

Opinnäytetyö Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatiotekniikka

2014

Antti Sinisalo

KUVAUS HÖYRYTURBIININ SÄÄTÖ- JA SUOJAJÄRJESTELMÄSTÄ

Järjestelmän rakenne sekä modernisoinnin
suunnittelu ja toteutus.



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Antti Sinisalo

HÖYRYTURBIININ SÄÄTÖ-, JA SUOJAJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua voimalaitosturbiinin automaatiojärjestelmään liittyviin osa-alueisiin. Pääasiallinen tarkastelun kohde on turbiinin säätö- sekä suojajärjestelmän modernisointiin liittyvien töiden ja toimenpiteiden kartoittamisen, aina suunnittelusta ja toteutuksesta käyttöönottoon.

Opinnäytetyö tehtiin Fortumin organisaatioon kuuluvalla Turbines-yksikölle. Fortum/Turbines on voimalaitosturbiinien huoltoon keskittynyt asiantuntijayksikkö. Turbines on jaoteltu neljään pääosastoon, jotka ovat SteamTurbine, GasTurbine, Generators sekä Automation. Näiden lisäksi Turbines työllistää joukon muita eri alojen asiantuntijoita.

Turbiinin modernisointityö liittyy suorasti, tai epäsuorasti kaikkiin turbiinin automaatiojärjestelmän osa-alueisiin. Koneautomaatio käsittää laitteiden kunnonvalvonnan, sekä turvallisen säätämisen, jotka ovat erittäin oleellisia aihealueita höyryturbiinista puhuttaessa. Opinnäytetyö on suunnattu kaikille höyryturbiinin kanssa työskenteleville tahoille. Sisältö antaa tietoa aina yksittäisistä kentälaitteista, suurten säätökokonaisuuksien ymmärtämiseen. Modernisointi on aiheena hyvin laaja prosessi, jolloin sen toteutuksesta päättävien tahojen tulisi selvittää tässä opinnäytetyössä esiintyvät aihealueet.

Modernisoinnin toteutus riippuu monesta tekijästä. On kovin laitoskohtaista, miten vanhan järjestelmän päivittämiseen suhtaudutaan. Kokonaisuutena säätö- ja suojajärjestelmän modernisointi on laaja hanke. On ymmärrettävää, että voimalaitoksen kunnossapidosta vastaavat tahot saattavat suhtautua epäillen hankkeeseen, jossa tuttu ja toimiva järjestelmä puretaan, ja tilalle rakennetaan uusi, entuudestaan tuntematon järjestelmä. Vanhan järjestelmän ei tarvitse olla viallinen, jotta se modernisoidaan. Ongelmaksi vanhoissa järjestelmissä muodostuu varaosien ja huollon saatavuus. Jos laite vikaantuu, voi sen kunnostamiseen mennä suhteessa paljon aikaa ja rahaa.

Päivitetyn järjestelmän etuja ovat uusi teknologia, huoltovarmuus, varaosien hyvä saatavuus, turvallisuus sekä ohjattavuus. Uusi järjestelmä helpottaa ajon aikaista säätöparametrien muuttamista ilman käyttökatkoksia, joka lisää myös joustavuutta.

ASIASANAT:

Höyryturbiini, säätöjärjestelmä, suojajärjestelmä, modernisointi,

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Machine Automation

2014| 40

Instructors Jouko Varakas, Timo Vuoriluoto

Antti Sinisalo

MODERNISATION OF STEAMTURBINE CONTROL AND PROTECTION SYSTEM

The purpose of the Bachelor's thesis was to become familiar with automation systems in power plant turbines and related matters in this field. The main point of the study was the modernization of turbine control and protection system from planning to realization and implementation. There are a few options on how to control a steam turbine while using it. Part of this thesis was to present the options and their use.

Fortum Turbines is a unit under Fortum Power & Heat / Power Solutions. The main task of Turbines is to service power plant turbines. There are a few subdivisions in Turbines and one them is Automation which focuses on machine automation. In 2010 the author started working in this machine automation unit and was a part of a modernization project conducted for the power plant of Suomenoja, Espoo in 2013.

The automation system of a turbine includes several components and devices. Studying how this system works from the control room to the field is nearly everything one needs to know as an engineer. By being part of a modernization project one can learn about the system.

