

Eetu Lehto

Prosessi- ja pyörivien laitteiden kunnonvalvontatiedon yhdistäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

14.4.2018

Tekijä Otsikko	Eetu Lehto Prosessi- ja pyörivien laitteiden kunnonvalvontatiedon yhdistäminen
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 14.4.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneautomaatio
Ohjaajat	Lehtori Heikki Paavilainen Lehtori Antti Liljaniemi Tiiminvetäjä Emmi Arimo Järjestelmävastaava Janne Penttinen Kehitysinsinööri Pekka Soininen
<p>Tässä työssä on tarkoitus selvittää tekniset vaatimukset, jotka ovat tarpeen projektisuunnitelman toteuttamiseksi prosessi- ja pyörivien laitteiden kunnonvalvontatiedon yhdistämisestä. Jalostamon mäntäkompressoreiden ja pyörivien laitteiden mittaustietoja kerätään System 1™ monitorointi- ja diagnostiikkajärjestelmään. Prosessitietojen kerääminen on hajautettu eri automaatiojärjestelmien välille, josta ne viedään ylemmän tason säätöjärjestelmän TOP:n tietokantaan.</p> <p>Pyörivien laitteiden ja mäntäkompressoreiden tehokkaamman elinkaaren hallinnan ja vika-diagnostiikan mahdollistamiseksi automaatiojärjestelmistä kerätty prosessitieto halutaan tuoda System 1™-järjestelmään. Koneiden värähtelymittauksissa tapahtuvat muutokset eivät ainoastaan johdu mekaanisista muutoksista tai vikaantumisista vaan myös prosessiolosuhteissa tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa mittauksiin. Tämän vuoksi niiden vaikutus värähtelymittauksien muutoksiin vaikuttavana tekijänä halutaan vahvistaa tai poissulkea juurisyyn selviämisen nopeuttamiseksi.</p> <p>Työn kirjallisuusosuudessa käsitellään lyhyesti, miksi järjestelmiä integroidaan, mitä hyötyä integraatioilla pyritään saavuttamaan sekä mitä riskejä niihin liittyy. Työssä käydään yleisesti läpi, miksi kunnossapitoa tehdään ja esitellään yleisimpiä kiinteästi asennettavia kunnonvalvontamittauksia sekä prosessitiedoista saatavia hyötyjä koneiden kunnan analysoimisessa. Lisäksi esitellään OPC-teknologia, joka on ollut yleisesti käytössä eri valmistajien tarjoamien automaatiojärjestelmien integroinnissa.</p> <p>Toteutusmallissa esitellään järjestelmienvälisen integraation tekemiseksi ratkaisumalli, jossa on huomioitu TOP- ja System 1™-järjestelmien tekniset vaatimukset ja tietoturvallisuus sekä tulevaisuudessa tehtävä System 1™ järjestelmän päivittäminen.</p> <p>Työn lopputuloksena selvitettiin järjestelmien integraation ratkaisumallin toteuttamiseksi tarvittavat lisenssi-, ohjelmisto- ja laitehankinnat. Niiden pohjalta laskettiin suuntaa-antava kustannusarvio integraation toteuttamiseksi.</p>	
Avainsanat	Kunnonvalvonta, OPC UA

Author Title	Eetu Lehto Process Information and Condition Monitoring Data Integration
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 14 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Automation
Instructors	Heikki Paavilainen, Senior Lecturer Antti Liljaniemi, Senior Lecturer Emmi Arimo, Team Leader Janne Penttinen, Development Engineer Pekka Soininen, Development Engineer
<p>This Bachelor's thesis defines the technical requirements for performing the integration of process information systems and machine condition monitoring and diagnostic systems. Measurement data from a piston compressor and rotating machines are collected into System 1™ system. The process data collection has been distributed between different automation systems from where it is transferred into TOP system's real-time database.</p> <p>To enable more efficient life cycle management and fault diagnostics of rotary machines and piston compressors, the process data collected from automation systems is to be introduced into the System 1™ system. Changes in machine vibration measurements are not only due to mechanical changes or failures, but changes in process conditions can also affect the measurements. Therefore their effect on the changes in vibration measurements is to be confirmed or excluded in order to accelerate solving the problem and finding the real reason.</p> <p>The literature section of the thesis briefly discusses why systems are being integrated, the benefits of the integration and the risks associated with them. The study generally examines why maintenance is carried out and shows the most commonly used condition monitoring measurements and also the benefits of the process data for analyzing the condition of the machines. In addition, OPC technology is also presented which is widely used for system integrations between automation systems from different vendors.</p> <p>The implementation model presents a solution model for the inter-system integration that takes into account the technical requirements of the TOP and System 1™ systems, data security and the upgrading of the System 1™ system in the future.</p> <p>As a result, the requirements of the software, hardware and license acquisitions for the solution model for the integration were solved. Based on these, an indicative cost estimate was calculated for the implementation of the integration.</p>	
Keywords	Condition monitoring, OPC UA

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Neste Oyj	2
2	Järjestelmäintegraatio	3
2.1	Määritelmä	3
2.2	Tarve	3
2.3	Hyöty	3
2.4	Riskit ja tietoturva	4
3	Pyörivien koneiden kunnonvalvonta	5
3.1	Kunnossapito	5
3.2	Kunnonvalvonta	8
3.3	Kunnonvalvontamittaukset	9
3.4	Prosessidata kunnonvalvontajärjestelmässä	11
3.4.1	Mäntäkompressorit	11
3.4.2	Turbokompressorit	14
3.4.3	Pumput	15
4	Automaatiojärjestelmät	17
4.1	TOP	17
4.2	GE system1 & 3500	18
5	OPC	20
5.1	Historia	20
5.2	OPC Data Access	23
5.3	OPC Unified Architecture	25
5.3.1	Yleistä	25
5.3.2	Tietoturva	27
5.3.3	Tiedonsiirtoprotokollat	27
6	Toteutusmalli	28
7	Yhteenveto	32

Liitteet (vain tilaajan käyttöön)

Liite 1. Esimerkki-tagit

Liite 2. Kustannusarvio

Lyhenteet

COM	Component Object Model
DCOM	Distributed Component Object Model
DCS	Distributed Control System
ERP	Enterprise Resource Planning
MES	Manufacturing Execution System
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
OPC UA	OPC Unified Architecture
PLC	Programmable Logic Controller
System 1™	Monitorointi- ja diagnostiikkajärjestelmä
TAG	Muuttuja
TCP	Transmission Control Protocol
TOP	Ylemmän tason säätöjärjestelmä

1 Johdanto

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää vaatimuksia, projektisuunnitelman tekemiseksi Neste Oyj:lle prosessitietojen ja kunnonvalvontatietojen yhdistämisestä. Porvoon jalostamolla prosessimittauksista saatava tieto kerätään TOP-järjestelmään ja pyörivien koneiden sekä mäntäkompressoreiden kunnonvalvontatieto System 1™-järjestelmään. Ongelmanselvitysten ja laitteiden elinkaaren hallinnan kannalta olisi tärkeää, että nämä tiedot olisivat samassa paikassa tarkasteltavissa. Tiedonsiirto linkin luomiseksi hyödynnetään OPC UA-teknologiaa sen tietoturvallisuuden ja joustavuuden takia.

Konetarkastajat käyttävät pyörivien koneiden ja mäntäkompressoreiden kunnonseurantaan ja vikatilanteiden diagnosointiin suunniteltua System 1™ monitorointi- ja diagnostiikkajärjestelmää. Järjestelmään kerätään mittausdataa kiinteästi asennetuista suojausjärjestelmistä. Koneiden mittaus tietojen muutokset eivät johdu yksin niiden mekaanisessa toiminnassa tapahtuvista muutoksista, myös prosessissa tapahtuvat muutokset vaikuttavat mittauksiin, kuten virtausmäärien ja lämpötilan vaihtelut.

System 1™-järjestelmällä monitoroidaan kaikkien tuotantolinjojen koneita, mutta prosessitietojen kerääminen on hajautettu eri toimittajien automaatiojärjestelmiin, joista tiedot viedään ylemmän tason säätöjärjestelmän tietokantaan (TOP). Koneisiin liittyvät prosessimittaukset ovat siis haettavissa linjakohtaisesta automaatiojärjestelmästä tai TOP-järjestelmästä, kun niitä halutaan hyödyntää koneiden kunnon ja vikatilanteiden diagnosoinnissa.

Integrointiratkaisu suunnitellaan helpottamaan koneiden käynnin aikaisen kunnon ja vikatilanteiden diagnosointia, siten ettei hyödyllistä prosessitietoa tarvitsisi hakea muista käytössä olevista järjestelmistä. Integraation vaatimuksien selvityksessä on huomioitu tulevaisuudessa tehtävä System1™-järjestelmän päivittäminen.

1.2 Neste Oyj

Yhtiö perustettiin vuonna 1948. Ensimmäisen öljynjalostamon rakentaminen aloitettiin vuonna 1957 Naantaliin. Öljytuotteiden kulutuksen kasvaessa tarvittiin toinen jalostamo, joka käynnistyi Kilpilahdessa Porvoon lähellä vuonna 1965. Neste Oy listautui Helsingin pörssiin vuonna 1995. [1.]

Nykyään Neste Oyj on maailman johtava uusiutuvien polttoaineiden tuottaja. Yrityksellä on tuotantoa neljässä eri maassa: Suomessa, Hollannissa, Singaporessa sekä Bahrairissa. Suomen tuotanto koostuu viidestä tuotantolinjasta, joista neljä sijaitsee Porvoossa ja yksi Naantalissa. Nesteellä on toimipisteitä 14 eri maassa ja henkilökuntaa noin 5 000 henkilöä. [1.]

Nesteen arvoja ovat vastuullisuus, yhteistyö, uudistuminen ja tuloksellisuus. Nesteen tavoitteena on aiheuttaa mahdollisimman vähän haittaa luonnolle ja ympäröivälle yhteisölle sekä edistää elämän laatua parantavia hankkeita. [1.]

2 Järjestelmäintegraatio

2.1 Määritelmä

Suppeasti määriteltynä järjestelmäintegraatiolla tarkoitetaan valikoimaa eri tekniikoita ja toimintatapoja, joiden avulla muuten keskenään yhteen sopimattomat tietotekniset sovellukset saadaan kommunikoimaan keskenään. Suppea määritelmä kertoo integraation perustarpeen, mutta ei ota kantaa järjestelmäintegraatiolla saavutettaviin hyötyihin. Integraatio on kokoelma toimintatapoja, jotka voivat tehostaa yrityksen toimintaa ja lisätä sen joustavuutta sekä parantaa monitorointia ja raportointia. [2.]

2.2 Tarve

Integraation tarve syntyy halusta tehostaa toimintaa. Järjestelmien integroinnin tarve havaitaan tyypillisesti, kun käytössä olevasta järjestelmästä puuttuu toiminnallisuus, joka löytyy toisesta käytössä olevasta järjestelmästä, tai toisen järjestelmän keräämästä informaatiosta saadaan lisäarvoa toiseen järjestelmään. Käytössä voi olla useita eri järjestelmiä, joihin informaatiota kerätään, ja ne ovat usein myös eri aikakausina hankittuja ja toteutettu eri ohjelmointikielillä, joten niiden tarjoama data ei ole aina yhdenmukaista. Tällöin huomataan myös useiden järjestelmien yhtäaikaisen käytön olevan tehotonta. Halutun informaation etsiminen ja muuntaminen yhteensopivaksi on manuaalisesti hidasta ja niiden yhdistäminen tehdään usein täysin irrallisella ohjelmistolla. Manuaalisesti tehtävä informaation siirto altistaa virheille erityisesti tilanteissa, joissa informaatio on aikaan sidonnaista.

