla (ABB:n Tekninen opas nro 5 2000, 7.)

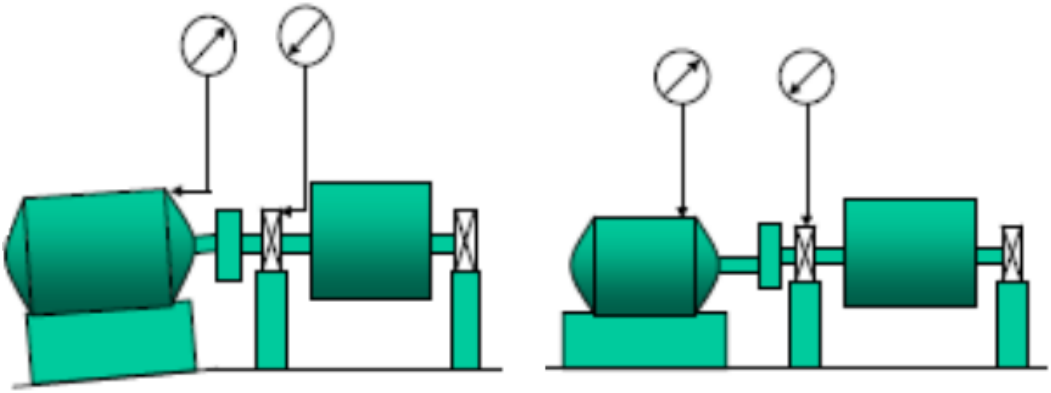


Kuva 7. Laakerivirrat. (ABB:n Tekninen opas nro 5 2000, 11).

Puutteellinen voitelu ja epäpuhtaus vierintäelimissä voi johtaa siihen, että vierintäpintojen välinen voitelukalvo on liian ohut ja metallipinnat pääsevät kosketuksiin toistensa kanssa. Liian suuren voiteluaineen määrän käyttö voi aiheuttaa voiteluaineen pääsyä paikkoihin, jossa sitä ei pitäisi olla esim. sähkömoottorin sisään. Yleensä tähän on syynä väärän voiteluaineen käyttö, vaihtovälien laiminlyönti tai väärän voiteluaineen käyttö kyseiselle laakerille. Jos käytetty voiteluaine sisältää epäpuhtauksia on syynä yleensä tiivisteiden pettäminen. (Skf:n www-sivut. 2019.)

Ympäristöstä aiheutuva tärinä aiheuttaa myös laakerivaurioita. Esimerkiksi jos sähkömoottoria kuljetettaessa roottoria ei tueta ollenkaan voi laakereihin kohdistua tärinää, joka voi synnyttää laakerivaurioita. Sama ilmiö voi tapahtua myös, kun moottori on pysähdyksissä, mutta on alttiina ympäristöstä tulevalle tärinälle pitkän aikaa. (Skf:n www-sivut 2019.)

Virheellinen asennus on myös yksi yleisempiä laakerien vikaantumisten syitä. Esimerkiksi kytkimen tai hihnapyörän asentaminen akselille väärän työkalun avulla, voi johtaa laakerien vaurioitumiseen. Myös epätarkka linjaus, epätasapaino rasittavat sähkökoneen laakereita. Näitä voidaan ehkäistä tarkastamalla linjaus ja värähtelyt erilaisilla mittauksilla. (Skf:n www-sivut 2019.)



Kuva 8. Epätarkka linjaus. (PSK 5707 2011, 34).

3.3.2 Staattoriviat

Staattorin vikaantuminen on yleensä nopeasti etenevä vika, joka ilmenee vasta moottorin pysähdyttyä, kun käämitys on palanut tai moottorisuojat laukeavat. Vikaantumisen alkusyy on yleensä joko mekaaninen, sähköinen tai ympäristöstä johtuva syy. Staattoriviat eivät ole niin yleisiä, kuin laakeriviat. (Salenius 2012, 20.)

Staattorin rikkoutumisen aiheuttaa melkein aina viimekädessä liian suuri lämpötila. Moottorin lämpenemiselle on useita eri syitä, kuten liika kuormitus, lika, epäsymmetria ja tärinä. Moottorin lämpeneminen aiheuttaa käämien eristysten termistä

vanhentumista ja jopa 10ºC:n kasvu voi aiheuttaa moottorin käyttöiän alentumista 50 prosentilla. (Bethel 2007.)

Sähkömoottori on erittäin herkkä jännite-epäsymmetrialle. Esimerkiksi jännite-epäsymmetria on 3,5 prosenttia, jolloin lämpötila voi nousta jopa 25 prosenttia vaihekäämissä, jossa virta on suurin. (Bethel 2007.) Vikoja aiheuttaa myös jännitetransientit, jotka rasittavat käämityksen eristyksiä. Niitä aiheuttavat taajuusmuuntajien syöksyaallot, huonot maadoitukset ja kontaktorien kytkentäpiikit. (Mikkonen ym. 2009, 376-377.)

Käämeihin voi myös kohdistua voimaa, jolloin käämien päät voivat päästä liikkumaan ja se voi aiheuttaa kääminen eristyksen heikentymistä. Esimerkiksi tällaisia voimia esiintyy moottorin käynnistyksessä ja kuormituksen muuttuessa. (Mikkonen ym. 2009, 373.)

Myös ympäristöolosuhteilla on merkitystä sähkömoottorin staattorikäämityksen kunnon kannalta. Sähkömoottorilla voi olla pitkiä seisokkeja ja ympäristössä on suuri ilman kosteus, jolloin kosteus voi päästä moottoriin. Sisään kerääntynyt kosteus heikentää käämityksen eristystä ja voi johtaa läpilyöntiin. Ympäristössä voi olla myös paljon likaa, joka tukkii osittain tai kokonaan sähkömoottorin tuulettimen pään, jolloin moottori ei pysty jäähdyttämään itseään suunnitellulla tavalla ja sähkömoottori lämpenee yli sallittujen rajojen. Sama on myös mahdollista, kun moottorin rungon päällä on tarpeeksi paksu kerros likaa, joka heikentää rungon pinnalla tapahtuvaa konventiota ja jäähdytys heikkenee. Jos sähkömoottoria käytetään, jossa staattorikäämityksen eristys on heikentynyt, saattaa jokin syntyvistä oikosuluista aiheuttaa staattorikäämityksen palamisen. (Mikkonen ym. 2009, 372-376.)

3.3.3 Roottoriviat

Yleisin sähkömoottorin roottorivika on sen murtuminen. Roottorisauvan murtuminen alkaa yleensä lämmön aiheuttamasta pienestä halkeamasta roottorisauvassa. Oikosulkumoottorissa käynnistysvirta aiheuttaa roottorisauvojen hetkellistä lämpenemistä. Joskus roottorivika voi johtua valmistusvirheestä. Roottorisauva on saanut pienen kolauksen, josta roottorisauvan murtuminen saa alkunsa. Kohta kuumenee sähkövirran vaikutuksesta ja rikkoo lopulta koko roottorisauvan. (Mikkonen ym. 2009, 383.)

Katkennut roottorisauva aiheuttaa lumipalloefektin, jossa lopulta roottorisauvat rikkoutuvat. Yksi katkennut roottorisauva aiheuttaa katkoksen häkkikäämin virtapiiriin ja katkenneen roottorisauvan virta siirtyy viereisille sauvoille. Viereisten sauvojen sähkövirta kasvaa, joka johtaa sauvojen lämpötilan nousuun. Kohonnut lämpötila rikkoo ajan kanssa myös viereiset roottorisauvat. (Mikkonen ym. 2009, 383.)

Roottorisauvojen katkeaminen vaikuttaa sähkömoottorin toimintaan sen momentin pienentymisenä ja sähkömoottorin jättämän kasvuna. Jättämän kasvu aiheuttaa kierrosluvun pienentymistä. Roottoriviat huomataan yleensä vasta, kun sähkömoottori ei enää jaksa pyöriä heikentyneen vääntömomentin takia. (Mikkonen ym. 2009, 383.)

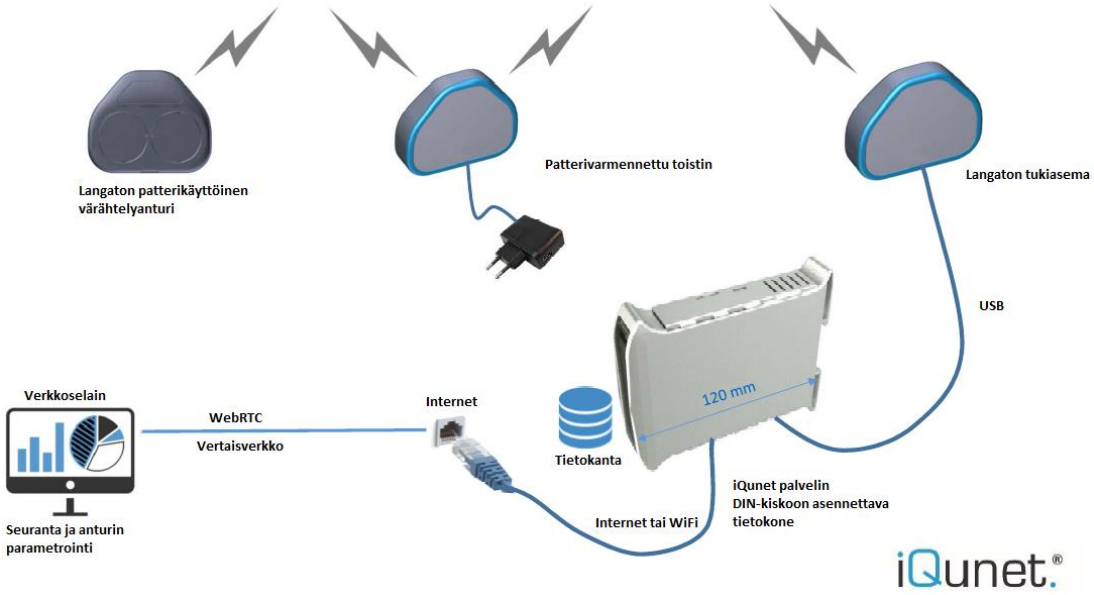
4 LST ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄ

4.1 Yleistä

Sähkökoneita käytetään erittäin paljon erilaisissa moottorikäytöissä. Joidenkin käyttöjen odottamaton vikaantuminen voi pysäyttää esimerkiksi kokonaisen tehtaan tuotannon. Tällaiset odottamattomat vikaantumiset maksavat taloudellisesti erittäin paljon.