KEYWORDS:

steam turbine, control system, protection system, modernization

SISÄLTÖ

SANASTO JA LYHENTEET	3
1 JOHDANTO	7
2 KUVAUS TURBIININ SÄÄTÖJÄRJESTELMÄSTÄ	8
3 SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI	19
3.1 Säätöjärjestelmän modernisointiin liittyvät tekijät	19
3.2 Toteutuksen määrittely	21
3.3 Toimintamittaukset	21
3.4 Uuden säätöjärjestelmän suunnittelu	22
3.5 Laitevalinnat ja hankinnat	23
3.6 Huoltotoimenpiteet	24
3.7 Testaus ja käyttöönotto	25
4 SÄÄTÖJÄRJESTELMÄÄN LIITTYVÄT LAITTEET	28
4.1 Laitteet ja niiden toimintaperiaate	28
4.2 Turvallisuus	36
5 DOKUMENTOINTI	38
6 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	40

SANASTO JA LYHENTEET:

Höyryturbiini – Höyrystä käyttövoimansa saava laite.

Generaattori - Laite, jolla voidaan tuottaa sähköä.

Turbogeneraattori – Höyryturbiinin ja generaattorin muodostama kokonaisuus, jossa höyryturbiini pyörittää generaattoria.

Servo (servosylinteri) - asemointiin tarkoitettu toimilaitteen ohjauspiiri, jossa on mekaaninen tai sähköinen takaisinkytkentätietoa.

E/H-muunnin – Elektrohydraulinen muunnin, jolla voidaan mA-viestin avulla ohjata painetta.

Ip-muunnin - I = virta, p = paine. Sama asia kun E/H-muunnin.

Way valve - Servoperiaatteella toimiva venttiili jolla ohjataan virran I avulla tilavuusvirtaa Q.

Pikasulkublokki - pikasulkuventtiilejä ohjaava suojajärjestelmän osa.

Pikasulkuventtiili (turbiinin) - venttiili, joka katkaisee höyryn syötön turbiinille.

MetsoDNA - Metson kehittämä automaatiojärjestelmä

KUVAT	sivu
Kuva 1. Turbiinin käyntiarvot.	10
Kuva 2. Etupainemittaus.	11
Kuva 3. Piirikaaviokuva. Etupainemittaus.	12
Kuva 4. MetsoDNA FbCAD. Etupainemittaus	12
Kuva 5. MetsoDNA FbCAD. E/H-muuntimen ohjaus.	13
Kuva 6. Piirikaaviokuva. Servosylinterin asentotieto.	14
Kuva 7. E/H-muuntimen ohjausviesti.	14
Kuva 8. Valvomonäyttö. Etupainemittaus.	15
Kuva 9. Säädön toteutusmahdollisuuksia.	21
Kuva 10. Vahvistuksen vaikutus.	30
Kuva 11. Kaksiasteinen servoventtiili.	31
Kuva 12. Servonohjaus E/H-muuntimella.	32
Kuva 13. Way valven signaalirakenne.	33
Kuva 14. Pikasulkublokki.	34
Kuva 15. Osaiskutesti.	35

1 JOHDANTO

Teollistumisen myötä 1960-, 70- ja 80-luvuilla Suomessa alettiin rakentamaan voimalaitoksia teollisuuden ja kasvavien kaupunkien tarpeisiin. Pelkästään 1970-luvulla Suomessa rakennettiin toistakymmentä voimalaitosta. Suuri osa näistä voimalaitoksista on edelleen käytössä.

Voimalaitoksen käyttöikä saadaan pidennettyä säännöllisesti tehtävien huolto- toimenpiteiden avulla. Fortumiin kuuluvan Turbines-yksikön pääasiallinen tehtävä on tarjota voimalaitoksille asiantuntevaa palvelua erilaisten huolto-, korjaus-, sekä modernisointitöiden toteuttamiseen. Turbinekseen kuuluva Automatio-osasto keskittyy voimalaitosten automaatiojärjestelmien huolto- ja asennustöihin.

Vanhaksi käyneen tekniikan modernisointihanke on väistämätön toimenpide vanhoille laitoksille. 1970-luvulta peräisin oleva säätöjärjestelmä on hyvin kankaata ja toiminnaltaan epätarkkaa. Vanhat säätö- ja suojajärjestelmät ovat pitkälle mekaanisia ja monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden käyttö ja kunnossapito on kallista ja vaativaa. Varaosien saaminenkaan vanhoille laitteille ei ole helppoa, sillä valmistajan tuki niille loppuu aikanaan.

Voimalaitosturbiinin säätö ja suojajärjestelmän modernisointi on hanke, jossa hankkiudutaan eroon vanhasta teknologiasta ja tilalle rakennetaan uusi päivitetty järjestelmä. Vaikka voimalaitosturbiinit yleensä ovat toistensa kaltaisia kokonaisuuksia, niin on jokainen niistä lähes poikkeuksetta yksilö. Koska jokainen turbiini on jotenkin erilainen, vaatii modernisointityö aina perusteellisen suunnittelun. Erilaisten säätötekniikoiden päivittäminen vaatii teknistä luovuutta.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan voimalaitosturbiinin säätömuutokseen liittyviä seikkoja, kuten turbiinin automaatiojärjestelmän sisältöä, säätöjärjestelmän modernisointiin liittyviä tekijöitä ja modernisoinnin työvaiheita. Lisäksi vertaillaan uuden ja vanhan järjestelmän toiminnallisuutta.