2.3 Hyöty

Integraatoratkaisun suunnittelu yrityksessä lähtee siitä, että integraatiolla saavutetaan konkreettista hyötyä. Ratkaisun hyötyjä pyritään mittaamaan kustannussäästöinä ajassa, ylläpidossa ja henkilökustannuksissa. Järjestelmien välisellä informaationsiirrolla vähennetään manuaalisen työn määrää ja virheiden mahdollisuutta sekä luodaan lisäarvoa sitä käyttävälle järjestelmälle. Öljynjalostamon näkökulmasta informaation yhdistämisellä pyritään selvittämään vikatilanteiden syitä ja parhaassa tapauksessa ennakoimaan mahdollisen vikatilanteen syntyminen ennen sen tapahtumista.

2.4 Riskit ja tietoturva

Nykypäivän teollisuus- ja ohjausjärjestelmien toimiessa yhä monimutkaisemmissa ympäristöissä ja organisaatioiden jakaessa yhä enemmän tietoa liiketoiminnan ja teollisuusautomaatiojärjestelmien välillä, tiedonsiirron turvallisuuden merkitys kasvaa. Teollisuusautomaatio- ja ohjausjärjestelmien laitteiden kytkeytyessä suoraan prosessiin, tietoturvan murtumisen seurauksena ei ole ainoastaan tiedonkulun katkeaminen ja liikesalaisuuksien vuotaminen. [3.]

Tietoturvan murtuminen voi pahimmillaan johtaa mahdolliseen hengenmenetykseen, operationaalisen turvallisuuden vaarantumiseen tai viranomaismääräysten rikkomiseen sekä aiheuttaa vahinkoa ympäristölle tai tuotannolle. Nämä voivat myös vaikuttaa kohteena olevan organisaation ulkopuolella ja vahingoittaa sijaintialueen tai -maan infrastruktuuria. [3.]

Tietoturvariskeihin eivät lukeudu ainoastaan ulkopuoliset uhat kuten kyberhyökkäykset. Organisaatiossa sisällä voi työskennellä asioista perillä olevia henkilöitä, joilla on pahat aikeet ja jotka kykenevät aiheuttamaan merkittävän tietoturvariskin. Tahattomasti tehty teko voi myös altistaa tietoturvan vaarantumiselle. Teollisuusautomaatio- ja ohjausjärjestelmät on usein integroitu liiketoiminnan tietojärjestelmiin, ja näissä käynnissä olleet muutokset tai kokeet voivat johtaa tarkoittamattomiin poikkeamiin järjestelmien toiminnassa. [3.]

Ohjausjärjestelmien tietoturvan testaus on yhä useammin ulkoistettu alueen ulkopuoliselle henkilöstölle, mikä pahentaa näiden seurausten määrää ja seurauksia. Edellä mainitut tekijä huomioon ottaen voidaan todeta, että mahdollisuus siitä, että joku saa teollisuusprosessiin luvattoman pääsyn vahingollisin seurauksin, ei ole merkityksentöntä. [3.]

3 Pyörivien koneiden kunnonvalvonta

3.1 Kunnossapito

Kunnossapito on laitteen tai koneen toimintakunnon ylläpitämistä siten, ettei sen anneta vikaantua tai hajota. Sillä pyritään pitämään laitteen tai koneen käyttö turvallisena, luotettavana ja tehokkaana. Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on kohteen säilyttäminen sellaisessa tilassa tai palauttaminen tilaan, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson ajan. [4, s.11–33; 5, s. 2.] Kunnossapito jaotellaan korjaavaan kunnossapitoon, huoltoon, ehkäisevään kunnossapitoon sekä parantavaan kunnossapitoon.

Korjaavan kunnossapidon keinoin vikaantunut osa tai komponentti palautetaan käyttökuuntoon. Korjaavan kunnossapidon toimintoja ovat vianmääritys, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus ja palauttaminen toimintakuuntoon. Huoltamalla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan toimintakyky ennen vian tai vaurion syntymistä. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään pitämään yllä kohteen käyttöominaisuuksia ja suorituskykyä seuraamalla sen parametreja. Päämääränä on alentaa vikaantumisen todennäköisyyttä. Ehkäisevä kunnossapito voi olla aikataulutettua tai jatkuvaa, ja sen tehtäviin kuuluu muun muassa kohteen tarkastaminen, kunnonvalvonta, määräysten mukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. Näiden tulosten perusteella voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapidon tehtäviä. Kunnonvalvonnan avulla todetaan havaintojen perusteella kohteen toimintakuunto tai etsitään oireilevia vikoja. [4, s. 49–50; 5.]

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta sen toimintaa. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joista ensimmäisessä kohteeseen vaihdetaan uudempia osia tai komponentteja vaikuttamatta varsinaiseen suorituskykyyn. Toisen ryhmän tarkoituksena on parantaa koneen luotettavuutta erilaisilla uudelleensuunnitteluilla ja korjauksilla. Kolmannen ryhmään kuuluu kohteen modernisoinnit, joilla suorituskykyä muutetaan esimerkiksi muuttuneiden valmistusprosessivaatimusten mukaan. [4, s. 51; 5, s. 23.]

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei vielä toistaiseksi ole pidetty kunnossapitoon liittyvänä toimintona. Vikaantumisella tarkoitetaan tapahtumaa, jonka seurauksena kohde ei kykene suorittamaan siltä vaadittua toimintoa. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä pyritään selvittämään vian perussyy sekä vikaantumisprosessin tekijät. Saatujen tulosten perusteella voidaan ennaltaehkäistä vastaavanlaisen vikatilanteen syntymisen. [4, s. 51; 5, s. 14.]

Kunnossapidon keskeisiä tavoitteita ovat korkea tuotannon kokonaistehokkuus sekä hyvä käyttövarmuus, joka koostuu kunnossapidettävyydestä sekä toiminta- ja kunnossapitovarmuudesta. Lisäksi ympäristön huomioiminen, kustannustehokkuus ja turvallisuus ovat kunnossapidolle tärkeitä tavoitteita. [4, s. 40; 5, s. 4.]

Turvallisuus on noussut yhdeksi tärkeimmistä asioista. Yhteiskunta ja lainsäätäjät eivät hyväksy, että liiketoimintaa tehtäessä työntekijät altistuvat tapaturmalle. Rikkinäinen kone on vaarallinen, ja sen kanssa joudutaan usein sellaisiin toimenpiteisiin, joihin ei ole voinut harjoitella tai varautua. Tämä on johtanut siihen, että seisokkien aikaiset työtapa- turmat ovat olleet nousussa. [4, s. 21.]

Nykykäsityksen mukaan kunnossapidon ensisijainen tehtävä on pitää koneet ja laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Rikkoutuneiden laitteiden korjaaminen on edelleen osa kunnossapitoa, mutta se ei ole sen päätarkoitus. Nykykäsityksen mukaan kunnossapito ei ole kustannus, vaan merkittävä tuotannontekijä, jonka avulla voidaan varmistaa tuotantolaitoksen kilpailukyky. [6, s. 25.]

Kunnossapito on siis liiketoimintaa, jossa esiintyy normaalit liiketoiminnan toimintamallit. Yksi tärkeimmistä sitä ohjaavista tekijöistä on talous. Sen on täytettävä liiketoiminnan ehdot, joista tärkein on järkevyyks. Tuotantolaitoksen tehtävä on tuottaa hyödykkeitä mahdollisimman tuottavasti, ja se on myös kunnossapito-osaston tärkein päämäärä. Liiketoiminnan tuottavuus syntyy tuottojen ja kustannusten erotuksesta. [7, s. 179.]

Kunnossapidon kustannukset voidaan jakaa välittömiin ja välillisiin kustannuksiin. Välittömät kustannukset käsittävät tavanomaisimmat toiminnan tekemisestä aiheutuvat kustannukset, joiden voidaan osoittaa johtuvan kunnossapidon tekemisestä. Välittömiä kustannuksia ovat muun muassa

- kunnossapito-organisaation palkat ja muut työkustannukset
- käytetyt varaosat
- hankintakustannukset
- varastointikustannukset
- materiaalit ja tarvikkeet
- alihankinta.

Välittömiä kustannuksia on helppo mitata, mutta niiden vaikutus koko toiminnan tulokseen on luultua pienempi, joten tämä on syytä muistaa esitettäessä kustannussäästöjä. [7, s. 180.] Välillisten kustannuksien kohdistaminen on hankalaa tai niitä ei voida järkevästi jakaa esimerkiksi kunnossapidon eri toiminnoille. Välillisiä kustannuksia aiheuttavat

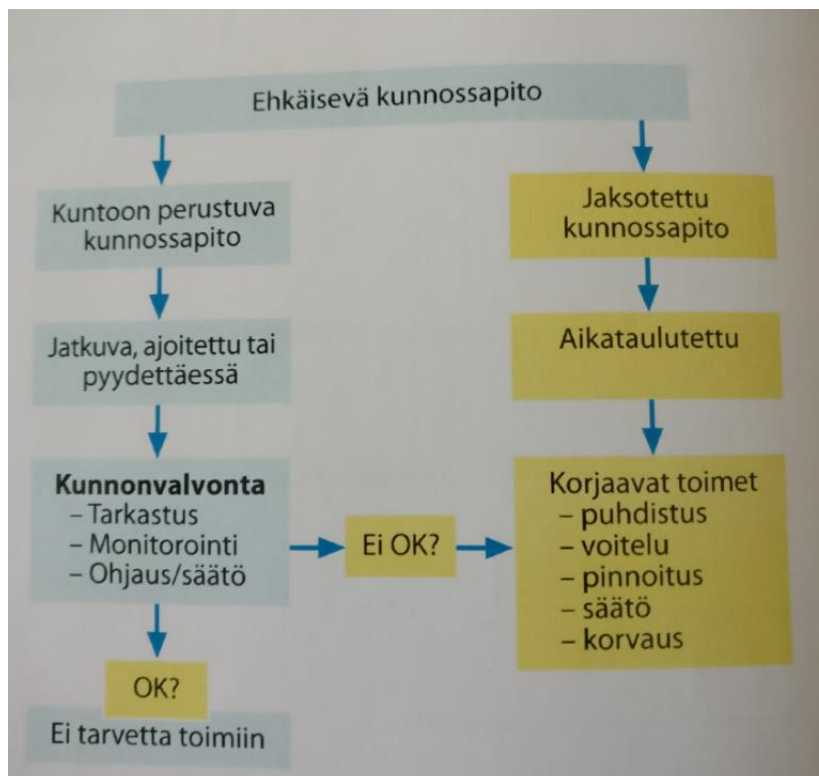
- hylky
- uudelleen tekeminen
- ylimitoitettu käyttöomaisuus, kuten koneet
- ylityökustannukset
- hallitsematon resurssien käyttö
- epäkäytettävyyuskustannukset (toteutumaton kate)
- tuotannosuunnittelun lisäkustannukset.