LST lanseerasi uuden moottorivalmistajasta riippumattoman LST Etävalvontajärjestelmän, jolla voitaisiin ennakoida ennakoitavissa olevat sähkökoneiden viat ja välttyä näin turhilta sähkökoneiden vikaantumisilta. (LST Group:n www-sivut 2019.)

LST Etävalvonta on langaton järjestelmä, jossa anturit mittaavat ja lähettävät tiedot tukiasemaan. Mittaustietoja voidaan hyödyntää iQunetin omassa analysointiohjelmassa tai asiakkaiden omissa valvontajärjestelmissä. Järjestelmä mittaa yhdellä tai kahdella anturilla muun muassa moottorin tärinää ja lämpötilaa halutulla aikavälillä ja arvojen muutoksista voidaan paljastaa kehittymässä oleva vikatilanne ja suunnitella etukäteen mahdollinen huoltokatkos tuotannossa. (LST Group:n www-sivut 2019.)



Kuva 9. Etävalvontajärjestelmän toimintakuva ja komponentit. (iQunetin www-sivut 2019).

4.2 iQunet

LST Etävalvontajärjestelmän laitteet ja ohjelmiston on suunnitellut belgialainen yritys iQunet. iQunet on perustettu vuonna 2015 ja se työllistää noin kymmenen työntekijää. Liikevaihtoa yrityksellä oli noin miljoona euroa vuonna 2018. iQunet kehittää ja valmistaa langattomia anturiratkaisuja teollisuuden ja kiinteistöjen tarpeisiin. iQunetin laitteilla on CE sertifikaatit (iQunetin www-sivut 2019.)

4.3 Komponentit

4.3.1 Langaton patterikäyttöinen värähtelyanturi

iQunet värähtelyanturi on kiihtyvyysanturi, joka valvoo pyörivien laitteiden kuntoa. Se mittaa kolmen eri suuntaista (x, y ja z) värähtelyä. Mittaustaajuus on 12 Hz ja 3200 Hz välillä. Anturissa on myös lämpötilanmittaus, jolla mitataan sähkökoneen rungon lämpötilaa. Anturin toimintalämpötila on -20ºC ja +70ºC välillä ja on koteloitu IP65 kestomuovikotelolla, jolloin sitä voidaan käyttää myös ulkotiloissa. Anturi käyttää

voimanlähteenään kahta CR2032-nappiparistoa, jotka voivat kestää jopa kymmenen vuotta riippuen mittausten määrästä. Langaton tietojen lähetys onnistuu enintään 50 metrin päähän ilman erillistä lisälaitetta. (Liite 1.)

Kuva 10. iQunet värähtelyanturi. (Liite 1).

4.3.2 Langaton tukiasema ja toistin

Langattoman tukiaseman tehtävänä on ottaa vastaan anturilta tulevat mittaustiedot ja siirtää ne iQunet-palvelimelle. Tukiasemaan yhdistettävien antureiden määrä ei ole rajattu, mutta tukiaseman kantavuus on noin 50 metriä. Tukiaseman saa käyttövirtansa palvelinlaitteesta USB-liitynnällä. (Liite 2.)

Kuva 11. iQunet Langaton tukiasema. (Liite 2).

Anturit voidaan sijoittaa, jopa 100 metrin päähän tukiasemasta, kun käytetään toistinta. Toistin on laite, joka vastaanottaa noin 50 metrin säteeltä toistimesta olevien anturien mittaustietoja vastaan ja lähettää ne tukiasemalle. Toistimen käyttöjännite tulee

pistorasiaan liitettävästä USB-laturista. Toiminta sähkökatkon aikana on varmennettu kahdella CR2032-nappiparistolla (Liite 3.)

Kuva 12. iQunet toistin ja USB-laturi. (Liite 3).

4.3.3 iQunet-palvelin

iQunet-palvelin on pienikokoinen yhden kortin tietokone, johon tukiasema on kytketty. Siinä on standardien mukainen Ethernet-liityntä ja Wi-Fi yhteys mahdollisuus. Virran syöttö tapahtuu standardisoidun 5.1V laturin avulla tai erillisellä jännitemuuntimella. (Liite 4.)

Kuva 14 iQunet-palvelin. (Liite 4).

iQunet datan- ja anturinhallintaohjelma toimii internet-serverissä, joka tarjoaa suoran tai internetin kautta web-pohjaisen anturin ohjainohjelmiston. Sillä seurataan antureita ja ajetaan antureiden parametrit. iQunet-palvelimessa on myös sisäinen OPC-UA

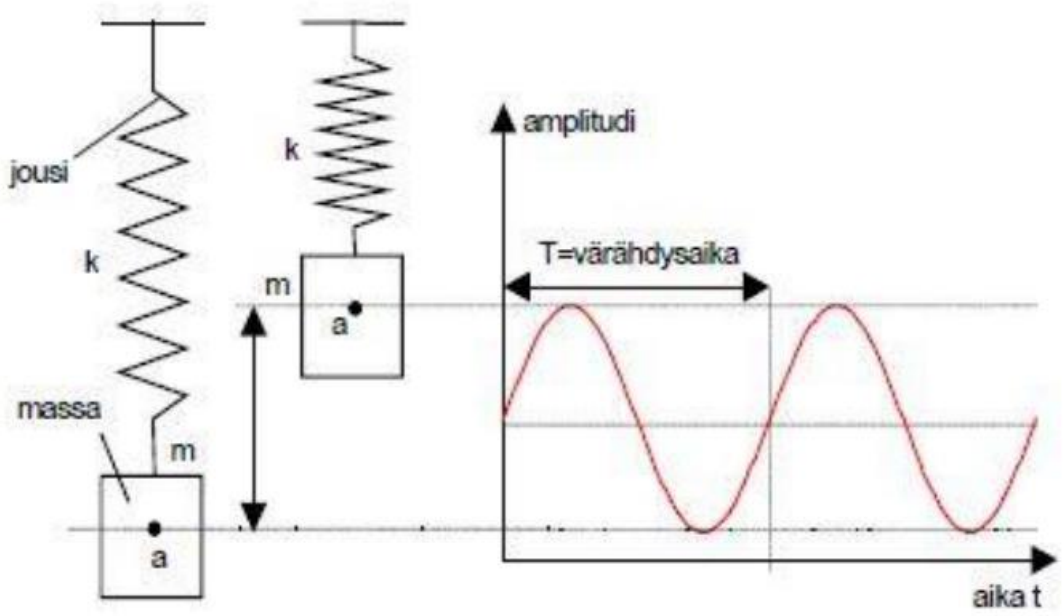
liityntä, jonka kautta voidaan siirtää tietoa myös esimerkiksi SCADA-järjestelmän kanssa. (Liite 4.)

IQunet-palvelimella on myös GraphQL-viestintäprotokolla, joka tarjoaa modernin, helppokäyttöisen ja hyvän dokumentaation ohjelmointirajapinnassa. Tiedot tallennetaan iQunet-palvelimeen, mutta ne voidaan muuttaa helposti Google Sheets-taulukoksi tai .CSV-tiedostoksi. iQunet-palvelin toimii laitteessa, eikä pilvessä, jolloin laitetta voidaan käyttää myös ilman internet yhteyttä. (Liite 4.)

4.4 Värähtelymittaus

Kaikki pyörivät sähkökoneet värähtelevät käydessään. Voimat, jotka saavat koneen rakenteen värähtelemään kutsutaan herätteiksi. Herätteinä toimivat erilaiset dynaamiset voimat, jotka aiheutuvat koneen normaalista käymisestä, asennuksen epätarkkuuksista tai vikaantumisesta. Perinteisessä oikosulkumoottorissa koneen normaalia värähtelyä aiheuttaa roottorin pyöriminen. (Mikkonen ym. 2009, 224.)

Värähtelevä kappale voidaan esittää helpoiten kuten jousi-massasysteemi kuvassa 15. Jousimassasysteemissä yhden värähdysjakson aikana massa liikkuu tasapainoasemansa molemmissa ylä- ja alamaksimikohdissa, josta massa palaa takaisin lähtöasemaansa. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000.) Kuvassa 15 on myös esitetty liikkeen siirtymä sinikäyränä.



Kuva 15. Jousi-massasysteemi (ABB:n TTT-Käsikirja 2000).

Värähtelyn kunnonvalvonnan yleisesti käytettävä mittaussuure on värähtelynopeus, mutta voidaan käyttää myös kiihtyvyyttä tai siirtymää. Matemaattisesti värähtelynopeus saadaan derivoimalla siirtymä kerran ajan suhteen ja kiihtyvyys derivoimalla nopeus kerran ajan suhteen. (Mikkonen ym. 2009, 227) Värähtelymittauksissa kerätyn datan tulkinta tehdään yleensä eri taajuusalueilla mitattujen spektrien ja niitä vastaavien tärinän kokonaistasoarvojen perusteella. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000.)

4.4.1 Anturin toiminta

iQunet värähtelyanturi on tyypiltään uudenlainen MEMS-anturi. Mikroelektroniikan kehityksen myötä on tullut mahdolliseksi valmistaa anturielementtejä ja toimilaitteita, joissa tärkeiden komponenttien koko voi olla jopa 1-100 µm, joka mahdollistaa elektroniikan ja mekaniikan komponenttien integroinnin. Tällaista yhdistämistä kutsutaan MEMS-tekniikaksi (Micro Electro Mechanical System). (Mikkonen ym. 2009, 243.)

MEMS-tekniikka mahdollistaa sellaisten älykkäiden järjestelmien kehityksen, joissa sovelluskohtaisesti käytettävissä oleva tietojenkäsittely ja analysointiyksikkö on

liitetty antureihin. Anturiin voidaan myös integroida jokin toinen kunnonvalvonnassa käytettävä mittaus, esimerkiksi lämpötilan mittaus. (Mikkonen ym. 2009, 243-244.)

MEMS-antureiden käyttö koneiden kunnonvalvonnassa on vahvassa kasvussa. Aleneva hintakehitys yhdessä anturiin integroidun signaalikäsittelykyvyn ja langattoman kommunikoinnin kanssa tekee taloudellisesti perustelluksi myös vähemmän kriittisten sähkökoneiden kiinteän kunnonvalvonnan. (Mikkonen ym. 2009, 244.)

4.4.2 Valvontamenetelmät

iQunet tarjoaa www-selaimella toimivan ohjelman. Se on tarkoitettu antureiden parametrointiin, mittaustietojen tallennukseen, käsittelyyn ja analysointiin. Ohjelmassa voidaan mitata itse tai pistää mittaus automaatille, jolloin ohjelma mittaa halutun väliajoin sähkökoneen värähtelyä. Ohjelma tarjoaa muutamia erilaisia värähtelyn analysointimenetelmiä, joita tässä opinnäytetyössä seuraavaksi esitellään.