2 KUVAUS TURBIININ SÄÄTÖJÄRJESTELMÄSTÄ

Turbiinia voidaan ajaa eri säätöperiaatteiden mukaan tilanteesta riippuen. Kun esimerkiksi tuotetaan kaukolämpöä, käytetään vastapaineen ja välioton automaattista säätöä, ja kun halutaan suojata kattilaa, ajetaan etupainesäädöllä. Eri säätövaihtoehtoja on useita, ja käytöstä vastaavat henkilöt päättää mitä niistä missäkin tilanteessa käytetään. Tässä työssä selvitetään millaisia säätötapoja on olemassa, ja mitä niillä tehdään.

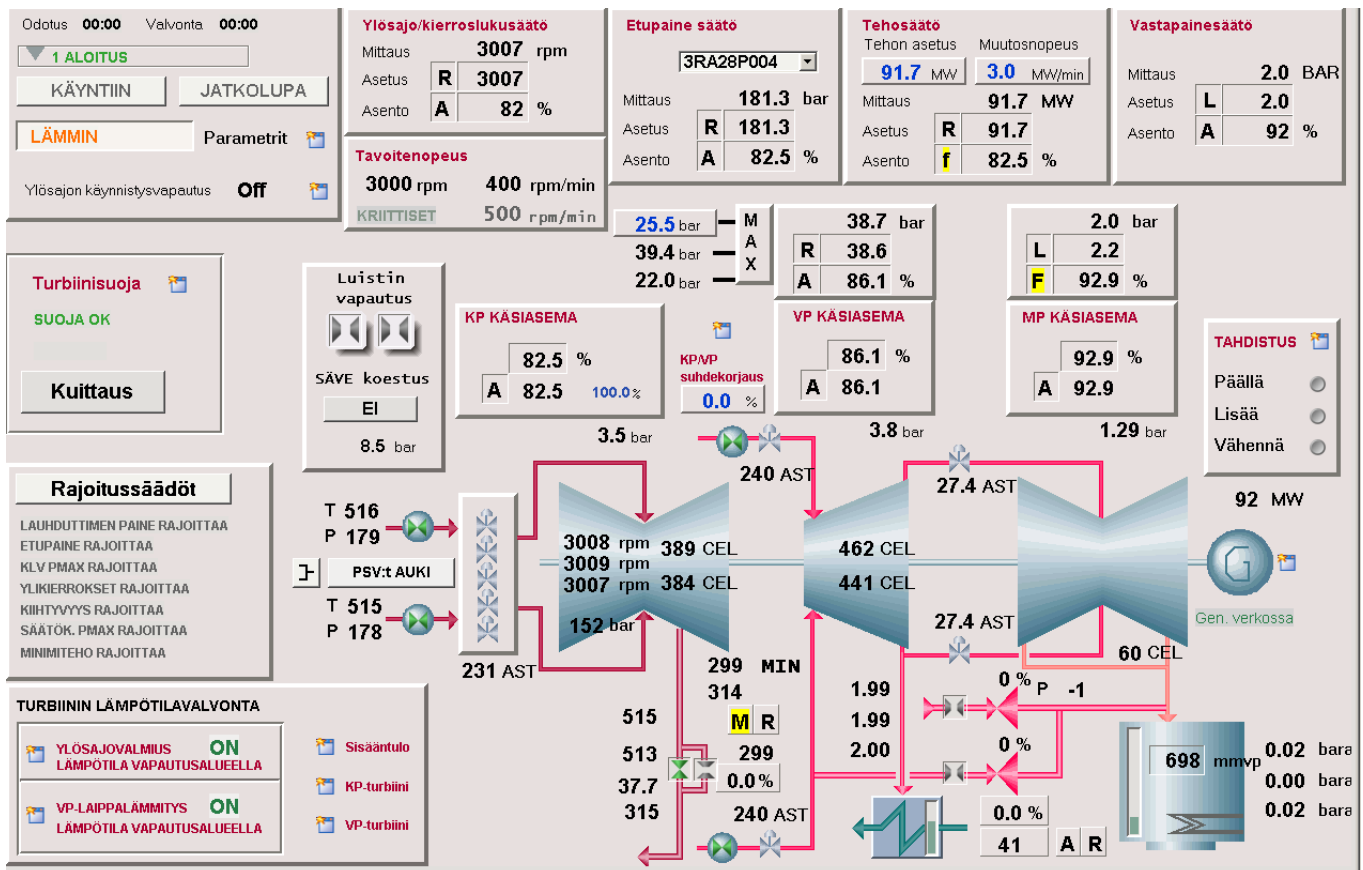
Voimalaitosturbiinin ajoon liittyy tiettyjä ehtoja, jotta turbiinia voidaan ajaa turvalisesti ja tasaisesti, sekä tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon. Turbiinin ajossa pyörimisnopeuden, virtauksen ja paineen muutoksia tarkkaillaan muutosnopeuden avulla. Nopeasti tapahtuviin muutoksiin tulee pystyä reagoimaan nopeasti. Vanhemmissa järjestelmissä muutoksia tarkkailtiin muun muassa painegra-dienttireleiden avulla tai mekaanisen keskipakoisvoimaan perustuvan ylikierrossuojan avulla. Modernissa järjestelmässä paineen muutos saadaan painelähet-timeltä suoraan järjestelmään, joka laskee muutoksen matemaattisten yhtälöi-den avulla. Ylikierrossuoja on toteutettu pulssiantureilla.