Näistä aiheutuvat kustannukset ovat suuremmat kuin välittömien. Niiden mittaaminen on vaikeaa ja vaikutus koko toiminnan kannalta suurempi. Keskittämällä säästötoimet välillisiin kustannuksiin voidaan saavuttaa säästöjä, jotka ovat määrältään suuremmat kuin välittömät kustannukset. [7, s. 180–181.]

3.2 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on osa ehkäisevää kunnossapitoa, jonka tarkoituksena on seurata koneiden tai laitteiden käytön ja huoltojen aikaista kuntoa (kuva 1). Tarkoituksena on havaita mahdolliset viat tai vikaantumiset ennen kuin ne johtavat koneen tai laitteen suorituskyvyn heikkenemiseen tai pysäyttämiseen, vikaantumisen tai suojaustoimintojen taakia. [8, s. 186.] Kunnonvalvonta perustuu fysikaalisten suureiden mittaamiseen ja subjektiivisten havaintojen tekemiseen koneesta tai laitteesta sen käynnin aikana. Subjektii-visilla havainnoilla tarkoitetaan aistinvaraisia huomioita, kuten kuulo-, näkö-, tunto- ja hajuhavainnoja.

Esimerkiksi lämpötilamittauksilla pystytään havaitsemaan liukulaakerin vikaantuminen niin hyvissä ajoin, että sillä voidaan ajaa vielä jopa kuukausia. Näin laakerin vaihto voidaan suunnitella ja ajoittaa siten, ettei siitä ole haittaa tuotannolle. Tässä insinööriyössä kunnonvalvonnalla tarkoitetaan pyörivien koneiden ja mäntäkompressoreiden kunnonvalvontaa.



Kuva 1. Kunnonvalvonta osana ehkäisevää kunnossapitoa [8, s. 188]

Kunnonvalvonnasta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä sellaisia mittauksia, joita tehdään koneen käydessä normaaleissa käyntiolosuhteissa pysäyttämättä niitä. Tyypillisimpiä tällaisia mitattavia suureita ovat tärinä, lämpötila, voiteluöljyn puhtaus ja sen ominaisuudet sekä muut prosessisuureet.

Mittaavan kunnonvalvonnan käyttö on lisääntynyt, kun tuotantolinjoja on alettu rakentamaan ilman varakoneita, jolloin yksittäisen koneen kriittisyys on noussut. Tuotantomäärien nousu on puolestaan johtanut seisokkituntien hinnan nousuun. Koneiden pyörimisnopeuksien kasvettua viat kehittyvät nopeammin ja rakenteiden keventäminen on nostanut tärinävalvonnan merkitystä rakenteiden keston kannalta. Huolto- ja käyttöhenkilökunnan vähentäminen on vähentänyt säännöllisen aistinvaraisen tarkkailun määrää. Myöskin meluisa, vaarallinen ja epämiellyttävä tarkkailuympäristö on ajanut käyttämään mittauksia aistihavaintojen sijaan. [9, s. 13.]

3.3 Kunnonvalvontamittaukset

Prosessissa ja koneissa havaittuja vikoja joudutaan usein tutkimaan erilaisilla mittauksilla, ennen kuin niistä voidaan antaa selvät korjausohjeet. Vakavuuden ja kehityksen arviointi on myös tärkeää, jotta voidaan ajoittaa korjaustoimenpiteet oikein. Monipuolisia mittalaitteita ja -ohjelmia joudutaan käyttämään, kun selvitetään koneen rakenteellisia ja dynaamisia ongelmia, prosessin vaikutusta tärinään sekä monimutkaisesta konekokonaisuudesta tärinän alkuperäistä lähdettä. Tärkeimpiä konevalvonnan mittausmenetelmiä ovat värähtelymittaukset, virta-analyysi epätahtimoottoreille, kulumishiukkasanalyysit, lämpötilamittaukset sekä hyötysuhdemittaukset. [9, s. 16–23.]

Värähtelymittaukset ovat yleisimmin käytössä oleva mittausmenetelmä kunnonvalvonnassa, koska niitä käytetään myös vikaselvityksissä ja käytönvalvonnassa. Tärinämittauksiin perustuvassa kunnonvalvonnassa yleisimmät mittaussuureet ovat

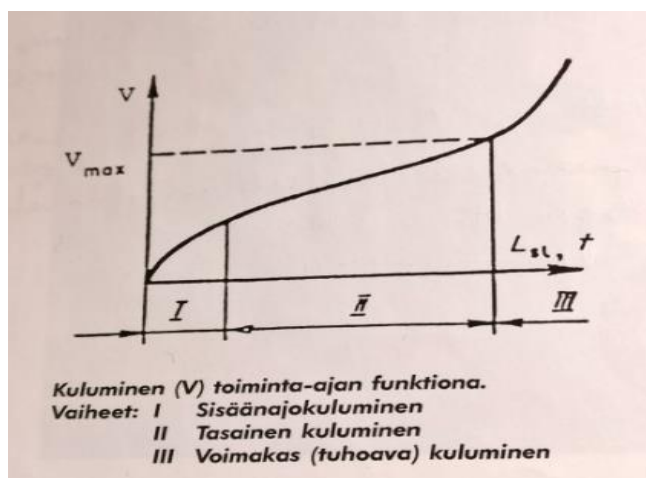
- siirtymä (μm) mittaukset roottorista pyörrevirta-anturilla
- nopeus (mm/s) mittaukset rungosta kiihtyvyyssanturilla
- kiihtyvyys (m/s^2) mittaukset rungosta kiihtyvyyssanturilla.

Värähtelymittausmenetelmät ovat jaettavissa kahteen luokkaan, joista ensimmäinen luokka kattaa yksinkertaiset menetelmät koneiden yleistärinän valvontaan ja vierintälaakereiden kunnonvalvontaan. Toinen luokka kattaa monimutkaisemmat menetelmät tärinän yksityiskohtaisesta valvonnasta ja laakereiden kunnonvalvonnasta. [9, s. 17–18.]

Virta-analyysit epätahtimoottoreille on menetelmä, jonka avulla voidaan havaita epätahtimoottoreiden vikoja. Yhdestä sähkömoottoriin tulevasta vaiheesta suoritetaan mitausspektrianalyysi, josta mittaussignaali saadaan analysaattorille sähköjohdon ympärille asetettavalla virtapihdillä. Tällä menetelmällä voidaan luotettavasti havaita niin sähkömoottorin mekaanisia kuin sähköisiäkin vikoja. Tällaisia vikoja ovat muun muassa vaurioituneet roottorisauvat, dynaaminen ja staattinen epäkeskeisyys sekä taipunut akseli. [9, s. 21.]

Lämpötilamittaukset ovat olleet suosittuja laakereiden kunnonvalvonnassa, mutta niiden avulla ei kuitenkaan kovin helposti voida havaita vierintälaakerivikoja varhaisessa vaiheessa. Vikojen muuttuessa vaurioiksi on lämmönkehitys vikakohdassa huomattavaa, joten lämpötilamittauksia kannattaa hyödyntää kohteiden kunnonvalvonnassa muita mittauksia täydentävänä tekijänä. [9, s. 20.]

Kulumishiukkasanalyysien avulla seurataan koneiden kuntoa. Kulumishiukkasanalyysi eli ferrografia otetaan yleensä voiteluöljystä. Koneen kulumisen lisääntyessä ja siirtyessä tasaisesta kulumisesta voimakkaaseen kulumiseen, kulumishiukkasten koko ja määrä lisääntyy huomattavasti (kuva 2). Näytteen ottamisessa on oltava erittäin huolellinen ja on pidettävä huolta puhtaudesta. [9, s. 22.]



Kuva 2. Kulumisen kehitys [9, s. 22]

Hyötysuhdemittauksilla tarkoitetaan laitteiden ja prosessin toimintakyvyn selvittämiseksi tehtäviä mittauksia. Tyypillisiä kohteita hyötysuhdemittauksille ovat muun muassa turbiinit, lämmönvaihtimet, venttiilit, pumput ja prosessikokonaisuudet. Mittaukseen kuuluu eri kohdista prosessia mitatut virtausmäärät, lämpötilat ja paineet, joiden avulla voidaan verrata laskennallista ja todellista koneen tai prosessin hyötysuhdetta. Mittauksien avulla on pystytty myös havaitsemaan turbiinien ja pumppujen siipien kulumisia. [9, s. 23.]

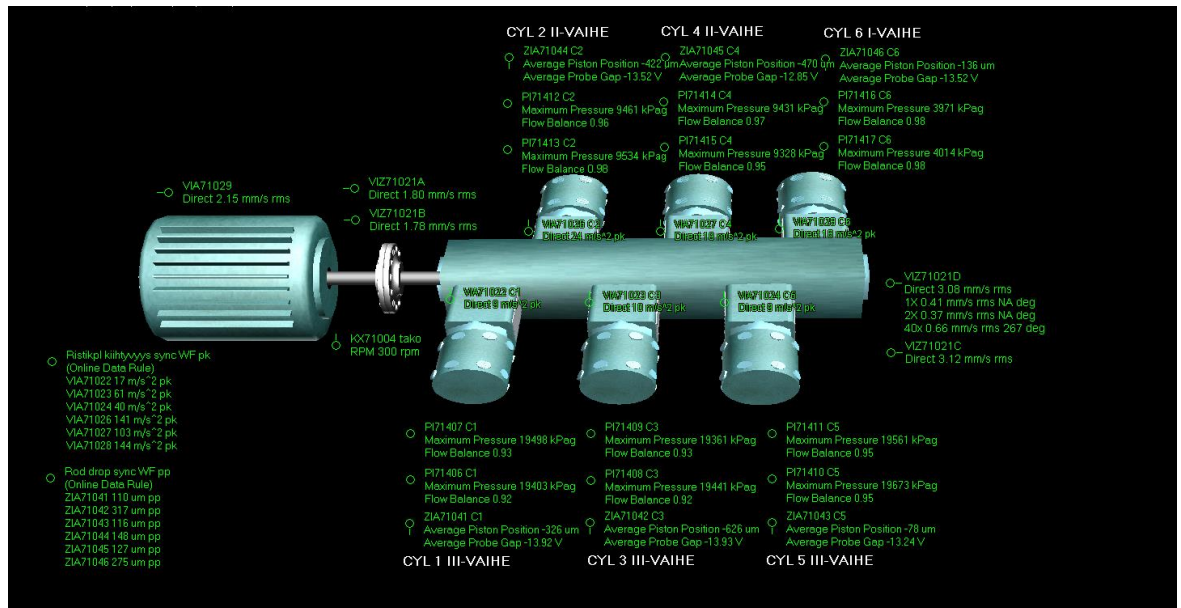
3.4 Prosessidata kunnonvalvontajärjestelmässä

Vikaantuvan koneen osan lisäksi muutoksia värähtelymittauksiin voivat aiheuttaa erilaiset muutokset tuotanto-olosuhteissa. Prosessissa tapahtuvien muutoksien takia värähtelymittausten tulkitsemisessa tarvitaan usein myös tietoa tuotannon parametrien mahdollisista muutoksista. Näiden lisäksi myös muut ulkoiset tekijät, kuten ulkolämpötila, saattavat vaikuttaa koneiden käyttäytymiseen ja näin myös mittaustuloksiin.