Trendiseuranta on menetelmä, jota käytetään tehollisarvoa (RMS) tärinäkiihtyvyydelle (g) tai nopeudelle (mm/s) ja verrataan tuloksia edellisiin mittausten tuloksiin. Kiihtyvyyden tehollisarvo kaava on esitetty yhtälössä 1. Trendiseurannan mittaustapaa käytetään yleensä rutiinin omaisissa tarkastuksissa. Seurannalla voidaan huomata lähinnä vain suuria vikoja koneessa. Esimerkiksi sähkökoneen asennus-, epätasapaino-, resonanssi- tai linjaus ongelmat. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000.)

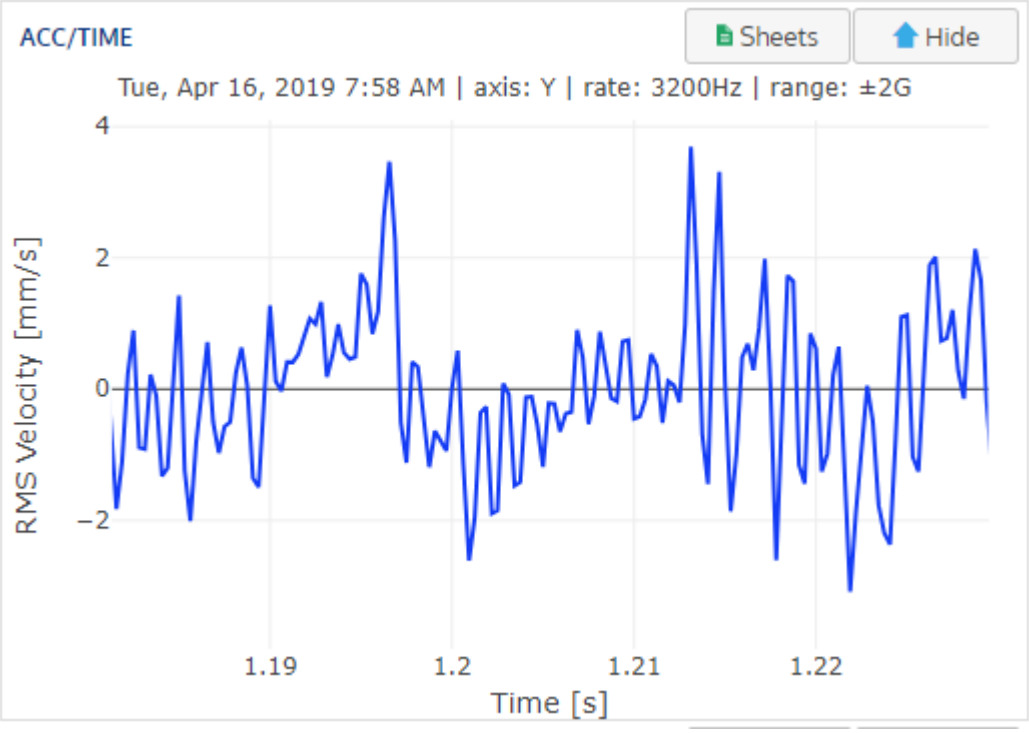
$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t)dt}, \quad (1)$$

jossa

a = hetkellinen kiihtyvyys

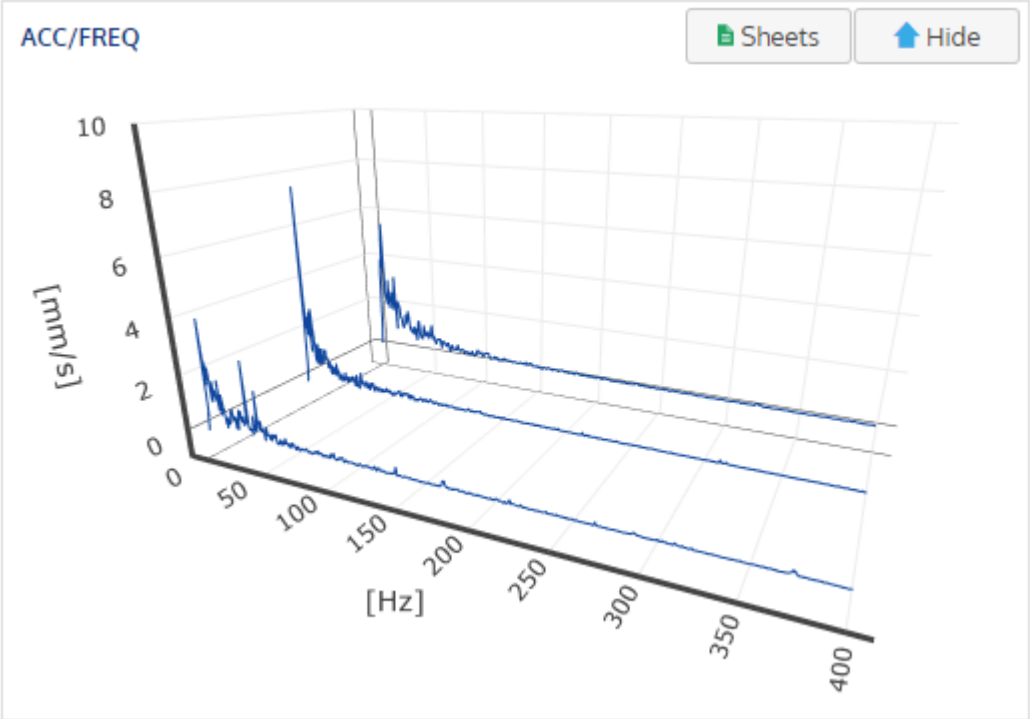
T = mittausjakson pituus

t = aika

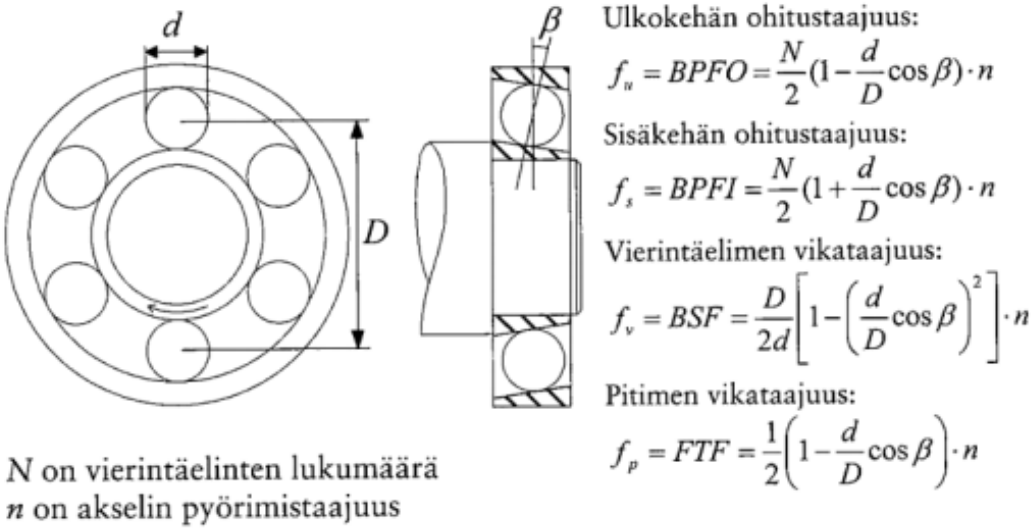


Kuva 16. Tärinän nopeuden tehollisarvon trendikäyrä. (iQunetin www-sivut 2019).

Spektrianalyysi on yleisin vikojen analysointimenetelmä. Spektrianalyysissä erotellaan eri koneosissa tapahtuva värähtely ja amplitudit eri taajuusalueille. Se muodostetaan aikatasosignaalista FFT-laskennalla, jonka ohjelma tekee automaattisesti. Spektrianalyysin tekemiseen tarvitaan kuitenkin tietoja mitattavasta sähkökoneen rakenteesta ja akselien kierrosluvuista. Esimerkiksi hammaspyörien lukumäärä tai vierintälaakerien tyyppi ja valmistaja. Mittaushetkellä on hyvä tietää sähkökoneen pyörimisnopeus tai kuormitustaso. Näiden tietojen perusteella lasketaan sähkökoneille erilaiset vikataajuudet, johon on tarjolla erilaisia laskentaohjelmia. (Nohynek & Lumme 2004, 89-90.)

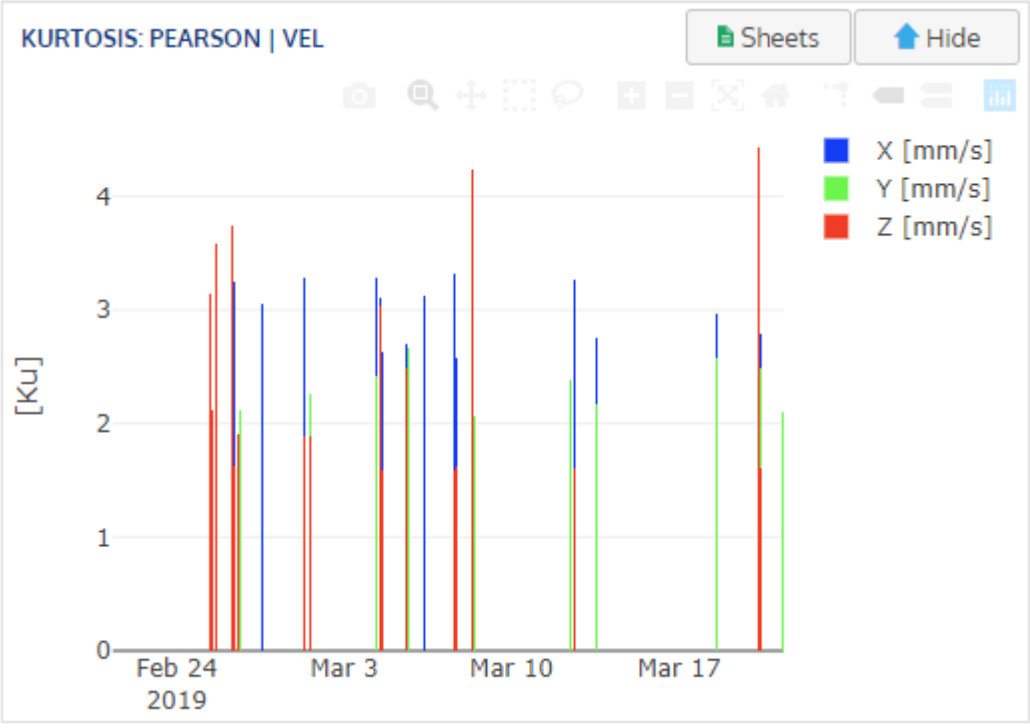


Kuva 17. Spektrianalyysi ja niiden vertailu. (iQunetin www-sivut 2019).