Painelähetin mittaa painetta muuttamalla painetiedon mA- eli analogiseksi vies-tiksi. A/D-muunnin muuttaa viestin digitaalseksi, jota automaatiojärjestelmä pystyy käsittelemään. Lähettimen mitta-alueelle on näin helppo asettaa rajat, kuten ylä- ja alarajat, hälytysrajat ja mahdollisesti pikasulun aiheuttava raja, jon-ka sisällä paineen tulisi olla. Turbiinin sähköverkkoon tuottama sähköteho sekä väliotoista ja vastapaineesta saatavan lämpötehon mittaaminen ja tarkkailu ovat olennainen osa turbiinin käyttöä. Poikkeamat turbiinin käyttäytymisessä tulee pystyä havaitsemaan, sekä vahinkojen syntyminen vikatilanteessa tulee pyrkiä välttämään.

Turbiinin tilaa tarkkaillaan valvomosta käsin. Operaattori näkee valvomon näy-töltä turbiinilta mitattavat käyntiarvot, kuten lämpötilat, paineet, pyörimisnopeu-den, värähtelymittaukset ja akselin asentotiedon. Suuri kokonaisuus ja vallitsevat olosuhteet vaativat paljon eri mittauksia. Operaattorien tehtävää helpottaa automaatiojärjestelmä, joka on tehty tarkkailemaan turbiinin käyntiarvoja ja il-

moittamaan operaattorille mahdollisista poikkeamista. Koska tilanteet voivat muuttua nopeasti, ohjaa järjestelmä tarvittaessa automaattisesti turbiinin turvalliseen tilaan.

Kuvassa 1 on ruutukaappaus Naantalın voimalaitoksen (NA3) valvomonäytöltä, josta näkee tämän hetkiset käyntiarvot. Säättöön liittyviä parametreja voi tarvittaessa muuttaa ajon aikana.



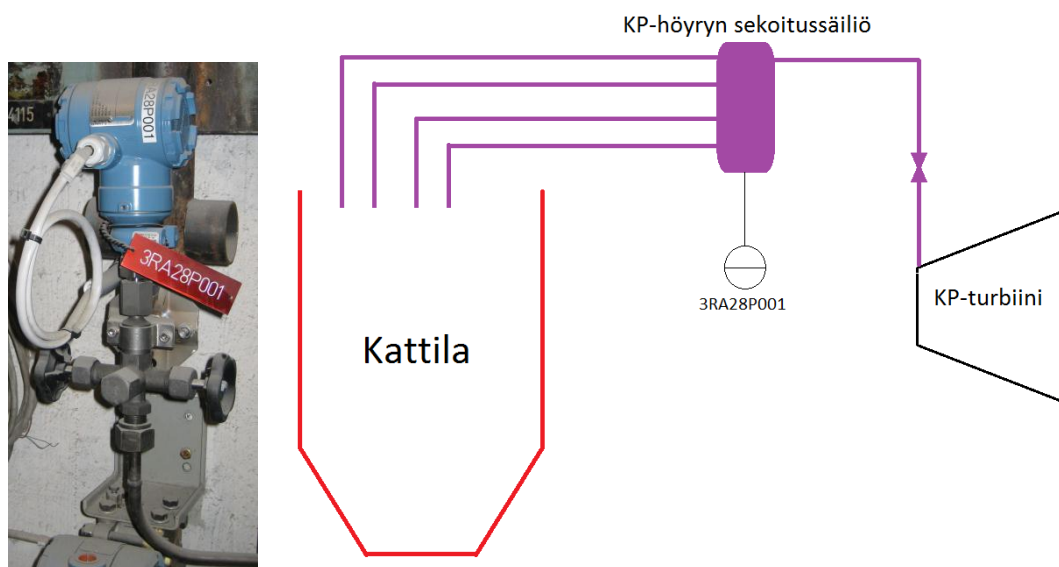
Kuva 1. Turbiinin käyntiarvot.