TOP-järjestelmästä tuotu prosessimittaustieto voidaan System 1™-järjestelmässä asettaa samalle trendipiirrolle värähtelymittausten kanssa. Näin helpotettaisiin analyysin tekemistä siitä, onko prosessissa tapahtunut muutoksia samalla ajanhetkellä, kun esimerkiksi värähtelymittauksissa on tapahtunut selkeää vaihtelua. Prosessin muutoksien pois-sulkeminen muutoksien aiheuttajana koneen mittauksissa nopeuttaa juurisyyn selviämistä.

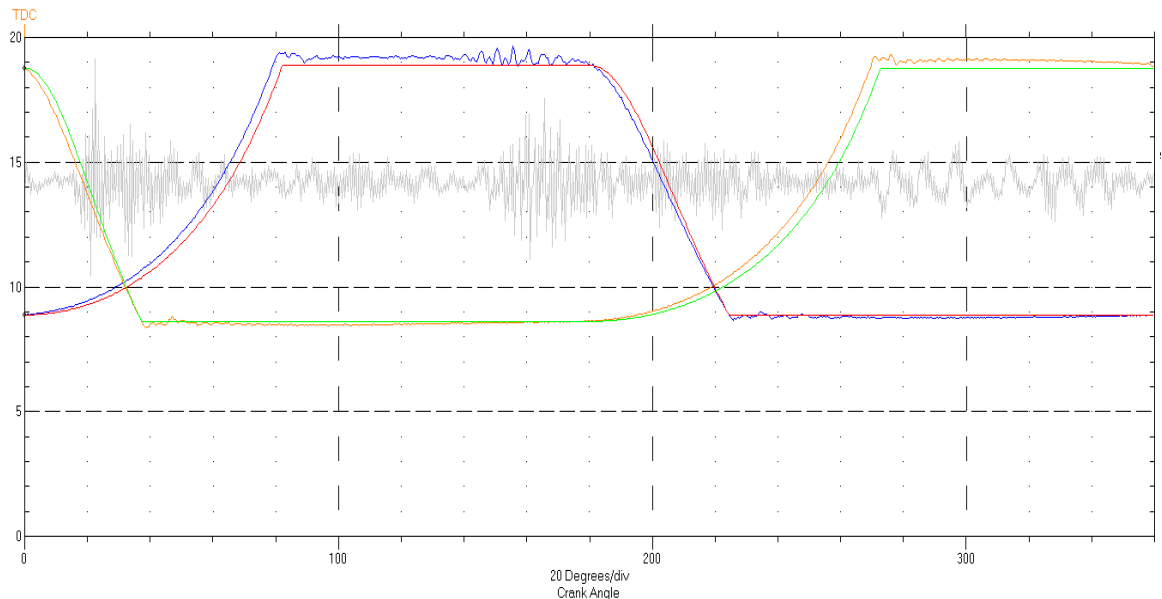
3.4.1 Mäntäkompressorit

Mäntäkompressoreiden kunnonvalvonta on enemmän puristusprosessinvalvontaa kuin perinteistä värähtelymittauksiin perustuvaa pyörivien koneiden kunnonvalvontaa. Mäntäkompressorin kunnonvalvonnan kannalta oleellisimpia ja yleisimmin käytettyjä mittauksia ovat männänvarren tippuma, ristikappaleen kiihtyvyys, pyörimisnopeus ja rungon värähtelymittaukset. Osa mäntäkompressoreista on varustettu paineantureilla, joiden avulla koneesta saadaan laskettua myös männänvarsiin ja männänvarrentappiin vaikuttavat voimat. Rungon värähtelymittausta ei käytetä varsinaisen kunnon diagnosointiin, mutta niistä tehdään suojaukset kompressoreille. Kuvassa 3 on esitetty TL4:n GB-71001S -tuorevetykompressorin mittauksia.



Kuva 3. GB-71001S -tuorevetykompressorin mittauksia

Mäntäkompressori GB-71001S on kuusisylinterinen ja kaksisuuntaisesti toimiva. Sylinterien molempiin kammioihin on asennettu paineanturit, joiden avulla mäntäkompressorin kokonaiskunnosta saadaan paljon hyödyllistä tietoa. Painemittauksissa tapahtuvat muutokset voivat johtua useista asioista, joten paineantureiden uudelleen kalibroinnin yhteydessä anturi ei saa muuttua liikaa alkuperäiseen nähden. Tällaisia vikaantumisia ovat esimerkiksi venttiilivuoto, tiivistevuodot ja männänrenkaiden kulumat. Kunnonvalvontajärjestelmässä painemittaukset voidaan asettaa samalle piirrolle suhteessa kampiakselin kulmaan yhdessä ristikkapaleen kiihtyvyyssmittauksen kanssa (kuva 4).



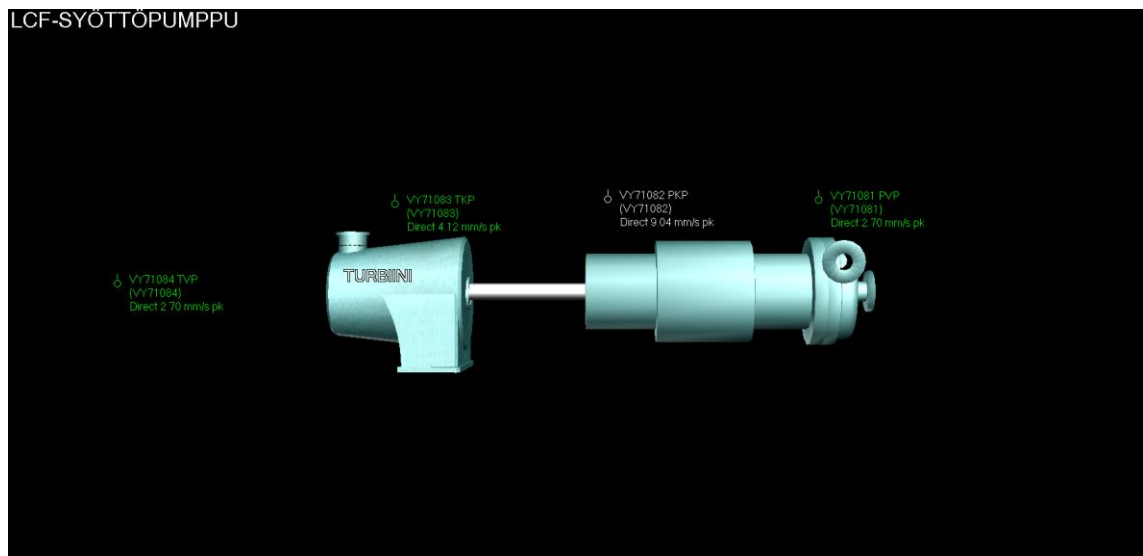
Kuva 4. GB-71001S:n sylinteri 1:n painemittaukset ja ristikkappaleen kiihtyvyys suhteessa kampa-akselin kulmaan

Kuvassa 4 olevat sininen ja oranssi käyrä kuvaavat mitattuja arvoja. Punainen ja vihreä käyrä kuvaavat adiapaattista käyrää, millä tarkoitetaan ideaalitulanteen mukaista toimintaa. Adiapaattinen käyrä on laskennallinen, ja siihen käytetään oletusarvoisia suureita. Laskentaan käytettäviä suureita ovat muun muassa lämpötilat, kaasunkoostumus, imu- ja purkauslämpötila sekä virtausmäärä. Tuomalla lämpötilamittaukset mukaan samalle piirrolle vian paikantaminen helpottuu. Vian paikantaminen oikein on tärkeää, jotta osataan varautua oikeanlaiseen huoltoon. Kiertokangenlaakerin ja sylinterinventtiilin vaihdon kustannukset poikkeavat merkittävästi toisistaan. Järjestelmään tuotavia prosessiarvoja voidaan käyttää myös puristussuhteiden laskentaan. Hyötysuhteen laskiessa, kun muuten kaikki näyttää normaalilta, voidaan aloittaa syyn etsiminen.

Tällä hetkellä koneiden kunnonvalvontatietojen keruu on hajautettu useamman järjestelmän välille. Järjestelmät eivät kuitenkaan tarjoa kaikista mäntäkompressoreista yhtä paljon tietoa. Järjestelmien käyttäminen poikkeaa toisistaan, joten haluttujen tietojen etsiminen on usein työlästä ja aikaa vievää. Tästä syystä olisi tärkeää, että prosessitiedot tuotaisiin samaan järjestelmään tarkkailtavaksi yhdessä kunnonvalvontatietojen kanssa. Mäntäkompressoreiden koon ja sylinterimäärien vaihdellessa niiden tarvitsemien prosessitietojen määrä vaihtelee.

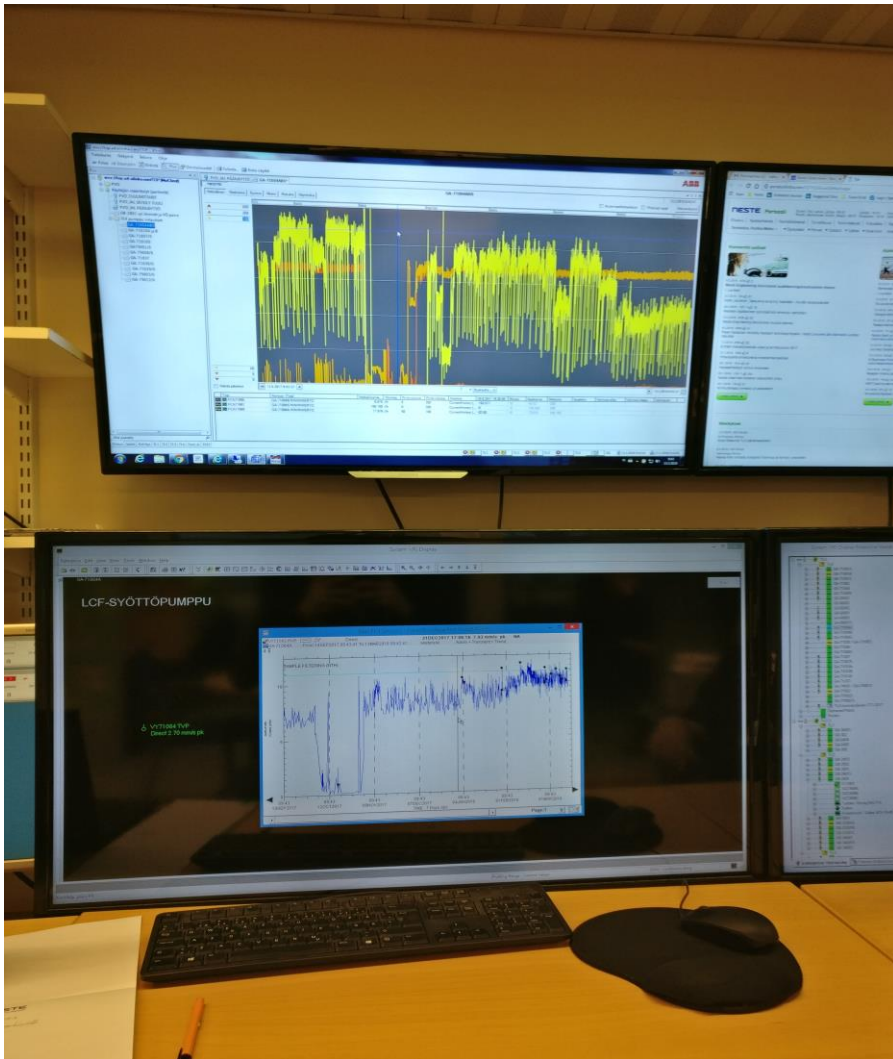
3.4.3 Pumput

Pumppujen kunnonvalvontaan liittyviä mittauksia on kiinteässä kunnonvalvontajärjestelmässä selkeästi vähemmän verrattuna muiden pyörivien koneiden mittaustietoihin (kuva 6). Käytössä on vain muutamia rungon värähtelymittauksia pumppua kohden. Automaatiojärjestelmissä on kattavammin tietoa tarjolla ja tätä tietoa voitaisiin hyödyntää kunnonvalvontajärjestelmässä. Saatavilla on esimerkiksi lämpötilamittauksia, turbiinin pyörimisnopeus ja virtausmääriä. [10.]