Kuva 18. Vierintälaakerien vikataajuuksien laskenta. (Mikkonen ym. 2009, 313.)

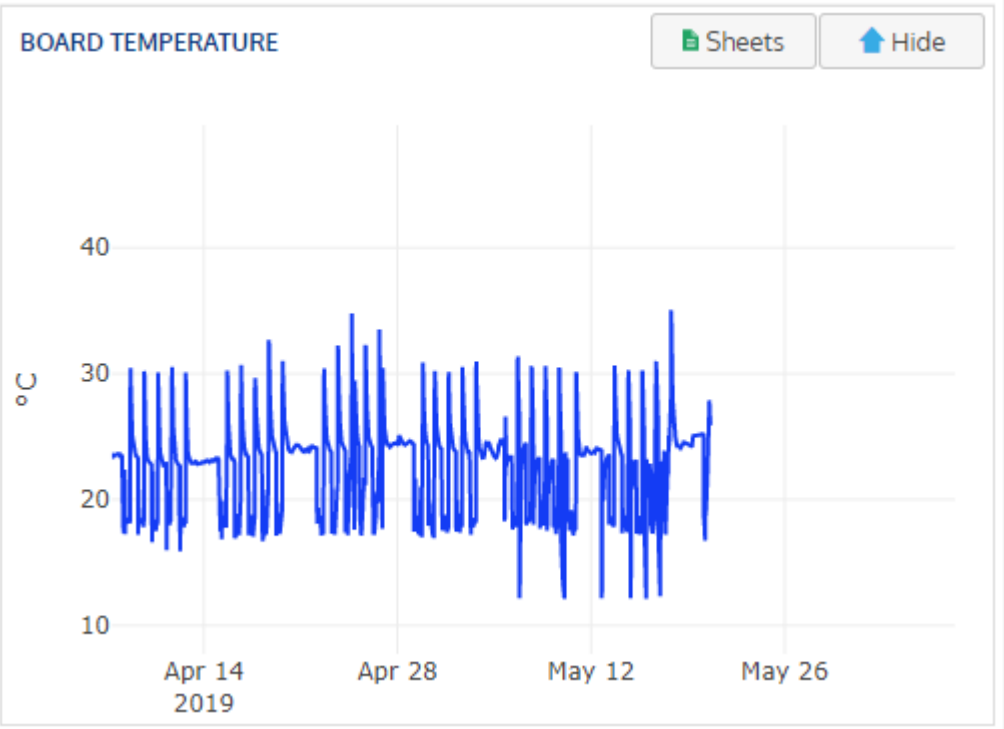
Kurtosis on erityisesti vierintälaakereiden kunnon mittaamiseen soveltuva menetelmä ja se kuvaa aikatasosignaalin ns. piikikkyyttä. Kurtosis-tekniikassa koneen käyntiparametrit eivät ole niin tärkeitä, kuin muissa analysointimenetelmissä. Sen mittaaminen perustuu siihen oletukseen, että ehjästä laakerista tuleva värähtely on satunnaisvärähtelyä, joka noudattaa ns. Gaussin jakaumaa eli normaalijakaumaa. Kurtosis-tekniikalla pyritään suoraan yhden mittauksen perusteella arvioimaan laakerin kunto ilman, että värähtelyn trendiä tarvitsisi seurata. (ABB:n TTT-Käsikirja 2000.)



Kuva 19. Kurtosis piikit. (iQunetin www-sivut 2019).

4.5 Lämpötilamittaus

iQunet värähtelyanturi mittaa myös moottorin rungon lämpötilaa, sen kiinnityskohdasta. Lähes kaikissa vikatilanteissa sähkökoneen lämmöntuotto kasvaa huomattavasti, kun vika muuttuu vaurioksi. Lämpötilamittauksella ei kuitenkaan luotettavasti havaita varhaisessa vaiheessa olevia vikoja. Lämpötilamittaus on kuitenkin käyttökelpoinen täydentävänä menetelmänä sähkökoneiden kunnossapidon valvonnassa. (Nohynek & Lumme 2004, 20-21.)



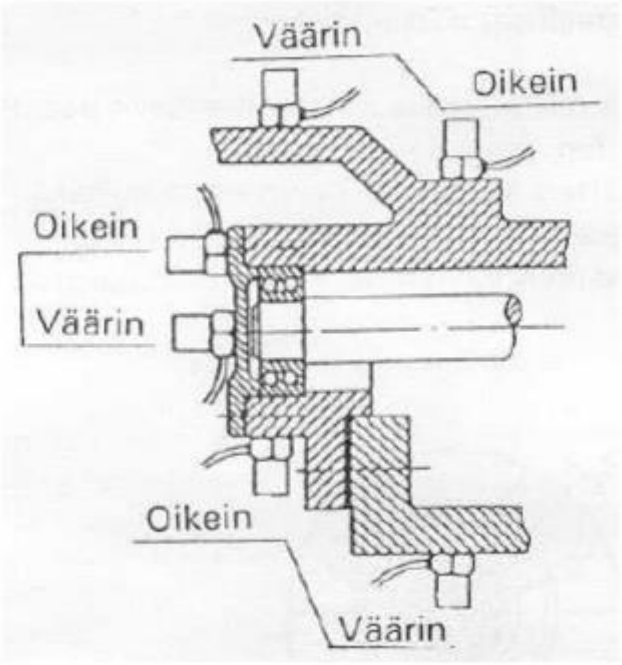
Kuva 20. Lämpötilamittauksen trendikäyrä. (iQunetin www-sivut 2019).

4.6 Asennus

4.6.1 Anturin mittauspisteen valinta ja kiinnitys.

Anturin kiinnytys ja mittauspisteen valinta on yksi tärkeimpiä asioita valvontajärjestelmän asennuksessa. Huonosti valittu mittauspiste tekee mittaustuloksesta hyvin epäluotettavan. Väärän mittauspisteen käyttö voi antaa, joko liian pieniä, suuria tai oikeita tuloksia. Vain kokeilemalla ei voida selvittää oikeaa mittauspistettä, vaan se pitää valita asianmukaisin perustein. (PSK 5702 2007, 4.)

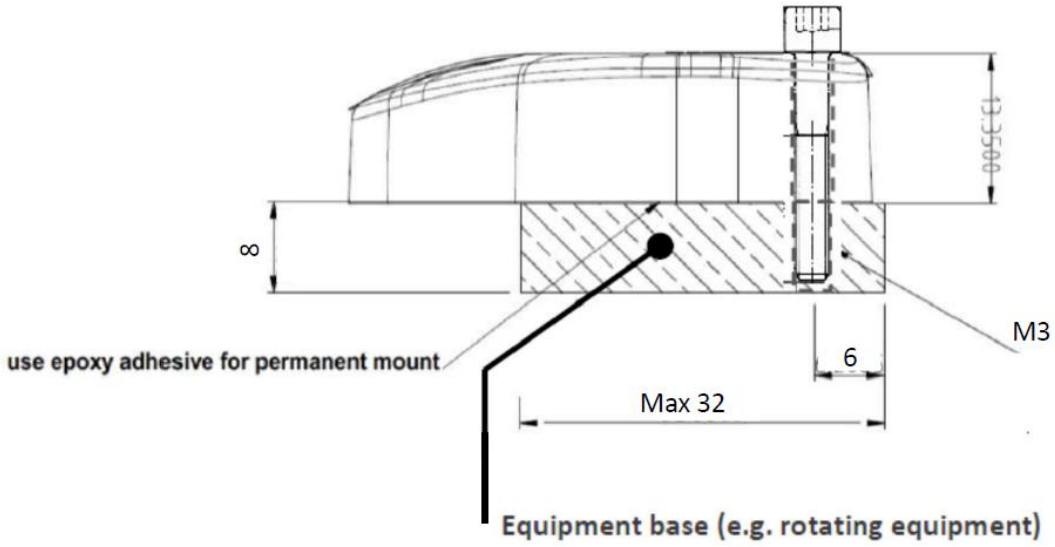
Anturilla halutaan mitata sähkökoneen laakerien ja akselin värähtelyä mahdollisimman tarkasti. Esimerkiksi sähkökoneessa on yleensä kaksi laakeria, joten on suositeltavaa mitata molempien laakerien kuntoa, omilla antureilla. Anturin asennuspiste pitää valita siten, että anturin ja värähtelylähteen välissä ei saisi olla montaakaan rajapintaa, vaan mahdollisimman suora metallinen yhteys värähtelylähteeseen. Nämä rajapinnat heikentävät korkeataajuisten värähtelyjen siirtymistä värähtelijästä anturille. (PSK 5702 2007, 4.)



Kuva 21. Esimerkki anturin asennuspaikoista. (PSK 5702 2007, 4)

Myös anturin kiinnitystavalla on merkitystä mittauksen tulokseen. Jos anturi asennetaan hyvin kiinteästi sähkökoneeseen, sitä luotettavammin voidaan mitata koko anturin taajuusalueella, varsinkin korkeammilla taajuusalueilla. iQunet-anturi on hyvä kiinnittää esimerkiksi pulttikiinnityksellä, joka on jo varsin kiinteä asennus. Sama pätee myös lämpötilamittaukseen. (Mikkonen ym. 2009, 245.)

On mahdollista, että aina ei voida anturia kiinnittää sähkökoneeseen pulttikiinnityksellä, jolloin voidaan käyttää magneettikiinnitystä tai liimaamalla anturi kohteeseen kiinni. Liimaaminen on näistä parempi vaihtoehto, koska se on lähes yhtä hyvä kuin pulttikiinnityksellä tehty kiinnitys. Magneetin ja sähkökoneen rajapinta heikentää värähtely- sekä lämpötilamittauksien oikeellisuutta verrattuna kiinteämpään asennukseen. (Mikkonen ym. 2009, 246.)



Kuva 22. iQunet värähtelyanturin asennuskuva. (iQunetin www-sivut 2019).