Säätöjärjestelmän rakenne

Laadin esimerkin, jossa käydään läpi automaatiojärjestelmän toimintaperiaate aina kenttälaitteesta valvomon näytölle. Järjestelmäkuvaus on Naantalın NA3-laitoksen höyryturbiinin etupainemittaukseen ja säättöön liittyvä ketju, jossa pai-

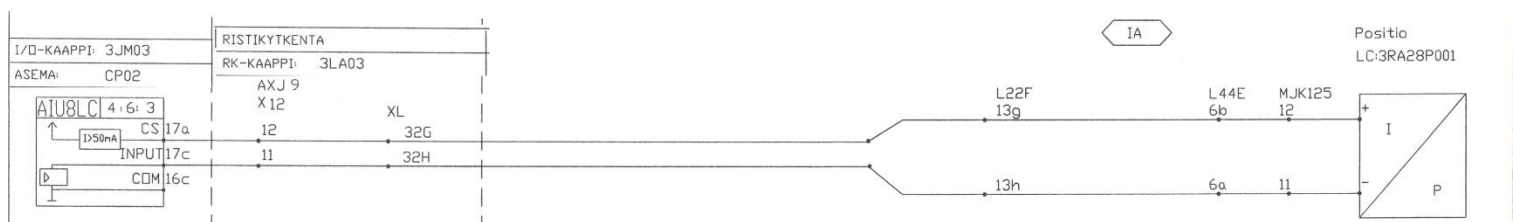
nelähettimeltä saadun mittaustiedon perusteella ohjataan turbiinin säätöventtiilejä. Esimerkin tarkoitus on selventää automaatiojärjestelmään ja ohjelmointiin liittyviä osa-alueita.

Kuvassa 2 Rosemountin-painelähttimeltä (3RA28P001) saadaan etupainesääntöön tarvittava painetieto. Painelähtin mittaa korkeapainehöyryn sekoitussäiliön, eli kattilalta tulevan höyryn painetta. Painelähttimen sisäinen mekanismi muuttaa painetiedon mA-viestiksi. Kriittisiä mittauksia tekevien painelähttimien ajoittainen kalibrointi on suositeltavaa.



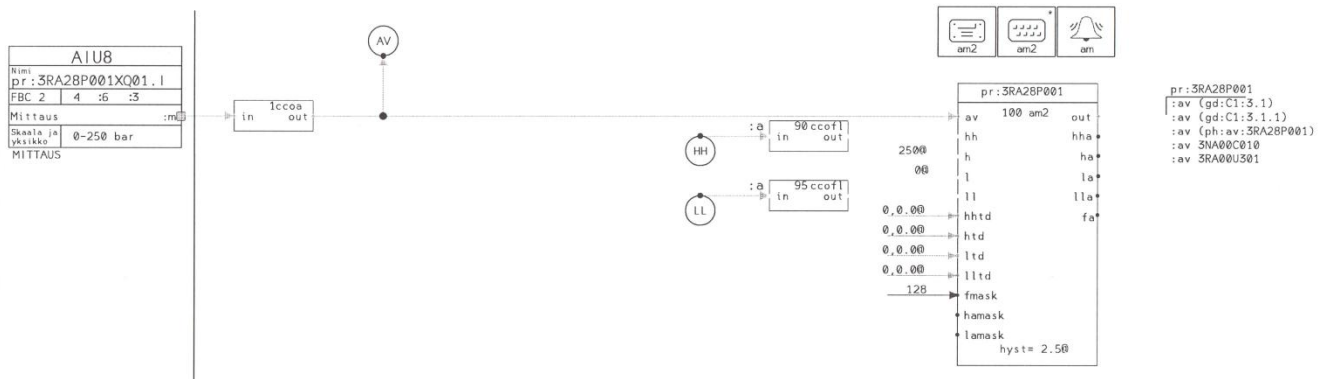
Kuva 2. Etupainemittaus.

Kuvassa 3 painelähttimen (3RA28P001) analoginen signaali kulkee laitteelta ristikytkentäkaapin kautta I/O-kaapissa 3MJ03 sijaitsevalle AIU8-kortille, joka muuntaa analogisen signaalin digitaalseksi. Tässä vaiheessa painetieto on muutettu digitaalseksi ja sitä voidaan käsitellä ohjelmoinnissa.