Kuva 6. Syöttöpumpun GA-71004A värähtelymittauksia

Pumppujen kunnonvalvontaa suoritetaan muun muassa silmämääräisesti vertailemalla eri järjestelmillä tehtyjä trendipiirtoja keskenään (kuva 7). Raakadata on mahdollista saada ulos järjestelmistä, jolloin niitä voitaisiin jatkojalostaa esimerkiksi Excel-työkalulla. Tämä on kuitenkin monimutkaista ja aikaa vievää.



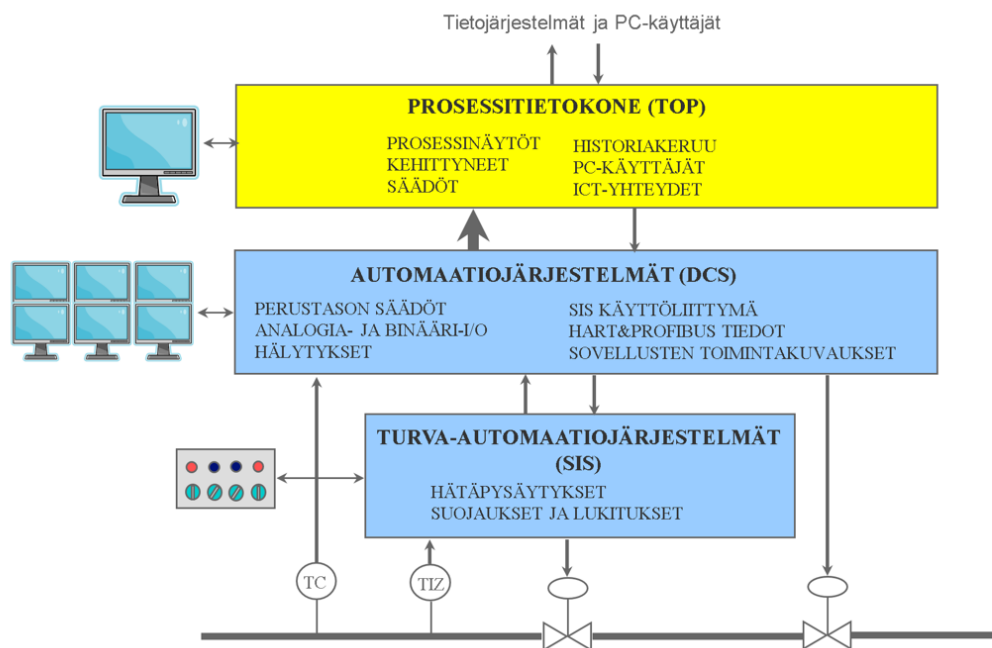
Kuva 7. GA-71004A rungon värähtelymittausten vertailua virtausmittaukseen

Kuvan ylemmässä näytössä on trendipiirto syöttöpumppujen GA-71004A:n ja GA-71004S:n virtausmittauksista. Alemmalla näytöllä on vastaavasti trendipiirto GB-71004A:n rungon värähtelymittauksista. Ajettaessa pumppuja liian matalilla virtauksilla pumppukäyrän alapäässä on huomattu rungon värähtelyn lisääntyvän. Tarpeettomien värähtelyn nousujen seurauksena pumppujen laakerit ja muut osat kuluvat nopeammin, mikä johtaa pumpun vikaantumiseen ja huollonaikaiseen pysäytykseen. Automaatiojärjestelmistä tuoduilla prosessitiedoilla mahdollistettaisiin pumppujen kattavampi seuranta ja nopeampi vikadiagnosi tai mahdollisesti ehdittäisiin reagoimaan ennen varsinaista vikaantumista. [10.]

4 Automaatiojärjestelmät

4.1 TOP

TOP on Porvoon jalostamonlaajuinen prosessitietokonejärjestelmä, joka on keskeisessä asemassa koko jalostamon kattavana prosessitietojen kokoajana ja esittäjänä jalostamon ohjaamoon ja muille käyttäjäryhmille. Järjestelmää käytetään operatiivisena työkaluna jalostamon ohjauksessa, joten sen merkitys korostuu erityisesti häiriö-, käytettävyy- ja muissa selvitystilanteissa. TOP-järjestelmällä suoritetaan jalostamon tärkeimpien yksiköiden laatu- ja kapasiteettisäätöjä, eli se on ylemmän tason säätöjärjestelmä. Järjestelmällä kytkeydytään eri toimittajien DCS-järjestelmiin (Distributed Control System), joista prosessi-informaatiota kerätään ja viedään eri järjestelmien välillä, joten se on kriittisessä asemassa jalostamon toiminnan kannalta (kuva 8). [11.]



Kuva 8. TOP Porvoon jalostamon automaatiohierarkiassa [11]

TOP on kutsumanimi ABB:n toimittamalle prosessinhallintajärjestelmälle. DCS-järjestelmistä saadut mittaus- ja prosessitiedot tallennetaan prosessitietokantaan. Järjestelmässä on useita laskettujen ja mitattujen tietojen jatkokäsittelyä varten suunniteltuja toimintoja. Järjestelmään kerätään historiatietoja, joita käytetään trendien ja raporttien laatimiseen. [11.]

TOP-järjestelmän tuotantokriittisyyden takia järjestelmän sovellukset ja toiminnot on toteutettu siten, että järjestelmän keskeiset rakenteet on varmistettu laitteiston ja/tai ohjelmiston kahdennuksen kautta. Tällä varmistutaan siitä, että palvelintietokoneen vikaantuessa jäljelle jäänyt palvelin pystyy täysipainoisesti hoitamaan molempien palvelutehtävät. [11.]

4.2 GE system1 & 3500

Porvoon jalostamolla käytetään pyörivien koneiden ja mäntäkompressorien kiinteästi asennetussa kunnonvalvonnassa GE:n toimittamaa GE 3500-sarjan suojausjärjestelmää, sekä System 1™-monitorointiohjelmistoa. GE 3500 on API 670-standardin mukaiset vaatimukset täyttävä, itsenäisesti toimiva ja jatkuvasti mittaava suojausjärjestelmä (kuva 9).



Kuva 9. GE 3500 -suojausjärjestelmä

Kunnonvalvontalaitteisto sisältää 3500/92 viestintäyhdyksikäytävämoduulin, joka mahdollistaa digitaalisen tiedonsiirron eri DCS-järjestelmiin sekä System 1™-järjestelmään. Moduuli tukee Modbus- ja Modbus/TCP-tiedonsiirtoprotokollia. Modbus on sarjaliikenneprotokolla ja sen kaapeloinnissa voidaan käyttää standardien RS-232, -422, -485 mukaista kaapelointia riippuen tiedonsiirtoetäisyydestä. Modbus/TCP mahdollistaa tiedonsiirron ethernet-verkossa. [12.]

System 1™-ohjelmiston tarkoituksena on kerätä pyörivien koneiden ja mäntäkompressoreiden mittaustietoja kunnonvalvontalaitteistolta. Ohjelmisto tarjoaa rajapinnat, joiden kautta järjestelmään voidaan tuoda tietoa muista järjestelmistä. DCS-järjestelmistä historiatietojen kerääminen voidaan tehdä käyttämällä OPC- tai Modbus-tekniikoita. System 1™ mahdollistaa myös datan siirtämisen muihin järjestelmiin OPC A&E-, OPC DA- ja OLE tekniikoiden avulla. [13.]

5 OPC

5.1 Historia

1990-luvuna alussa Windows-pohjaisten käyttöjärjestelmien hallitessa automaatioalaa, suurin osa Human Machine Interface (HMI), Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) ja DCS-järjestelmien toimittajista alkoi käyttämään Microsoftin COM- ja DCOM-tuotteita omissa valikoimissaan. Lisääntyneen jakelun ja lukuisten eri kommunikointiprotokollien ja väyläratkaisujen kehittyessä, ohjelmistotoimittajilla oli suuria paineita joutuessaan tuottamaan ja kehittämään lukuisia eri ajureita tuodessaan uusia ohjelmia markkinoille. Tästä syystä suuri osa yrityksen resursseista sitoutui ajurien kehitykseen ja ylläpitoon. [14, s.1–4; 15, s. 1.]

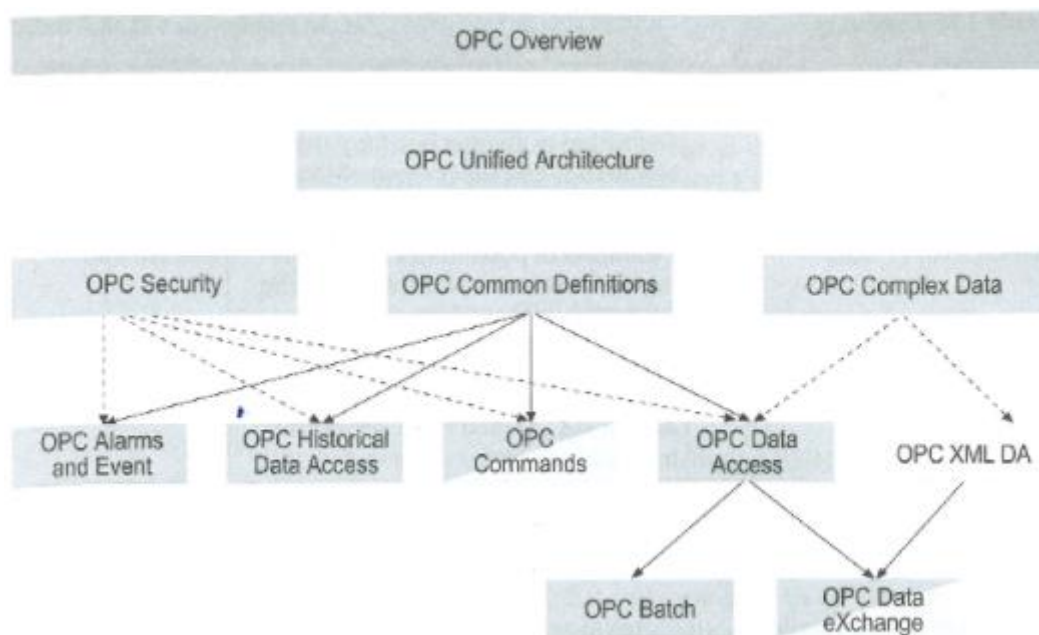
1995 ongelmaa ratkaisemaan perustettiin OPC-työryhmä (Object Linking and Embedding for Process Control) johon kuuluivat Fisher-Rosemount, Intellution, Intuitive Technology, Opto22, Rockwell ja Siemens AG. Microsoftin henkilöstöä oli myös mukana antamassa teknistä tukea. Työryhmä asetti tavoitteekseen standardin määrittämisen yhteisestä tiedonsiirtoprotokollasta Windows-ohjelmille ja -tietokoneille, perustuen olemassa olevaan Microsoftin COM- ja DCOM-tekniikkaan. [14, s. 4; 15.]