4.6.2 Palvelimen, tukiaseman ja toistimen asennus

iQunet palvelimen voidaan asentaa esimerkiksi DIN-kiskoon sähkökaapin sisään. Käyttöjännitteen palvelin saa erillisestä yksivaihe pistorasiaan kytkettävästä laturista. Valmistaja valmistaa myös DIN-kiskoon asennettavaa 230V/5.1V muuntajaa, jolla voidaan muuntaa jännite, eikä näin tarvita yksivaiheista pistorasiaa liityntään. Valmistajalta on saatavissa 24 voltilla toimiva palvelin, joka voidaan liittää suoraan 24 voltin automaatiojärjestelmän syöttöpiiriin.

Palvelin liitetään Ethernet-kaapelilla tai Wi-Fi yhteydellä yrityksen verkkoon tai kunnossapitojärjestelmään. Palvelin liitettään myös USB-kaapelilla tukiasemaan. Tukiasema voidaan kiinnittää ruuvilla sähkökaapin ulkoseinään tai muuhun seinään, josta sillä on hyvä ja esteetön yhteys antureihin tai toistimeen.

Toistin asennetaan samalla tavalla seinään, kuin tukiasema, mutta se tarvitsee lähelleen yksivaiheisen pistorasian sähkösyöttöä varten.

4.7 Mittausesimerkit

4.7.1 Paperitehtaan oikosulkumoottori

Esimerkissä 1 on kuvakaappaus paperitehtaalla käytettävän oikosulkumoottorin mittausdatasta. Tapauksessa ei tiedetty sähkömoottorin akselin pyörimistaajuutta, jolloin oletetaan sen olevan 50Hz, eikä mitattavan laakerin geometriaa, jolloin voidaan käyttää seuraavia suuntaa antavia kaavoja. (Mikkonen ym. 2009, 313.)

$$\text{Pitimen vikataajuus} = fp = 0{,}4n \tag{2}$$

$$\text{Ulkokehän vikataajuus} = fu = 0{,}4n \times N \tag{3}$$

$$\text{Sisäkehän vikatajuus} = fs = 0{,}6n \times N \tag{4}$$

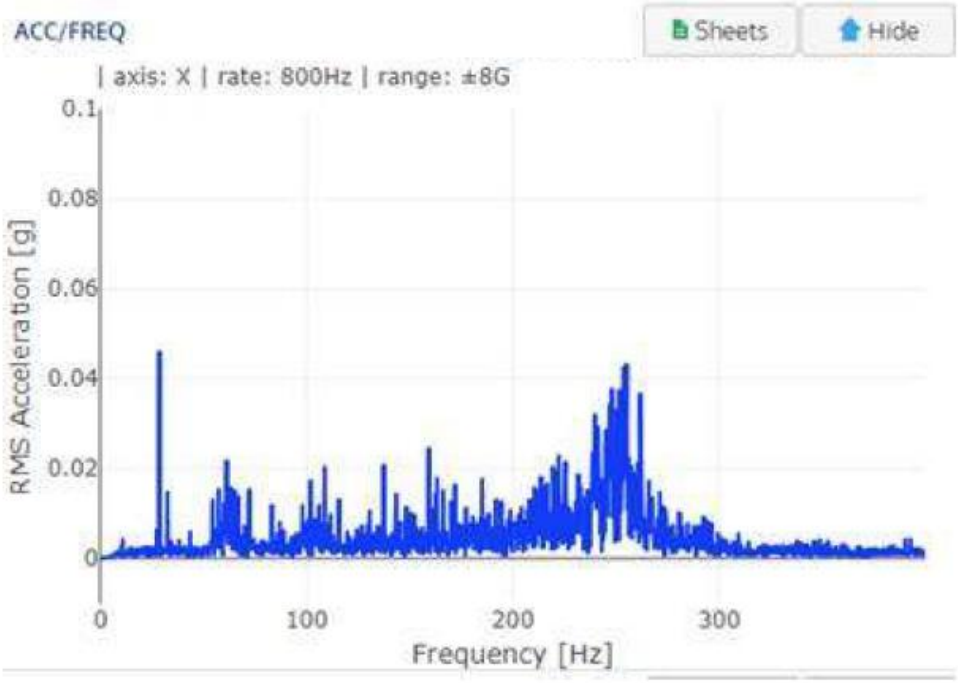
N = vierintäelimen lukumäärä
n = akselin pyörimistaajuus

Tapauksissa, joissa ei tunneta vierintäelimien lukumäärää, voidaan arvata sen olevan yhdeksästä yhteentoista. (Mikkonen ym. 2009, 313). Näillä tiedoilla voidaan laskea laakerin osien vikataajuudet.

$$\text{Pitimen vikataajuus} = fp = 0{,}4n = 0{,}4 \times 50\text{Hz} = 20\text{Hz}$$

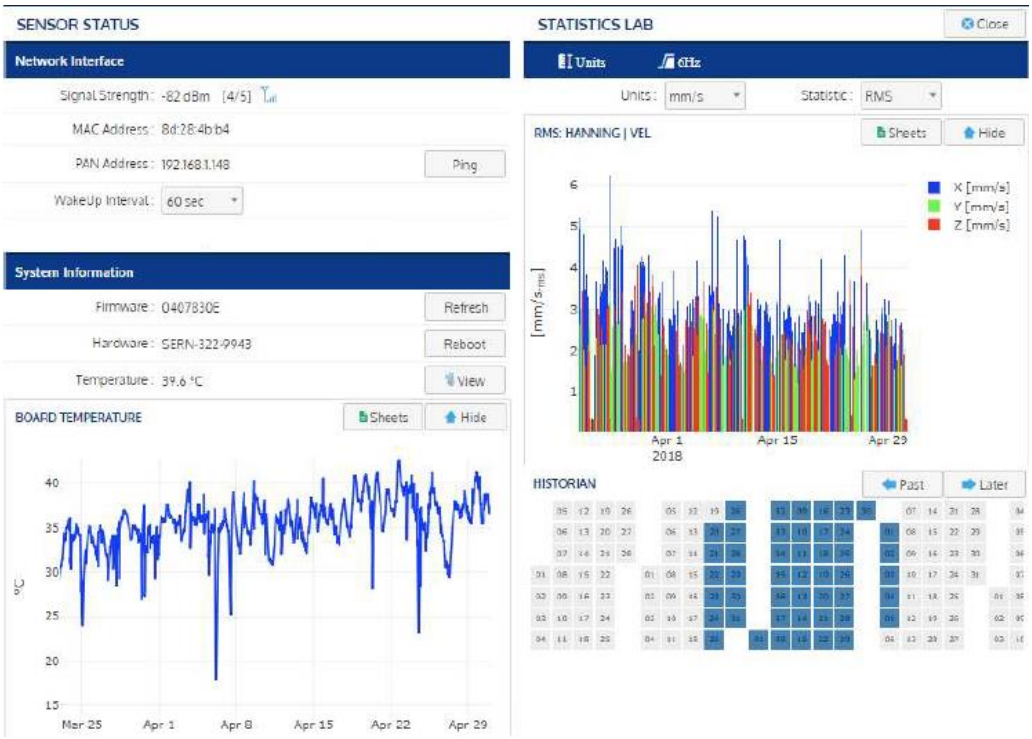
$$\text{Ulkokehän vikataajuus} = fu = 0{,}4n \times N = 0{,}4 \times 50\text{Hz} \times 11 = 220\text{Hz}$$

$$\text{Sisäkehän vikatajuus} = fs = 0{,}6n \times N = 0{,}6 \times 50\text{Hz} \times 11 = 330\text{Hz}$$



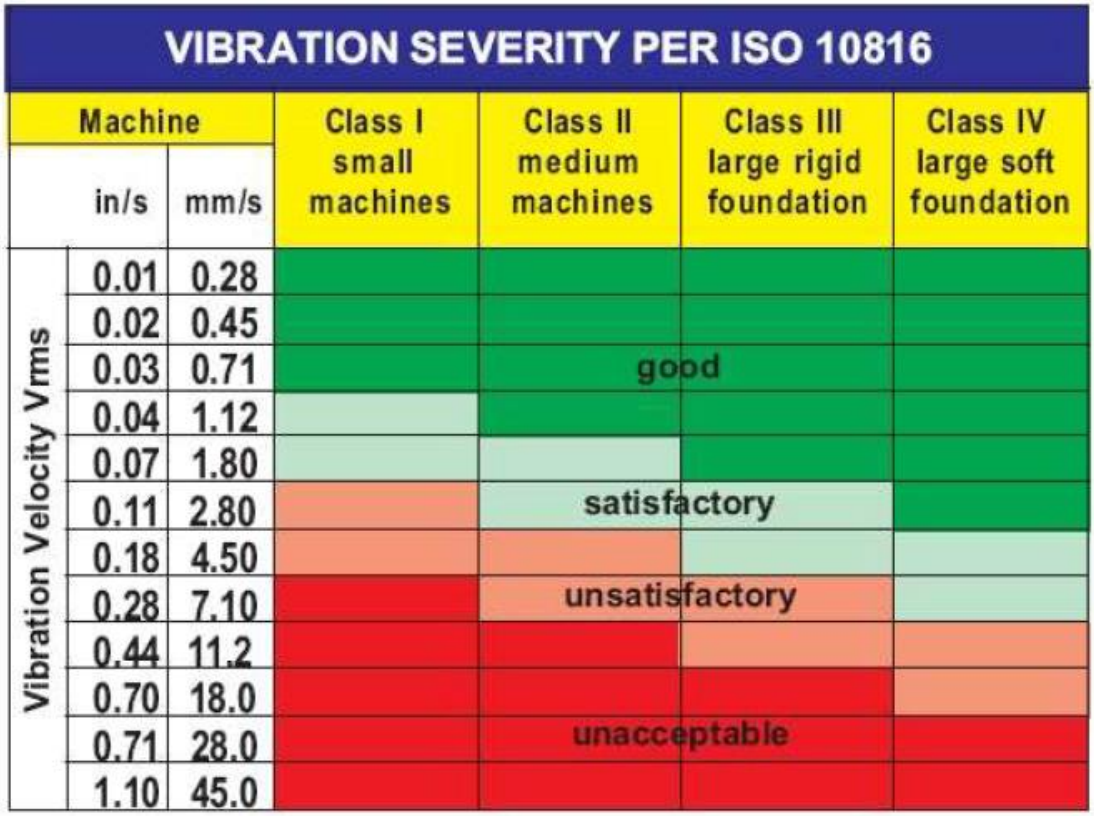
Kuva 23. Värähtelyn spektrikäyrä. (iQunet vibration cases 2019).

Tässä datassa on selvästi näkyvissä kohonnut laakerin pitimen vikataajuuden kohdalla piikki ja ulkokehän vikataajuus alueella nousua, joka ennakoi laakerin ulkokehän vaurioitumisesta.