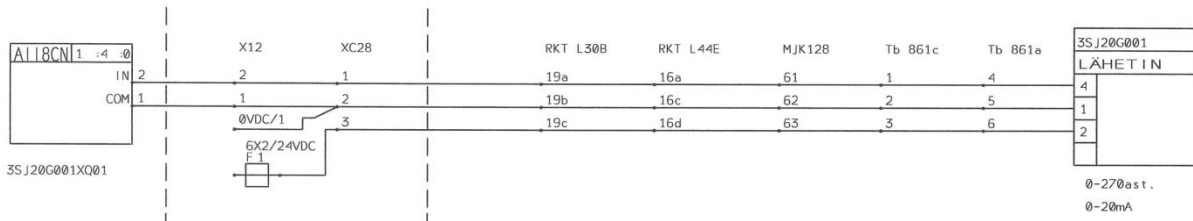
Kuva 3. Piirikaaviokuva. Etupainemittaus

Kuva 4 MestoDNA Function Block CAD, eli FbCAD-ohjelmointiohjelmasta. AIU8-kortille tuleva tieto luetaan järjestelmään. Höyryn ylähälytysrajaksi on laitettu 250bar ja alahälytysrajaksi 0bar. Höyryn paine NA3 vakiopainekattilan jälkeen on 180bar.



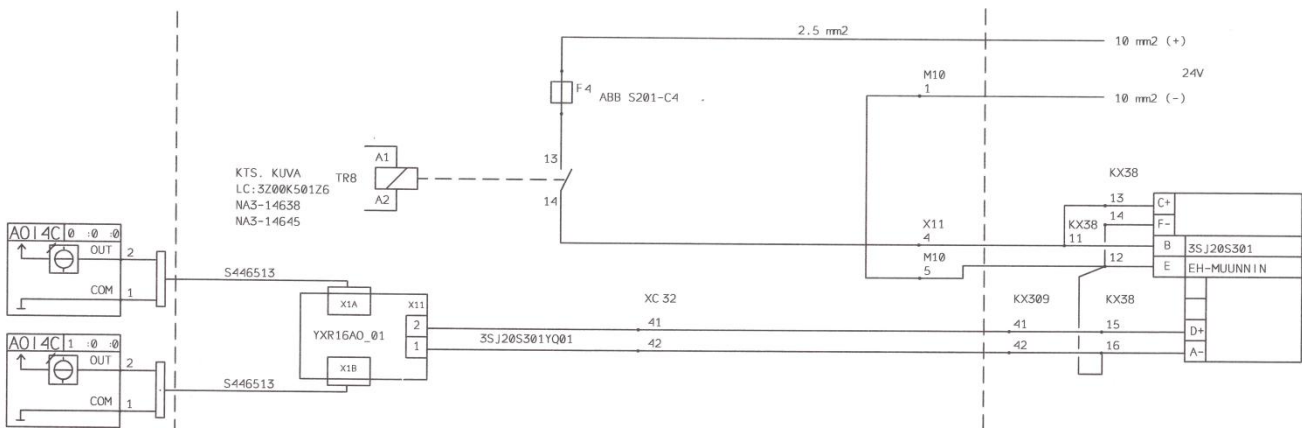
Kuva 4. Metso FbCAD. Etupainemittaus

Kuvassa 6 ohjattavan servosylinterin asentotieto. Asentotieto saadaan servosylinterin asentoa mittaavalta anturilta. Asentotieto on erittäin oleellinen tieto, jota järjestelmä tarvitsee venttiilin ohjaamiseen. Jos asentoanturi vikaantuu, järjestelmä ajaa venttiilin kiinniasentoon.



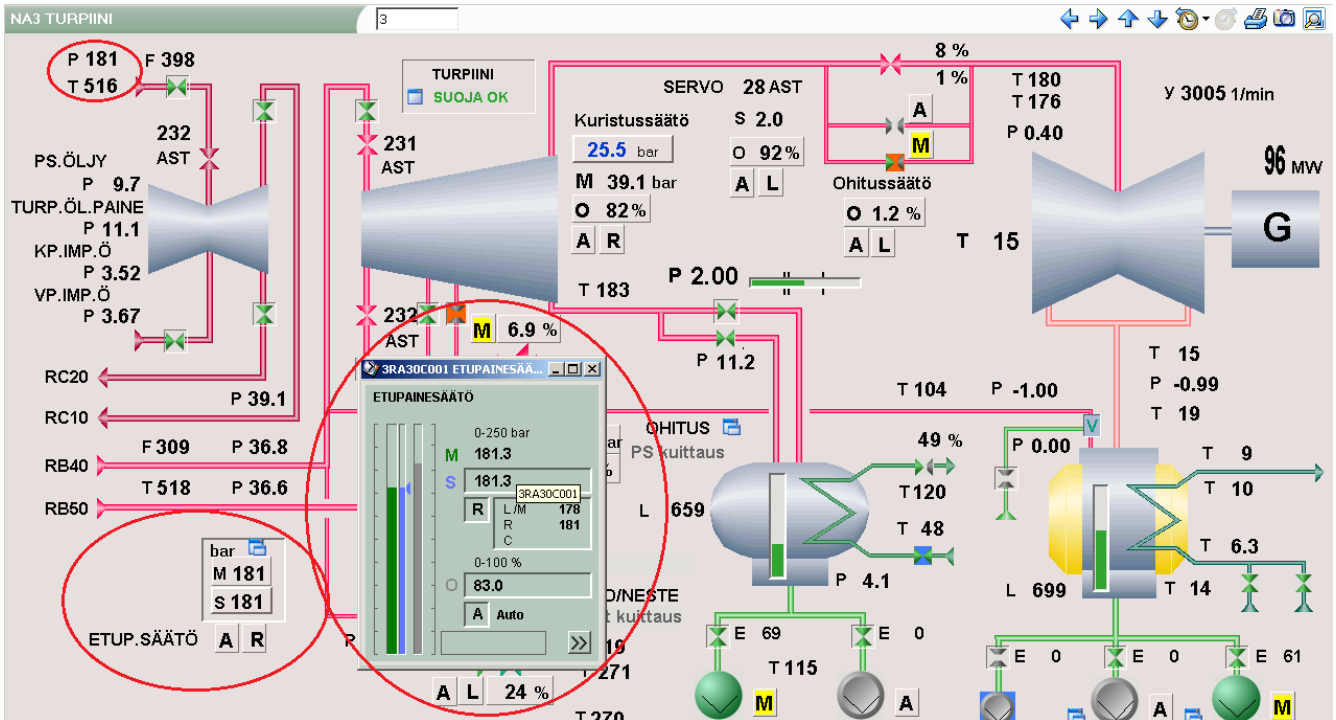
Kuva 6. Servosylinterin asentotieto.