Työryhmän intensiivisen työskentelyn ansiosta OPC Spesifikaation ensimmäinen versio 1.0 oli saatavilla jo elokuussa 1996. Pian tämän jälkeen perustettiin voittoa tavoittelematon säätiö OPC Foundation, jonka tärkeimpänä tehtävänä oli vastata alan vaatimukseen luomalla uusia ja kehittämällä olemassa olevia spesifikaatioita, säilyttäen yhteensopivuuden aikaisempien versioiden kanssa. Lähes kaikista teollisuusautomaatiojärjestelmiä tarjoavista toimittajista tuli säätiön jäseniä. Näin OPC-säätiö pystyi määrittelemään ja hyväksymään asiaankuuluvat standardit nopeammin kuin muut organisaatiot. [14, s. 5; 15, s. 1.]

Useiden eri toimittajien tuotekehitys- ja yhteensopivuustyöryhmistä saadun kokemuksen seurauksena OPC Data Accessin spesifikaation toinen versio otettiin käyttöön 1998. Suuri osa tuotteista valmistettiin tämän spesifikaation mukaisesti, ja se on edelleen käytetyin rajapinta OPC-tuotteissa. Nykyään prosessinhallinta, hajautettujen automaatiojärjestelmien (DCS), PC-pohjaisten hallintajärjestelmien kuten myös tuotannonohjausjär-

jestelmien tulee tukea OPC-rajapintoja. OPC on yleisesti hyväksytty standardi, joka tarjoaa mahdollisuuden siirtää tietoja eri järjestelmien välillä automaatio, järjestelmä ja prosessiteollisuudessa. [15, s. 1.]

Vuosien kuluessa julkaistiin useita määrittämiä, joista merkittävämpiä ovat olleet OPC Data Access (DA), OPC Alarms and Events (A&E) hälytyksille ja tapahtumille ja OPC Historical Data Access (HDA) historiallisen datan käsittelylle. Näiden lisäksi muita määrittämiä ovat OPC Complex Data, -Batch, -DX, -Security ja -Unified Architecture (UA) (kuva 10). OPC Security määrittää, kuinka hallitaan asiakkaiden pääsyä palvelimille.



Kuva 10. OPC-spesifikaatiot [14, s. 9]

OPC-määritelmät ja muut avoimet standardit luodaan sillä tarkoituksella, että voidaan taata eri valmistajien tuotteiden yhteensopivuus. Tuotteen varmistamiseksi spesifikaation asettamien määritelmien mukaiseksi, tuotteen on käytävä läpi testisarja, jolla sen määritelmienmukaisuus varmennetaan. Loppukäyttäjien on pystyttävä varmistamaan eri toimittajilta hankittujen tuotteiden yhteensopivuudesta. [14, s. 251–252.]

Yhteensopivuuden varmistamiseksi OPC-säätiö on määritellyt kaksitasoisen testauskäytännön. Ensimmäisen tason testaus suoritetaan OPC-säätiön tarjoamilla testausohjelmistoilla ja ryhmättestaustapahtumassa. Testiohjelmistolla saadut tulokset lähetetään sa-

lattuna OPC-säätiölle. Ryhmätestaustapahtumia järjestetään vuosittain Euroopassa, Japanissa ja Pohjois-Amerikassa, missä eri valmistajat vertailevat tuotteidensa yhteen so-
pivuutta. Ensimmäisen tason testin läpäisseissä tuotteissa voidaan käyttää self-tested -
logoa (kuva 11). [15, s. 2.]



Kuva 11. Self-tested [15, s. 302]

Toisen tason tuotesertifiointi tehdään kolmannen osapuolen riippumattomissa sertifiointi-
titestilaboratorioissa. Sertifiointiin valtuutetut kolmannen osapuolen toimijat tarkastelevat
OPC-tuotteita laajemmin. Tavallisten perustason toiminnallisuuksien varmentamiseksi
tuotteille tehdään myös käytettävyy-, yhteiskäyttö- ja kuormitustestejä. Tämän tason
testeistä suoriutuneista tuotteista saa käyttää OPC-certified (OPC:n varmentama) -logoa
(kuva 12). Loppukäyttäjää kehoitetaan käyttämään vain OPC-sertifioituja tuotteita yhteen-
sopivuusongelmien välttämiseksi. [15, s. 2–3.]



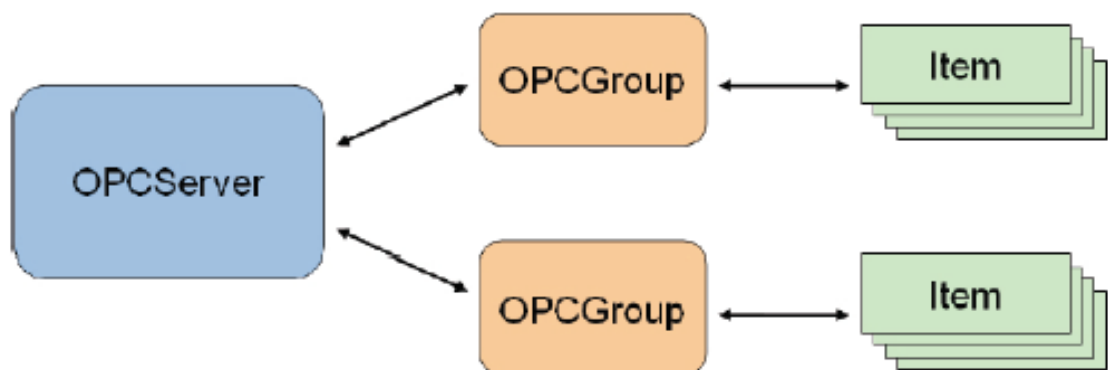
Kuva 12. OPC- certified [15, s. 302]

5.2 OPC Data Access

OPC-tiedonvaihto perustuu asiakas/palvelin-malliin, missä OPC-palvelin kapseloi prosessidatan suoraan sen lähteeltä ja jakaa tiedon rajapintansa kautta eteenpäin. OPC-asiakas muodostaa yhteyden palvelimeen ja pääsee näin kuluttamaan palvelimen tarjoamaa dataa. Sovellukset, jotka tuottavat tai kuluttavat dataa, voivat molemmat olla sekä asiakas että palvelin. [15, s. 3.]

OPC Data Access on vanhin OPC-määrittelyistä ja se määrittelee rajapinnan asiakas- ja palvelimenohjelmien välille, rajapinta mahdollistaa prosessidatan lukemisen, kirjoittamisen ja monitoroinnin. Data Access-rajapintaa käytetään pääsääntöisesti reaaliaikaiseen tiedon siirtämiseen ohjelmoitavilta logiikoilta ja DCS-järjestelmistä, käyttöliittymiin (HMI) ja muihin valvomosovelluksiin. OPC DA on tärkein OPC-rajapinnoista. Sitä käytetään valtaosassa OPC-teknologiaa hyödyntävissä tuotteissa. [15, s. 3; 14, s. 34.]

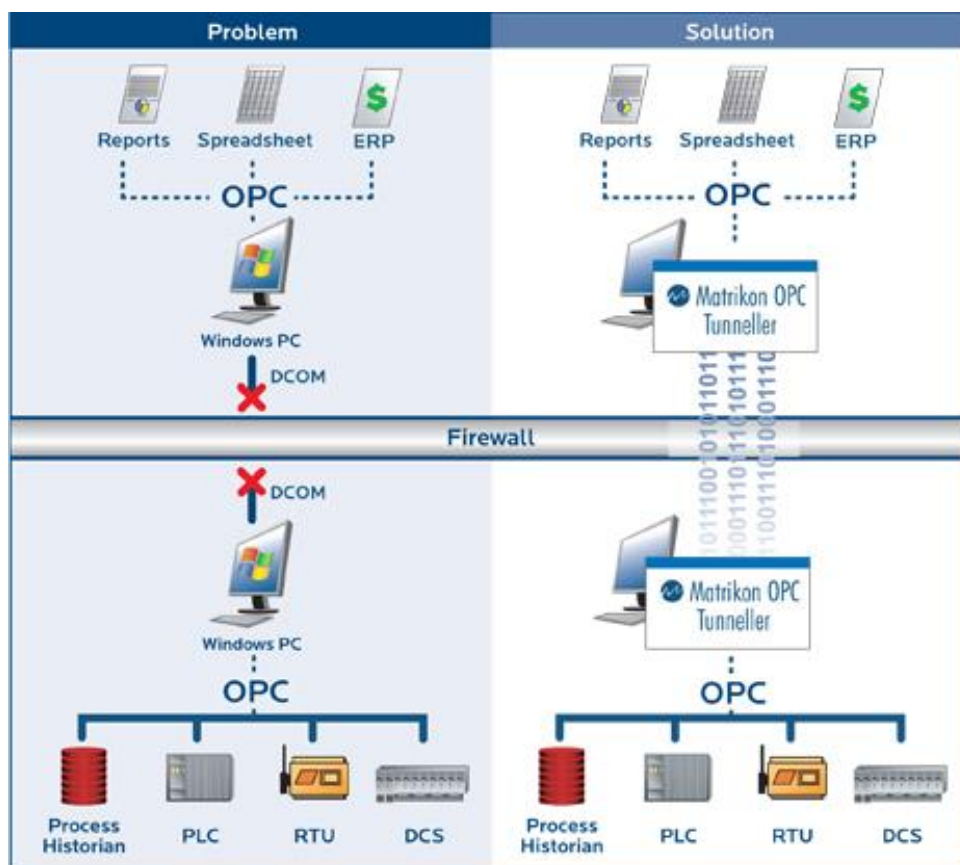
OPC DA-asiakas valitsee datamuuttujat, joita se haluaa lukea palvelimelta. Asiakas luo yhteyden palvelimeen luomalla OPC-palvelin-olion (OPC server object). Palvelin-olio tarjoaa menetelmät osoiteavaruudessa navigoimiseen tietolähteen löytämiseksi (item) ja ominaisuuksiin kuten tietotyyppiin ja käyttöoikeuksiin. Päästäkseen käyttämään varsinaista dataa asiakas luo identtisillä asetuksilla OPC-ryhmäolioita (OPC-Group object) tietolähteille. (kuva 13.) [15, s. 4.]