Kuva 24. Lämpötilatrendikäyrä ja värähtelyn tehollisarvo pylväsdiagrammina. (iQunet vibration cases 2019).

Lisätietona kuvassa 24. on havaittavissa laakerin lämpötilan trendikäyrän nousua noin kuukauden ajalta. Värähtelyn tehollisarvo pysyy suhteellisen vakaana kaikilla kolmella akseleilla, mutta on jo 4 mm/s korkeudella. Standardissa ISO 10816 määritellään värähteleville koneille sallittujen värähtelyjen suuruusluokat ja mitattu 4 mm/s on jo sallitun värähtelyn rajoilla.



Kuva 25. ISO 10816 standartin määrittelemät värähtelyn raja-arvot. (SFS-ISO 10815-3 2012)

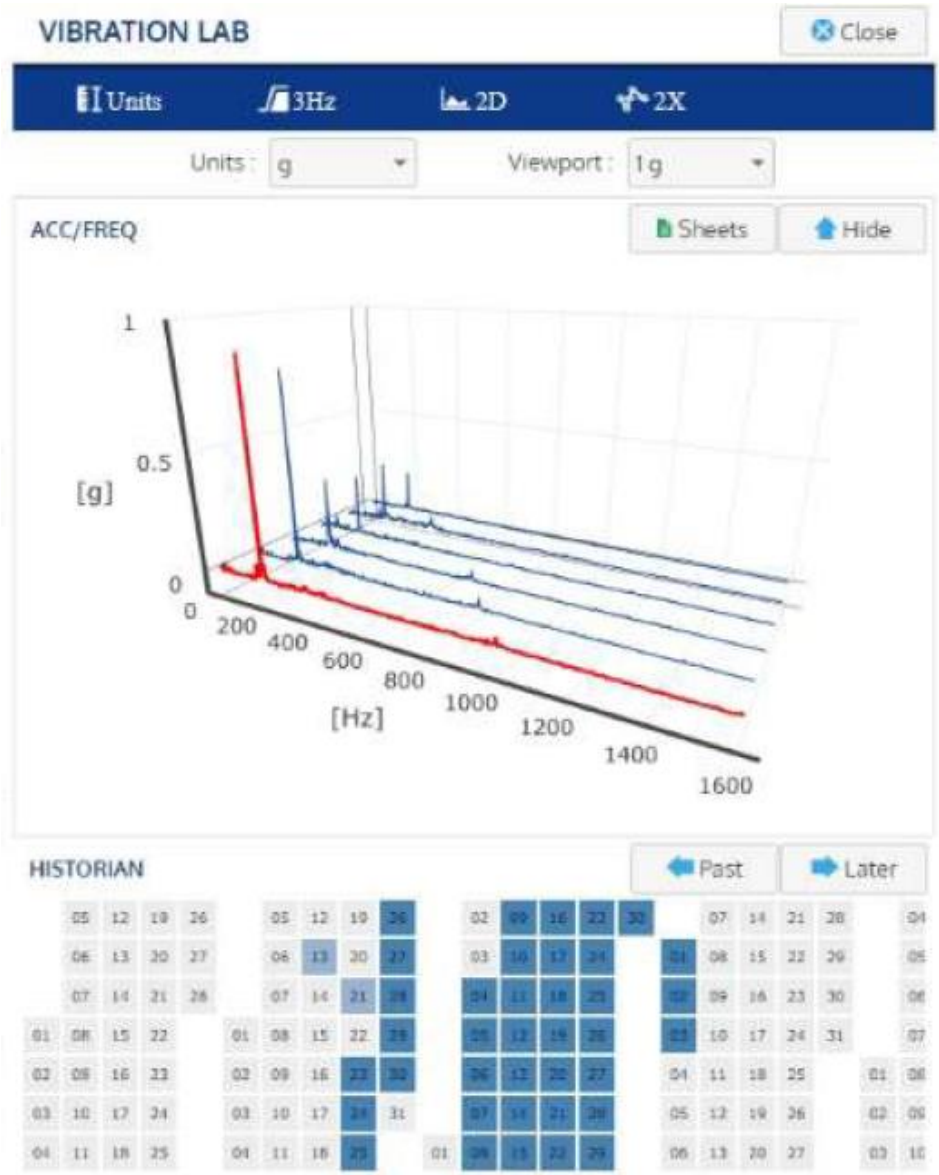
Tulosten tulkinta tässä tapauksessa on vain suuntaa antava, koska oikosulkumoottorista ei ollut saatavilla käyntitietoja, eikä mitattavan laakerin geometriaa, jolloin analysointi jouduttiin tekemään suuntaa antavilla oletuksilla.

Yhden analysointimenetelmän perusteella on vaikea saada luotettavaa tietoa, siitä onko sähkökoneessa varsin varhaisessa vaiheessa olevaa vikaa vai ei. Pieni lämpötilan ja hetkellinen värähtelyn nousu eivät välttämättä yksinään kerro sähkökoneesta olevasta viasta. Lämpötilan nousu voi johtua ympäristöstä ja värähtely hetkellisestä kuormituksesta, mutta monen eri analysointimenetelmän mahdollinen käyttö varmentaa ja helpottaa analysointia epäilystä viasta.

Saatujen tietojen perusteella päätettiin tässä tapauksessa vielä lykätä kunnossapitoa seuraavaan suunniteltuun huoltoseisokkiin, koska lämpötila ja spektrikäyrä eivät olleet kriittisessä tilassa ja värähtelyn tehollisarvo oli suhteellisen tasainen. (iQunet vibration cases 2019.)

4.7.2 Uunin teollisuustuuletin

Esimerkissä 2 mitattiin suuren uunin tuulettimen laakereita biomassavoimalaitoksessa.



Kuva 26. Tuulettimen moottorin Spektrianalyysin vertailu. (iQunet vibration cases 2019)

Kuvassa 26. mitatulle datalle on tehty eri taajuusalueiden spektrianalyysi ja niiden vertailu, josta voidaan huomata, että yhden taajuuden värähtelyn amplitudi on kasvanut viikosta toiseen huomattavasti, jolloin vika on jo aika pitkällä. Koska asennus oli ollut käytössä vasta lyhyen aikaa, epäiltiin tässä tapauksessa olevan jonkinlainen asennusvirhe, joka oli korjattava pikimmiten. (iQunet vibration cases 2019)

5 ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄN SOVELTUVUUS ERI MOOTTORIKÄYTTÖIHIN

LST-Etävalvontajärjestelmä soveltuu käytettäväksi valvomaan värähtelyä ja lämpötilaa yleisesti moniin teollisuuden käytettäviin moottorikäyttöihin. Sähkömoottorikäytöllä pitää olla säännöllinen ja suuri käyttöaste, jolloin automaattinen tärinänmittaus onnistuu moottorin pyörimisen aikana. Analysointia helpottaa, jos on mahdollista saada muusta järjestelmästä moottoritiedot, hetkellinen kierrosnopeus ja kuormituksen taso mitattavasta moottorikäytöstä. Esimerkiksi etävalvontajärjestelmää voidaan käyttää myös taajuusmuuntajaohjattuihin sähkömoottoreihin, joissa taajuusmuuntajasta saadaan tietoa moottorin käyntitiedoista.

LST-Etävalvontajärjestelmän asennus ei vaadi moottorilta mitään erityisrakenteita, joten se sopii lähes kaikkiin sähkömoottorityyppeihin. Se voidaan asentaa niin uuteen, kuin jo käytössä olleeseen sähkökonekäyttöön. Antureiden langattomuus helpottaa asentamista, koska kaapeleita ei tarvitse vetää, verrattuna muihin tarjolla oleviin valvontajärjestelmiin. Anturin mittauspaikkaa valittaessa on kuitenkin otettava muutamia asioita huomioon luotettavan mittaustuloksen saamiseksi. Järjestelmä voi valvoa myös montaa sähkökonekäyttöä kerralla, koska antureiden enimmäismäärää ei ole rajattu. Anturi ovat IP65-luokkaa ja kestävät jopa -20°C-75°C lämpötilan, joten ne sopivat monenlaisiin ympäristöolosuhteisiin.

LST Etävalvontajärjestelmän oma datan analysointiohjelma, jossa on monta erilaista värähtelyn analysointitekniikkaa. Näillä analysointitekniikoilla voidaan löytää laakerivaurioita, roottorivaurioita, linjausvirheitä ja ylikuormituksia. Internet yhteyden avulla voidaan analysointi tehdä miltä tahansa päätelaitteelta mistäpäin tahansa, joten

valvonta voidaan suorittaa kaukaa etäältä. Järjestelmä voidaan myös liittää jo valmiina olevaan kunnossapitojärjestelmään.

Sähkömoottorikäytön kunnon valvominen on kannattavaa tuotannollisesti tärkeissä moottorikäytöissä, joiden vikaantuminen tai äkillinen pysähtyminen voivat mahdollisesti pysäyttää tai hidastaa merkittävästi tuotantoa. Sähkökone voi olla myös tyypiltään harvinainen eikä uutta konetta rikkoutuessaan ole välttämättä saatavilla. Tämän kaltaisia käyttöjä ovat esimerkiksi tärkeät pumput, ruuvit, liukuhihnat ja sähkögeneraattorit.

LST-Etävalvontajärjestelmän käyttäminen moottorikäytöissä, joissa moottoria käytetään erittäin vähän tai hyvin lyhyitä aikoja kerralla, ei ole erityisen kannattavaa. Esimerkiksi moottorikäytöt, joissa käytetään servo-ohjattuja servomoottoreita tai tasavirtamoottoreita ja ajetaan yksittäistä moottoria lyhyitä aikoja vaihtelevin nopeuksin. Tämän kaltaisia käyttöjä ovat esimerkiksi erilaiset paikoittavat järjestelmät, pakkauskoneet. Sellaisten moottorikäyttöjen kunnon valvominen värähtelymittausten avulla ei ole kannattavaa värähtelyn mittaamisen epäluettavuuden ja analysoinnin vaikeuden takia. Mittaamisen automaattinen asettaminen juuri oikeaan ja samaan aikaan moottorin pyöriessä ei onnistu ja vaikeuttaa värähtelyn analysointia. Myös muun tyyppiset moottorikäytöt, joissa ajetaan sähkömoottoria usein hyvin erilaisilla nopeuksilla, suunnanvaihdoilla ja kuormitustasoilla on niistäkin vaikea saada luotettavaa värähtelytietoa.