Kuvassa 7 servosylinteriä ohjaavan E/H-muunnin (IP-muunnin) ohjausviesti järjestelmästä muuntimelle.



Kuva 7. E/H-muuntimen ohjausviesti

Kuvassa 8 valvomon näytöltä otettu kuva, jossa on punaisella ympyröity etupainemittaus ja -säätö. Säätoparametrit ovat muutettavissa ajon aikana. Valvomon graafinen näyttö helpottaa järjestelmän seuraamista.



Kuva 8. Valvomonäyttö. Etupainemittaus.

Säätövaihtoehtoja

Erisäätövaihtoehdot tekevät turbiinin säätämisestä joustavampaa, sekä helpottaa voimalaitoksen hallintaa.

Turbiinin ylösajo ja kierroslukusäätö

Turbiinin ylösajo on prosessi, jossa turbiinin tasainen lämpeneminen on tärkeää. Ylösajossa turbiini ajetaan vähitellen käyttökiertoille. Turbiinin pyörimisnopeutta säättävät servomoottoriohjatut venttiilit avautuvat niille valmistajan määräämän avautumisjärjestyksen, sekä avautumisnopeuden mukaan. Sähköhydraulisen säätöjärjestelmän avulla venttiin ohjaus tapahtuu automaattisesti

ohjelmaan määriteltyjen parametrien mukaisesti. Käytännössä ohjelma mittaa kierroslukuantureilta tulevaa turbiinin roottorin pyörimisnopeustietoa ja ohjaa sen perusteella E/H-muuntimia, jotka ohjaavat venttiilien asentoa. Ajossa, jolloin turbiini tuottaa sähköä, tapahtuu kierrosluvun säätö samalla periaatteella, sillä erotuksella, että kierroslukua sääitäviä ehtoja saattaa olla enemmän.

Tahdistus ja taajuuden tuenta

Tahdistettaessa turbiinia valtakunnan verkon taajuudelle 50Hz, tulee sen generaattorin pyöriä napaisuudesta riippuen verkon kanssa samalla taajuudella. Muissa kuin vesivoimaloissa yleisimmät napaluvut ovat kaksi tai neljä. Kaksinapaisen generaattorin tulee pyöriä 3000 rpm (50 1/s), ja nelinapaisen 1500 rpm (25 1/s). Tahdistaminen tapahtuu automaattitahdistimien avulla, jolloin järjestelmä mittaa taajuuden säädön ja kytkee turbiinin verkkoon.

Taajuuden tuennalla tarkoitetaan järjestelmän reagoitua verkossa tapahtuviin taajuuden muutoksiin. Jos verkon taajuus nousee, järjestelmä laskee koneen tehoa sulkemalla säätöventtiilejä ja päinvastoin.

Sähkötehon säätö

Lauhdekäytössä turbogeneraattorin ensisijainen tehtävä on tuottaa pätötehoa sähköverkkoon. Höyryturbiini pyörittää generaattoria, joka tuottaa sähköä. Generaattorilta saatavan loistehon suuruus on säädettävissä generaattorin roottorille syötettävän tasavirran avulla. Mitä suurempaa pätötehoa generaattorilta halutaan, sitä suurempi teho sitä pyörittävältä turbiinilta vaaditaan. Turbiinin tehon ja generaattorin tuottaman tehon on oltava suhteessa toisiinsa.