Kuva 13. OPC-asiakkaan luomat oliot [15, s. 4]

Ryhmän lisäyksen jälkeen asiakas voi kirjoittaa ja lukea dataa palvelimelta. Asiakas määrittelee päivitysnopeuden ryhmälle, joka sisältää seurattavan prosessidatan (item). Jokaisen syklin jälkeen palvelin lähettää asiakkaalle ainoastaan muuttuneet prosessiarvot. OPC DA tarjoaa reaaliaikaista dataa, minkä saaminen voi tilapäisesti keskeytyä esimerkiksi yhteysongelmien takia. [15, s. 5.]

OPC DA, -A&E ja -HDA -tiedonsiirron perustuessa COM- ja DCOM-tekniikoihin, yleinen ongelma on ollut tiedonsiirtäminen eri verkkojen välillä. OPC-asiakas ja palvelin käyttävät COM-tekniikkaa tiedonsiirtämisessä toistensa välillä ollessaan samalla laitteella. DCOM-tekniikkaa käytetään siirrettäessä dataa saman verkon sisällä. Tiedonsiirtäminen verkosta toiseen DCOM-tekniikalla on ongelmallista, koska se vaatii lukuisten TCP-porttien aukaisun palomuurista, mikä johtaa merkittävään tietoturvatason heikkenemiseen. Verkkojen väliseen liikenteeseen OPC-asiakas- ja palvelinyhteyksissä on käytetty erillisiä tunnelointiohjelmistoja (kuva 14). [17; 14, s. 87–89.]



Kuva 14. Matrikon OPC-tunnelointiohjelmisto [17]

5.3 OPC Unified Architecture

Nykyään käytettävissä on yli 20 000 OPC-tuotetta ja niitä tarjoavat yli 3 500 toimittajaa. Miljoonia OPC-tuotteita on ladattu lukuisten eri teollisuusalojen käyttöön maailmanlaajuisesti. Tämä tekee OPC-tekniikasta käytetyimmän tiedonsiirtomuodon eri toimittajien tarjoamien ohjelmistosovelluksien välillä. OPC-tekniikkaa käytetään nykyään käytännössä kaikenlaisessa tiedonhankinnassa niin vertikaalisessa kuin horisontaalisessa tiedonyhdistämisessä samoin kuin myös tiedonhallinnassa. OPC suunniteltiin alun perin laitteiden ajurien rajapinnaksi, mutta sitä käytetään nykyisin järjestelmärajapintana, etenkin DCS-järjestelmien välillä. [14, s. 86; 15, s. 8.]

OPC UA luotiin yhdistämään eri kerroksilla toimivat laitteet ja ohjelmistot yhden yhteisen rajapinnan kautta. OPC UA:n tärkeimpiä vaatimuksia ja tavoitteita ovat muun muassa [14, s. 86; 15, s. 8]

- luotettavuus
- alustariippumattomuus
- skaalautuvuus
- tietoturvallisuus
- verkkojen välinen tiedonsiirto palomuurien läpi
- yhteensopivuus vanhojen OPC-tuotteiden kanssa.

5.3.1 Yleistä

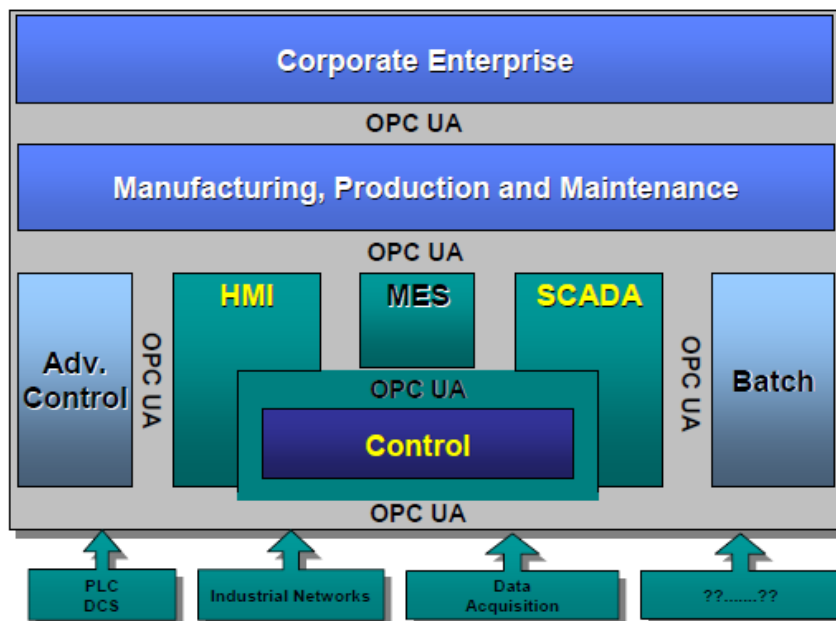
OPC UA on alustariippumaton standardi, jonka kautta erilaiset laitteet ja järjestelmät voivat kommunikoida keskenään lähettämällä pyyntö- ja vastausviestejä asiakas- ja palvelinyhteyksien välillä. Se tukee kestäväää ja turvallista viestintää sekä vastustaa hyökkäyksiä. OPC UA:ta voidaan soveltaa kenttätason laitteiden ohjauksessa, DCS-järjestelmissä sekä MES- (Manufacturing Execution System) ja ERP- (Enterprise Resource Planning) järjestelmissä.

OPC UA määrittää asiakas-palvelin -mallissa palveluvalikoimat, joita palvelimet voivat tarjota, yksittäiset palvelimet määrittävät, mitä palveluja tarjoavat asiakkaille. Palvelimet määrittävät objektimalleja, joita asiakkaat voivat dynaamisesti löytää. Palvelin voi tarjota

pääsyn hetkelliseen prosessidataan, historialliseen dataan sekä hälytys- ja tapahtumätietoihin, ja ilmoittaa tärkeistä muutoksista asiakkaalle. [18, s. 9.]

OPC UA tarjoaa yhtenäisen integroidun osoitevaruuden ja palvelumallin, joka sallii palvelimen liittää dataa, hälytyksiä ja tapahtumia sekä historiatietoja sen osoitevaruuteen, yhdistäen näin aikaisemmat määrytykset (DA, A&E ja HDA). Osoitevaruuteen päästään määritellyillä palveluilla, jotka sisältävät integroidun tietoturvamallin. OPC UA voi käyttää eri tiedonsiirtoprotokollia ja data voidaan koodata eritavoin. Kevyemmällä koodauksella parannetaan tiedon siirrettävyyttä, ja tiukempi parantaa sen tehokkuutta. [18, s. 9.]

OPC UA ei ole rajoittunut vain yhteen hierarkiaan vaan se tukee sen sijaan useiden eri solmujen välisiä suhteita. Palvelin voi esittää tietojansa useissa hierarkioissa tavalla, jolla joukko asiakkaita yleensä haluaa tarkastella tietoja. OPC UA:n joustavuus tekee siitä sovellettavan monenlaisiin ongelma-alueisiin. OPC UA:ta ei ole suunniteltu ainoastaan PLC-, DCS- ja SCADA-järjestelmien rajapinnaksi vaan se mahdollistaa suuremman yhteensopivuuden myös ylemmän tason järjestelmien välillä kuten MES- ja ERP-järjestelmät (kuva 15). [18, s. 9.]



Kuva 15. OPC UA:n kohdesovellukset [18, s. 10]

OPC UA mahdollistaa saumattoman integraation jopa vanhempien järjestelmien välille. Turvallisen ja kavennetun tietoliikenteen ansiosta automaatioverkon alemmalta tasolta päästään yhtä porttia käyttämällä liittymään suoraan ylemmän tason järjestelmiin. [19.]

5.3.2 Tietoturva

Tietoturva profiilit määrittävät algoritmit ja avainten pituuden viestinvaihdossa, missä niitä käytetään viestien allekirjoittamiseen ja salaukseen. Tietoturva profiilit määrittelevät asiakkaille ja palvelimille vaihtoehdot, mitä profiileja ne voivat tukea. On suositeltavaa, että ne tukevat kaikkia olemassa olevia profiileja, sillä muutokset voivat aiheuttaa yhteensopivuusongelmia. Tällä hetkellä määriteltäviä profiileja on neljä

- None
- Aes128-Sha256-RsaOaep
- Basic256Sha256
- Aes256-Sha256-RsaPss.

Laskentatehojen lisääntyessä nykyiset algoritmit voidaan luultavammin murtaa ajan mittaan, joten uusia määrittämiä joudutaan todennäköisesti tekemään lisää. Kaksi aikaisemmin määriteltäviä profiilia on jouduttu hylkäämään, koska niiden hash-algoritmia Sha-1 ei pidetä enää turvallisena. Hylätyt profiilit ovat Basic128Rsa15 sekä Basic256. [20.]

5.3.3 Tiedonsiirtoprotokollat

OPC UA-standardi määrittelee tiedonsiirtoprotokollat, joita ovat UA TCP ja SOAP/HTTP (Simple Object Access Protocol/Hypertext Transfer Protocol). Protokollia käytetään yhteyden luomiseen OPC UA-asiakkaan ja palvelimen välillä verkkotasolla. [15, s. 198; 14, s. 219.]

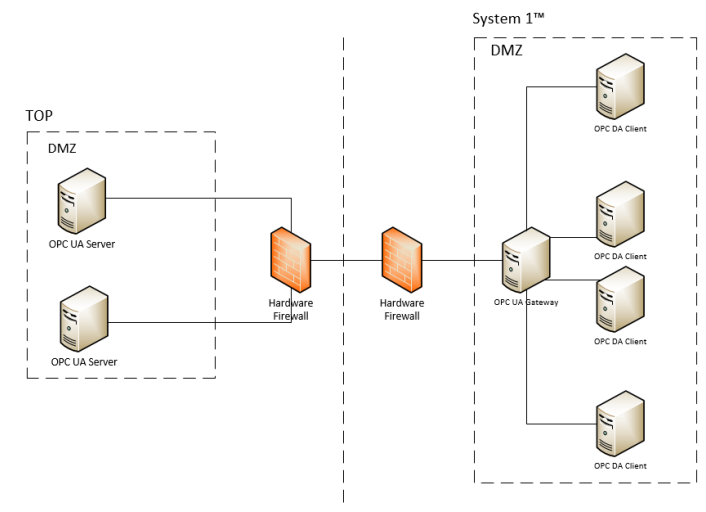
Suurimpana erona näiden välillä on suorituskyky ja ohjelmakoodin koko. HTTP/SOAP on koodiltaan pidempi, mikä tekee siitä hitaamman. Sen etuna on kuitenkin yksinkertaisuus sekä palomuuriystävällisyys. HTTP/SOAP käyttää samaa porttia kuin verkkoselaimet, joten se ei vaadi uusien porttien avaamista palomuurista. Käytettäessä tiedonsiirtoon UA TCP-protokollaa palomuurista on aukaistava portti 4840. Tämä tekee siitä hankalampaa yhtiön sisäisten verkkojen välisessä tiedonsiirrossa, koska usein verkot ovat IT-osaston hallinnan alaisia. [14, s. 219; 15, s. 198.]