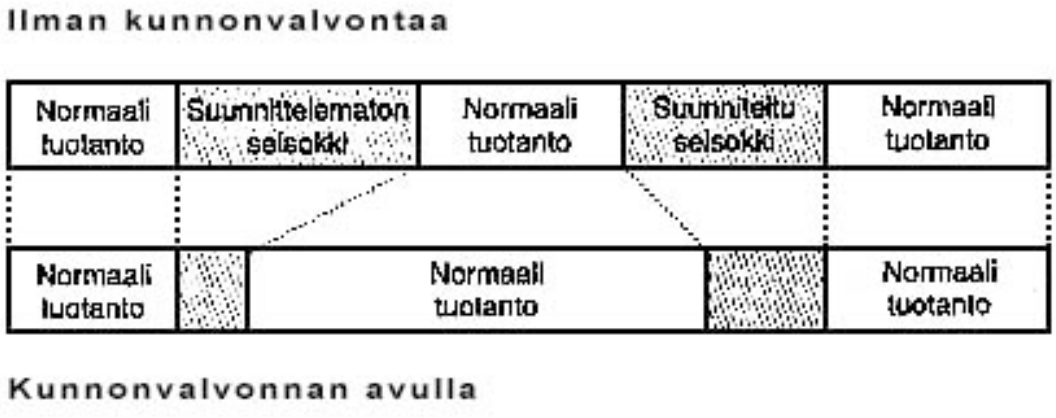
6 ETÄVALVONTAJÄRJESTELMÄN VAIKUTUKSET SÄHKÖMOOTTORIEN KUNNOSSAPITOON

LST-Etävalvontajärjestelmällä on monia vaikutuksia sähkömoottorien kunnossapitoon. Vaikutukset vaikuttavat muun muassa turvallisuuteen, suunnitteluun, ennakointiin ja talouteen.

Yleisesti etävalvontajärjestelmä on suunniteltu helpottamaan sähkömoottorien vikaantumisen ennakointia. Kunnonvalvonnalla saavutetaan hyötyjä, joita ovat huoltokatkojen parempi hyödyntäminen, tuottavuuden kasvu, suunnittelemattomien tuotantokatkojen väheneminen, sähkökoneen pidentynyt käyttöikä ja kunnossapidon suunnitelmallisuus. (Opetushallitus 2019).

Kunnonvalvonnan avulla voidaan tuotantokatkon keskimääräinen odotusaika eliminoida, koska suunnittelu ja valmistavat toimenpiteet voidaan tehdä tuotantoajalla. Myös kunnossapitoaikaa voidaan lyhentää, koska viat eivät kerkeä kehittymään vaurioiksi ja tarvittavat kunnossapitotoimenpiteet voidaan suunnitella paremmin vikojen ollessa jo tiedossa. (Opetushallitus 2019.)

Etävalvontajärjestelmän avulla voidaan myös voittaa lisää tuotantoaikaa. Siirtymällä korjaavasta kunnossapidosta mittaavaan kunnossapitoon voidaan kunnossapitokustannuksia pudottaa useimmissa tapauksissa jopa yli 50 prosenttia. (Opetushallitus 2019.)



Kuva 23. Kunnonvalvonta lisää tuotantoaikaa. (Opetushallitus 2019).

Kunnonvalvonnan avulla pyritään siihen, että kunnossapitotyöt suoritetaan, kun sähkökoneiden kunto niitä edellyttää. (Opetushallitus 2019).

Kunnonvalvonta ja analysointi voidaan suorittaa etäältä, mistä tahansa päätelaitteelta, jossa on internet yhteys. Kunnossapitoasentajan turvallisuus paranee ja tapaturmariski pienenee merkittävästi. Pyörivän sähkökoneen lähellä työskentelyssä voi olla esimerkiksi kiilautumisen vaara tai moottorin kuumuudesta johtuva palovamman saamisen riski. Etävalvontajärjestelmän käytöllä ei kunnossapitoasentajan tarvitse enää itse mennä pyörivän sähkökoneen lähelle mittaamaan värähtelyä.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää uuden LST Etävalvontajärjestelmän soveltuvuutta erilaisiin sähkökonekäyttöihin. Työ päätettiin aloittaa tutustumalla erilaisiin sähkökonetyyppeihin, käyttökohteisiin, vikoihin, niiden syntymissyihin ja etävalvontajärjestelmään. Teorian ja kirjallisuuden perusteella selvitettiin LST Etävalvonnan vaikutusta kunnossapitoon ja sähkökonekäyttöjä, joissa LST-Etävalvontajärjestelmää on kannattavaa käyttää kunnonvalvonnassa, jotta järjestelmää voidaan paremmin suunnitella käytettäväksi sopivissa sähkökonekäytöissä ja perustella sen hyötyjä kunnossapitoon paremmin.

Yleisesti panostamalla laitteiden kunnonvalvontaan saadaan aikaan varteenotettavan iso taloudellinen säästö yrityksen erilaisissa kuluissa. Oikealla tavalla suoritetun kunnonvalvonnan avulla voidaan vähentää esimerkiksi odottamattomia tuotantopysähdyksiä, vähentää varaosavarastoa, välttyä turhilta sähkökoneiden huolloilta ja lyhentää suunniteltuja huoltokatkoja tuotannossa.

Suurin osa sähkökoneiden vioista on laakereihin kohdistuvaa vikaa, joten värähtelyn mittaaminen on todella hyvä tapa mitata sähkökoneen kuntoa. Värähtelymittauksilla voidaan huomata jo varhaisessa vaiheessa yhdeksän kymmenestä kehittymässä olevasta laakeriviasta. (Mikkonen ym. 2009, 311.) Värähtelymittauksilla voidaan myös

huomata linjausvirheitä, ylikuormituksia ja roottorivikoja. Myös kaikki sähkökoneiden viat tuottavat lämpöä sähkökoneessa. Merkittävästi kohonnut sähkökoneen lämpötila on merkki koneen vikaantumisesta, jolloin lämpötilanmittaus on hyvänä lisänä sähkökoneen kunnonvalvonnassa.

LST Etävalvontajärjestelmä sopii lähes kaiken tyyppisille sähkömoottoreille, joten moottorin valmistajalla tai tyypillä ei ole suurta merkitystä. Sopivuuteen vaikuttaa enemmän sähkömoottorin käyttökohde, ohjaustapa ja että laite on tuotannollisesti tärkeä. Sähkökonekäytöissä, joissa sähkökoneella on suurikäyttöaste, tasainen nopeus ja joista on mahdollista saada käyntitietoja soveltuvat erittäin hyvin valvottavaksi etävalvontajärjestelmällä. Tämän kaltaisia sähkökonekäyttöjä ovat mm. tärkeät pumput, liukuhihnat, sähkögeneraattorit, puhaltimet.

Värähtelymittauksesta saadun datan analysointi on aika haastavaa ja se vaatii kuitenkin jonkun verran perehtymistä värähtelyn- ja sähkökoneiden teoriaa, joten ihan kuka tahansa ei voi valvoa ja analysoida sähkökoneiden kuntoa värähtelyn avulla.

LST Etävalvonta-järjestelmään voitaisiin kehittää lisäämällä langaton anturi, joka voisi mitata mitattavan sähkökoneen hetkellistä pyörimisnopeutta. Hetkellisellä pyörimisnopeustiedolla voitaisiin analysointia helpottaa huomattavasti käytöissä, joiden pyörimisnopeus vaihtelee käytön aikana useasti, eikä niistä ole muuta kautta saatavaa pyörimisnopeustietoa. Pyörimisnopeustietoa voitaisiin myös soveltaa järjestelmää tunnistamaan, että moottori käy ja ajoittamaan automaattinen mittaus aina oikeaan aikaan. Näin tämä voisi mahdollistaa automaattisen mittaamisen sähkökonekäytöistä, joissa moottoria käytetään erittäin vähän tai hyvin lyhyitä aikoja kerralla hyvin epäsäännöllisesti.

LÄHTEET

LST Group.n www-sivut. 2019. Viitattu 07.05.2019. http://www.lst.fi

Korpinen, L. Tuusa, H. Kärnä, J. & Nurmi, T. 1998. Sähkövoimatekniikanopus. Viitattu 14.05.2019 http://leenakorpinen.com/fi/julkaisut/opetusaineistoja/

Salenius, V. 2012. Sähkökoneiden vikaantumisen havainnointi. AMK-opinnäytetyö. Metropolian ammattikorkeakoulu. Viitattu 17.05.2019. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39580/Salenius_Vili.pdf?sequence=1

Halme, J & Parikka, R. 2005. AC-servomoottori – rakenne, vikaantuminen ja havainnointimenetelmät. Tutkimusraportti. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Viitattu 19.05.2019. http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/servomoottori_rakenne_vikaantuminen&havainnointi.pdf

Schaeffler.n www-sivut. 2019. Viitattu 24.05.2019. https://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/fi/index.jsp

Skf:n www-sivut. 2019. Viitattu 24.05.2019. http://www.skf.com/fi/blog/viisi-yleisinta-syyta-sahkomoottoreiden-laakerivaurioihin/

Mikkonen, H, Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V. & Riutta, E., 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. Helsinki: KP-Media OY.

ABB: Tekninen opas nro 5. Laakerivirrat uusissa vaihtovirtakäytöissä. 2000. Viitattu: 27.05.2019. https://library.e.abb.com/public/4afd9ccbf5eb991fc1256d280083a4d2/Tekninenopasnro5.pdf

ABB:n TTT-käsikirja. 2000. Luku 23: Kunnonvalvonta ja huolto. 2000. Viitattu: 12.06 2019 http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/23_Kunnonvalvonta%20ja%20 huolto.pdf

Bethel, N. 2007. Fault Zone Analysis: Six Part Series on Identifying Motor Defects. Viitattu 02.06.2019 https://www.irinfo.org/09-01-2007-bethel/

iQunet www-sivut. 2019. Viitattu 13.06.2019. https://iqunet.com/

Nohynek, P. & Lumme, V. E. 2004. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. 2. täydennetty painos. Rajamäki: KP-Media Oy

PSK 5702, 2007. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Mittauspisteen valinta ja tunnistaminen. 3 painos. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK.

PSK 5707, 2011. Kunnonvalvonnan värähtelymittaus. Vianmääritys. 5 painos. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK.

Opetushallitus 2019. Mekaniikka: 1. Johdanto kunnonvalvontaan. Viitattu: 06.08.2019. http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html

Information Leaflet - vibration cases 2019, iQunet BVBA

SFS-ISO 10816-3, 2012. Mechanical vibration -- Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts -- Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15 000 r/min when measured in situ. Standardisointiyhdistys ry.

iQunet®

Datasheet

Wireless Battery-Operated Vibration Sensor

SKU: IVIB161010-ACC3-016

Category: Sensors

Description

Industrial Wireless Battery-Operated Vibration Sensor

The iQunet vibration monitoring sensor is a device that monitors asset health of rotating equipment which fits well in the predictive maintenance and asset reliability strategy.

The iQunet wireless battery-operated machine condition sensor combines a sensor, data collector and radio into one compact, battery-operated device that measures **both vibration and temperature data**. The sensor collects **triple axis** time series vibration data. The sensor is powered with **2 standard CR2032 coin cells** (included) which assures function for several years in standard operation mode (>5 years with one measurement a day). Sensors parameters can be set remotely such as sampling rate, samples number, dynamic range, automatic measurement interval, etc.

The sensor makes a network direct to the central base station node or via the optional repeater. Sensor data is visualized in the iQunet **sensor dashboard** on the iQunet data server, offering temperature graphs, time series in acceleration (g) and velocity (mm/s), spectrum graphs in (g) and (mm/s) including waterfall plots, RMS trend values and graphs in (g) and (mm/s), crest factor, peak values, etc.

Used in: condition monitoring of bearings, misalignment, unbalance, ... of rotating equipment

Technical specification:

- **Physical:**
  - **Dimensions (mm):** 57 x 47 x 14
  - **Weight:** 35g
  - **Case material:** thermoplastic
  - **Sealing:** IP65 (IP68 available 2019)
- **Installation:** M3 screws (epoxy adhesive for permanent mount)
- **Operating temperature:** -20°C to +70°C
- **Recommended storage temperature:** +30 °C maximum
- **Certifications:**
  - CE
  - ATEX / IECEx certification (available 2019)
- **Wireless communications range:** up to 50 m typically in plant (actual range depends on specific site topology and device placement)
- **Power supply:**
  - 2 x 3V (replaceable CR2032 battery)
  - Up to 10 year battery life (depending on settings, usage and operating temperature)
- **Measurements:**
  - **Amplitude range:** 2G, 4G, 8G or 16G
  - **Measurement axis:** X, Y and/or Z (3 axis)
  - **Sampling rate:** 12 to 3200 Hz
  - **Number of samples:** 32 to 8192 samples
  - **Units:** g or mm/s
  - **Activity threshold:** 0G to 1G

Contact:
Dirk Van den Branden, CEO
iQunet bvba | Broekstraat 82, 9220 Hamme, Belgium
T +32 52 86 00 25 | M +32 478 44 66 20 | dvdb@iqunet.com

iQunet®

Datasheet

Wireless Battery-Operated Vibration Sensor

Technical specification (continued):

- **Postprocessing:**
  - Time series, frequency or waterfall plots
  - 1/f flicker noise detrending (for velocity spectra)
  - DFT averaging for noise reduction
  - Trend tracking: RMS or Kurtosis
  - Configurable high pass cut off filter
- **Temperature sensor on board:** yes
- **Start data acquisition:**
  - Manual trigger (REC button in sensor dashboard)
  - Automatic measurements (programmable time interval)
  - Conditional automatic measurements (programmable threshold level)
- **Communication protocols:**
  - Subscribe to sensor parameters and data with OPC UA (setting flag available in 2019)
  - Control sensor settings and start measurements using GraphQL mutations
  - Read out sensor parameters and data using GraphQL queries
- **Data storage:** on iQunet data server

Contact:
Dirk Van den Branden, CEO
iQunet bvba | Broekstraat 82, 9220 Hamme, Belgium
T +32 52 86 00 25 | M +32 478 44 66 20 | dvdb@iqunet.com

iQunet®

Datasheet

USB Powered Repeater with Battery Back Up

SKU: IREP168010-USB-BAC

Category: Network Components

Description

Industrial USB Powered Wireless Repeater with Battery Back Up

When longer distances need to be bridged, the optional iQunet wireless repeater (extender) can be used.
The repeater has a small footprint and can easily be attached to the wall or cabinet with the related clips. The repeater can connect virtually to an **unlimited number** of sensors and is powered via a standard micro USB connection to a 110V/230V USB charger (type C included). This way, the wireless range of iQunet sensors is more than doubled.
The repeater has also 2 standard battery coin cells on board acting as an UPS (Uninterruptable Power Supply) to ensure data capturing, even under short main power break downs.

Used in: monitoring with iQunet wireless sensors in larger plants.

Technical specification:

- **Physical:**
  - **Dimensions (mm):** 57 x 47 x 14
  - **Weight:** 35g
  - **Case material:** thermoplastic
- **Installation:** clips (mounted to wall or cabinet)
- **Operating temperature:** -20°C to +70°C
- **Recommended storage temperature:** +30 °C maximum
- **Certifications:**
  - CE
- **Wireless communications range:** up to 50 m typically in plant (actual range depends on specific site topology and device placement)
- **Power supply:** 5V, micro USB (CR2032 battery backup)
- **Power connection:**
  - 1 m. micro USB cable (included)
  - quality USB charger 110V-230V, type C mains plug (included)
  - 2 x 3V (replaceable CR2032 battery) as backup
- **Temperature sensor on board:** no

Contact:
Dirk Van den Branden, CEO
iQunet bvba | Broekstraat 82, 9220 Hamme, Belgium
T +32 52 86 00 25 | M +32 478 44 66 20 | dvdb@iqunet.com

iQunet®

Datasheet

USB Powered Actuator with Battery Back Up

SKU: IACT168110-USB-BAC

Category: Network Components

Description

Industrial USB Powered Wireless Actuator with Battery Back Up

When longer distances need to be bridged, the optional iQunet wireless actuator (extender) can be used. The actuator has a small footprint and can easily be attached to the wall with the related clips. The actuator can connect virtually to an unlimited number of sensors and is powered via a standard micro USB connection to a USB charger (included). This way, the wireless range of iQunet sensors is more than doubled. The actuator has also 2 standard coin cells on board acting as an UPS (Uninterruptible Power Supply) to ensure data capturing even under short main power break downs.

Compared to the repeater the actuator has also a **24V switching output**. If an alarm broadcast from a surrounding sensor is picked up, the iQunet actuator can e.g. drive immediately - without computing delay - a machine PLC to switch off the machine or flash a warning light.

Used in: monitoring with iQunet wireless sensors in larger plants and/or a direct switching output is required (e.g. to drive a warning light) without delay.

Technical specification:

- **Physical:**
  - **Dimensions (mm):** 57 x 47 x 14
  - **Weight:** 35g
  - **Case material:** thermoplastic
- **Installation:** clips (mounted to wall or cabinet)
- **Operating temperature:** -20°C to +70°C
- **Recommended storage temperature:** +30 °C maximum
- **Certifications:**
  - CE
- **Wireless communications range:** up to 50 m typically in plant (actual range depends on specific site topology and device placement)
- **Power supply:** 5V, micro USB (CR2032 battery backup)
- **Power connection:**
  - 1 m. micro USB cable (included)
  - quality USB charger 110V-230V, type C mains plug (included)
  - 2 x 3V (replaceable CR2032 battery) as backup
- **Temperature sensor on board:** no
- **Output:** 24V switching output

Contact:
Dirk Van den Branden, CEO
iQunet bvba | Broekstraat 82, 9220 Hamme, Belgium
T +32 52 86 00 25 | M +32 478 44 66 20 | dvdb@iqunet.com

iQunet®

Datasheet

New Generation Industrial 5.1V Powered iQunet Server

SKU: SERV199010-USB-5V2A

Category: Network Components

Description

New Generation Industrial 5.1V Powered iQunet Server (version 1.3.x pre-installed)

The New Generation iQunet server is a small size single board computer to which the base station is connected. It has a **standard Ethernet connection** and is Wi-Fi enabled. It is powered via a standardized 5.1V charger (included) and runs state of the art software (version 1.3.x included).
The iQunet data and sensor management server runs an embedded webserver that provides direct or via internet access to the web based wireless **sensor device manager software** which monitors the sensor network and drives the dynamic sensor parameterization.
The iQunet server has an embedded **OPC UA server** inside as well, guaranteeing seamless data exchange with customers SCADA systems or OPC historians where the data can be backed up.
The iQunet server also runs a **GraphQL server** application that provides modern, easy to use, well documented APIs for seamless integration in customers software developments.
Data is logged on the iQunet server but can be exported as a Google Sheet or a .CSV file with a single click command in the dashboard.
By running in the edge and not in the cloud, the iQunet server operates reliably and securely even when being offline or having only intermittent connectivity.

Used in: required item for setup of the iQunet wireless network. The central computing and data storage device is running in combination with iQunet wireless sensors an asset monitoring network – stand alone or integrated in plant or office network.

Technical specification:

- **Physical:**
  - **Dimensions (mm):** 120 x 102 x 18
  - **Weight:** 105g
  - **Case:** ABS
- **Installation:** on DIN rail (35mm)
- **IP degree (IEC 529):** IP20
- **Operating temperature:** 0°C to +55°C
- **Power supply:**
  - 5.1VDC 2.5A power supply (included)
  - Integrated 1.5m cable with micro USB plug for iQunet server
  - 90-264VAC mains input voltage (plug types a, b, c, d included)
  - DIN-rail 5.1V iQunet server power supply can be used as alternative
- **Ethernet connection:** up to 300Mbps
- **WiFi:** 2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wifi1 x 802.11n Wireless LAN
- **USB connection for iQunet Base Station:** 1 connection

Contact:
Dirk Van den Branden, CEO
iQunet bvba | Broekstraat 82, 9220 Hamme, Belgium
T +32 52 86 00 25 | M +32 478 44 66 20 | dvdb@iqunet.com

iQunet®

Datasheet

New Generation Industrial 5.1V Powered iQunet Server

Technical specification (continued):

- **Software:** pre-installed (licenses included)
  - OPC UA server
  - Webserver
  - GraphQL server
  - iQunet monitoring software
- **Memory:** dynamic database autoscaling
- **New Generation features:**
  - Faster booting process
  - New WebRTC connection procedure: easier to swap server networks
  - Support for 24V wired vibration sensor
  - Option to connect via WiFi or WiFi hotspot
  - Option to connect Hamachi VPN networks in sensor dashboard
  - System Clock functionality for hardware clock synchronization
  - Storage Manager functionality for database analysis and dynamic database autoscaling
  - Data Explorer functionality for the export of .CSV files
  - Improved OPC UA functionality
  - Updated GraphQL APIs and documentation

Contact:
Dirk Van den Branden, CEO
iQunet bvba | Broekstraat 82, 9220 Hamme, Belgium
T +32 52 86 00 25 | M +32 478 44 66 20 | dvdb@iqunet.com