6 Toteutusmalli

Toteutusmallissa luodaan tiedonsiirtolinkki TOP-järjestelmän ja System 1™-järjestelmän välille OPC UA yhdyskäytävän avulla. Tietoa halutaan siirtää yksisuuntaisesti TOP-järjestelmästä System 1™-järjestelmään. TOP:n vaatimuksena on OPC UA-tekniikan käyttäminen, mutta tällä hetkellä System 1™ kytkeytyminen onnistuu sen tukeman OPC DA 2.0-rajapinnan kautta. Järjestelmän toimivat omissa LAN (Local Area Network) -verkoissaan.

TOP-järjestelmän OPC UA-palvelin sijaitsee verkon DMZ (demilitarized zone) -alueella, kuten myös System 1™-tiedonkeruupalvelimet. Demilitarisoidut alueet on eristetty muusta verkosta palomureilla, jotta sisään ja ulos tulevaa liikennöintiä voidaan tehokkaasti valvoa. OPC UA käyttää porttia 4840, joka täytyy aukaista palomuurista tiedonsiirron mahdollistamiseksi. Verkkojen väliset palomuurit tulee määritellä siten, että ne sallivat liikennöinnin vain TOP-verkosta System 1™-verkkoon.

System 1™-tiedonkeruupalvelin sisältää usean virtuaalisen tiedonkeruupalvelimen, joista neljään kerätään mittausdataa jalostamon kunnonvalvontalaitteistolta. Palvelimelle on asennettava OPC UA-yhdyskäytäväohjelmisto. System 1™ sisältää OPC DA-palvelimet (toimivat asiakkaina), palvelimet aktivoidaan käytettäväiksi mittauspistekohtaisilla DCS Historian Tag-lisensseillä, tiedonsiirtolinkin luomiseksi TOP-järjestelmän OPC UA-palvelimen kanssa (kuva 16). TOP-palvelimelle luodaan tunnus, jonka suojausasetuksilla määritellään sen tietokannan näkyvyys asiakkaalle.



Kuva 16. Periaatekuva toteutusmallista

OPC UA-yhdyskäytäväohjelmisto mahdollistaa COM- ja DCOM-pohjaisten OPC-tuotteiden liittämisen uusiin OPC UA-tuotteisiin. OPC UA yhdyskäytävä voi toimia tiedonvälittäjänä molempiin suuntiin samanaikaisesti, sekä tunneloijana COM- ja DCOM-pohjaiselle liikenteelle palomuurien läpi. Yhdyskäytävää voidaan käyttää usean asiakas-palvelinyhteyden luomiseen samanaikaisesti (kuva 17). Uusien yhteyksien lisääminen on mahdollista sen käytön aikana, eikä uudelleen käynnistystä tarvitse tehdä. [21.]



Kuva 17. UA yhdyskäytävän käyttömahdollisuuksia [21]

Tietoturva

Järjestelmät on erotettu muista verkoista palomureilla (DMZ), ja niissä on lisäksi omat virustorjuntaohjelmistot. TOP käyttää Palo Alto Traps- sekä Ivanti-ohjelmistoa ja System 1™ Ivanti- sekä Symantec-ohjelmistoja. OPC UA-tiedonsiirto on suojattu integroidulla enkrytauksella, jonka taso määräytyy käytettävien ohjelmistojen sertifikaattien mukaan. Sertifikaateilla on vanhenemispäivämäärä, joten ne joudutaan uusimaan niiden vanhetessa tietoturvan eheyden säilyttämiseksi.

Mittausten intervalli & tagit

Online trendinäyttöön prosessitiedot päivittyvät 10 sekunnin välein. Historiatietokantaan tallentaminen tehdään 6–12 tunnin välein. Koneiden vikaantuminen tapahtuu yleensä hitaasti, joten niiden mittaustiedot tallennetaan muutamia kertoja päivässä tietokannan tilan säästämiseksi. Käytettävistä tageista on tehty esimerkkilistaus, josta selviää eri koneille halutut prosessitiedot (liite 1). Esimerkkinä on käytetty mäntäkompressoria, turbo-kompressoria sekä pumppua.

Kustannukset

Kustannuksia aiheuttavista tekijöistä on tehty suuntaa antava kustannusarvio (liite 2). System 1™ järjestelmä sisältää 42 kpl kompressoreita ja 18 kpl pumppuja, tagien määrä on arvioitu tarpeen mukaan. Haluttujen tagien linkitykseen on käytetty yhden työpäivän hintaa, sillä ei voida tarkkaan arvioida siihen kuluva työtä. Kustannuksia aiheutuu seuraavista

- OPC UA Gateway lisenssi + asennus serverille 1 pv
- System 1™ DCS Historian Tag-lisenssit 1 000 kpl
- System 1™ Data Export-lisenssi tulevaisuudessa 3 kpl
- Konfigurointiin ja testaukseen kuluva aika TOP 2 pv
- Käytettävien tagien linkitykseen kuluva aika 2-7 pv
- Uusi palomuri TOP 1 kpl

Linkin käyttövarmuus ja riskit

Linkin käyttövarmuuteen vaikuttavat hankittavien laitteiden ja ohjelmistojen yhteen sopivuus, kunto sekä niihin tehdyt määritykset. Yhtä tiedonsiirtolinkkiä käyttämällä vähennetään mahdollisten vikatilanteiden riskin määrää, tarvittaessa linkki voidaan kahdentaa

tiedon kulun varmistamiseksi. System 1™-järjestelmän toiminta ei ole jalostamon kannalta kriittisessä asemassa, joten prosessitiedon kulun katkeaminen ei aiheuta suurta vahinkoa. Toteutusvaiheessa on huolehdittava tarkasta vastuualueiden määrittämisestä.

Saavutettavat hyödyt

TOP- ja System 1™-järjestelmien integraatiolla mahdollistetaan pyörivien koneiden ja mäntäkompressoreiden tehokkaampi elinkaaren hallinta. Prosessi- ja laakereiden lämpötilamittauksien avulla helpotetaan vikadiagnoosin tekemistä ja oikeanlaisen huollon suunnittelua ja ajoittamista. Oikeanlaisen huollon merkitys korostuu koneen seisokkijaksassa, sillä sen pysäyttäminen aiheuttaa tuotanto menetyksiä, etenkin jos käytettävissä ei ole varakonetta.

Prosessitiedolla ei ainoastaan selvitetä sen vaikutusta värähtelymittauksiin. Sen avulla voidaan myös kartoittaa ajetaanko koneilla suositusten mukaisesti. Esimerkiksi ajettaessa pumppuja liian pienillä tehoilla pumppukäyrän alapäässä, sen tarpeettoman värähtelyn määrää lisääntyy ja nopeuttaa näin vikaantumista.

7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää tekniset vaatimukset tiedonsiirtolinkin luomiseksi prosessitietoa keräävän (TOP) ja pyöriä koneiden sekä mäntäkompressoreiden mittaustietoja keräävän järjestelmän (System 1™) välille. Työssä selvitettiin myös, mitä lisäarvoa prosessimittaus tiedoilla saavutetaan kunnonvalvontajärjestelmässä. Työn aikana pohdittiin erilaisia toteutus vaihtoehtoja järjestelmien integroimiseksi, mutta niistä esiteltiin vain toteutettava ratkaisumalli.

Työssä kerrotaan yleisesti kiinteästi asennetussa mittaavassa kunnonvalvonnassa tehtävistä mittauksista ja siitä, miten prosessitiedot voivat tukea näitä kunnon ja vikatilanteiden analysoimisessa.

Lopputuloksena saatiin selvitettyä integraatoratkaisuun tarvittavat ohjelmisto sekä laitehankinnat. Niiden pohjalta tehtiin suuntaa antava kustannusarvio joka sisältää lisenssien, ohjelmistojen, laitteiden sekä työajan kustannukset. Työajan vaikean määrittämisen johdosta pyydettiin sen suorittavalta osapuolelta hinta-arvio yhden päivän työstä.

Lähteet

1. Tietoa meistä, tuotanto. Verkkodokumentti. Neste Oyj
<<https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meist%C3%A4>> luettu 9.4.2018
2. Tähtinen, S. 2005. Järjestelmäintegraatio: Tarve, Vaihtoehdot, Toteutus. Helsinki: Talentum.
3. Sesko. Automaatio: Osa 3, Tietoturvallisuus = Automation. Part 3, Cybersecurity. 2013 Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
4. Järviö, J. 2007. Kunnossapito. 4. uud. p. Helsinki: KP-Media.
5. PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. painos. PSK Standardisointiyhdistys ry.
6. Mikkonen, H, et al. 2009. Kuntoon Perustuva Kunnossapito: Käsikirja. Helsinki: KP-Media.
7. Järviö, J. 2012. Kunnossapito: Tuotanto-omaisuuden Hoitaminen. 5. uud. p. Helsinki: KP-Media.
8. Heinonkoski, R. 2013. Kone- Ja Prosessiautomaation Kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.
9. Nohynek, P & Lumme, V. 2004. Kunnonvalvonnan Värähtelymittaukset. 2. täyd. p. Rajamäki: KP-Media.
10. Konetarkastajien haastattelu. Porvoo 13.3.2018.
11. Nesteen sisäinen dokumentaatio. TOP järjestelmä. Luettu 20.3.2018.
12. GE Measurement & Control. 2018. Verkkodokumentti. <https://www.gemeasurement.com/sites/gemc.dev/files/gea13965a_3500_series_english_r1.pdf> luettu 22.3.2018.
13. System 1* Version 6.94. Optimization and Diagnostics Software. Verkkodokumentti. 2018. <https://www.gemeasurement.com/sites/gemc.dev/files/system_1_classic_690_datasheet_174590bk.pdf> luettu 22.3.2018.
14. Lange, Jürgen, Iwanitz, F & Thomas J. Burke. 2010. OPC: From Data Access to Unified Architecture. 4., rev. ed. Berlin: VDE-Verl.
15. Mahnke, W, Leitner, S-H & Damm, M. 2009. OPC Unified Architecture: Springer.

16. OPC History. 2018. Verkkodokumentti. <<https://opcfoundation.org/about/opc-foundation/history/>> Luettu 27.3.2018.
17. Matrikon OPC. DCOM Configuration for OPC. Verkkodokumentti. 2018. <<https://www.matrikonopc.com/dcom-configuration-opc.aspx>> Luettu 28.3.2018.
18. OPC Unified Architecture Specification, Part 1: Overview and Concepts, Release 1.04. 2017. Verkkodokumentti. OPC Foundation. Luettu 23.3.2018
19. OPC UA Connects your Systems. Verkkodokumentti. 2018. <https://downloads.prosysopc.com/downloads/automation_xx_seminar_opcua_connects_your_systems.pdf> Luettu 5.4.2018.
20. OPC Unified Architecture Specification Part 7: Profiles, Release 1.04. 2017. Verkkodokumentti. OPC Foundation. Luettu 23.3.2018.
21. Prosys OPC. OPC UA Gateway. 2018. Verkkodokumentti. <<https://www.prosysopc.com/products/opc-ua-gateway/>> Luettu 28.3.2018.