Ajettaessa turbiinia mitataan generaattorin tuottamaa pätötehoa. Tehomittauksesta saatavaa tietoa käytetään turbiininsäädössä. Jos turbiinin pätöteho laskee alle asetellun rajan, avaa järjestelmä automaattisesti koneen säätöventtiilejä. On huomioitavaa että, generaattorin ollessa verkossa säätöventtiilien asento ei

vaikuta koneen pyörimisnopeuteen. Turbiinille syötettävän höyryn määrällä säädetään generaattorilta saatavan pätötehon määrää. Generaattorin pyörimisnopeus määräytyy verkon taajuudesta. Jos generaattori tipahtaa pois verkosta kesken ajon, häviää sen tuottama vastusmomentti, ja turbiinin kierrosluku lähtee jyrkkään nousuun, eli kone "ryntää", ellei järjestelmä automaattisesti sulje säätöventtiilien asentoa. Verkosta pudotaan esimerkiksi, kun kone putoaa tahdist.

Kytettäessä generaattori verkkoon täytyy takatehoille joutuminen pystyä estämään. Takateholla generaattori ei tuota sähköä verkkoon, vaan ottaa sitä sieltä ja näin muuttuu moottoriksi. Takatehoille joutuminen estetään ohjelmoimalla automatiikka avaamaan säätöventtiilejä samalla, kun kone kytketään verkkoon, jolloin turbiinin tehoa saadaan hieman nostettua.

Vastapaine- ja väliottojen säätö

Turbiinia, joka tuottaa sähköä lisäksi kaukolämpöä, kutsutaan vastapaineturbiiniksi. Kun turbiinilta otetaan lämpötehoa, avataan turbiinin väliottoventtiili, jolloin höyry ohjataan kaukolämpöverkkoa lämmittävälle lämmönvaihtimelle. Vastapaineen avulla voidaan säätää lämmönvaihtimelle menevän höyryn lämpötilaa. Mitä korkeampi on paine, sitä korkeampi on höyryn lämpötila. Lämpötila määräytyy kaukolämpöverkon tarpeen mukaan.

Kun höyrykapasiteetista osa käytetään lämmön tuottamiseen, laskee turbiinin sähköntuottoteho. Turbiinissa on useampia väliottoja, joista saatavaa höyryä voidaan käyttää muun muassa kattilaveden esilämmitykseen, tuotantolaitoksen, kuten sellutehtaan prosessihöyrynä ja kaukolämmön tuotannossa.

Etupainesäätö

Etupainesäätö on kattilasuoja. Sillä tarkoitetaan kattilalta tulevan höyryn paineen säätöä ennen turbiinin pikasulkuventtiilejä. Sitä säätämällä pyritään estämään kattilan sammuminen. Poltettaessa kivihiltä on polttoaineen laatu suhteellisen tasaista, mutta esimerkiksi jätteenpolttolaitoksissa voi polttoaineen laadussa olla vaihtelua. Ajon aikana kattilassa pyritään pitämään tietty paine. Huonolaatuinen polttoaine vaikuttaa kattilan paineeseen vähentämällä sitä. Etupaineelle on laskettu asetusarvo, jonka tulee päteä ajon aikana. Jos etupaineessa tapahtuu muutos, niin järjestelmä säätää säätöventtiilejä sen mukaan. Paineen noustessa venttiilejä avataan ja päinvastoin.

Polttoaineen, ja sen laadun lisäksi kattilan tyyppi vaikuttaa etupainesäädön valintaan. Vakiopainekattilassa paineen tulee pysyä tarkasti tietyssä arvossa, kattilassa tapahtuvan prosessin takia.

Saarikäyttö

Saarikäyttö tarkoittaa sitä, että voimalaitos on erotettuna verkosta ja sen tuotama sähkö käytetään voimalaitoksen laitteiden tarpeisiin. Saarikäytölle joudutaan, jos verkko kaatuu tai jos voimalaitos erotetaan verkosta mahdollisen sähkönsyöttöhäiriön vuoksi.

Pyörökammion paine

Pyörökammion paine on paine ennen ensimmäistä siipivyöhykettä. Turbiinin valmistaja on antanut paineelle maksimiarvon, jota ei saa ylittää. Tilanteessa, jossa voimalaitoksesta halutaan ulos maksimiteho, ajaa operaattori konetta suurimmalla sallitulla pyörökammion paineella.

Säätöventtiilien käsiajo

Säätöventtiilejä on mahdollista ajaa myös käsiajolla, jolloin operaattori ohjaa suoraan venttiilien asentoa. Manuaalinen hallittavuus tulee säilyttää, vaikka säätöjärjestelmä automatisoidaan.

3 SÄÄTÖJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

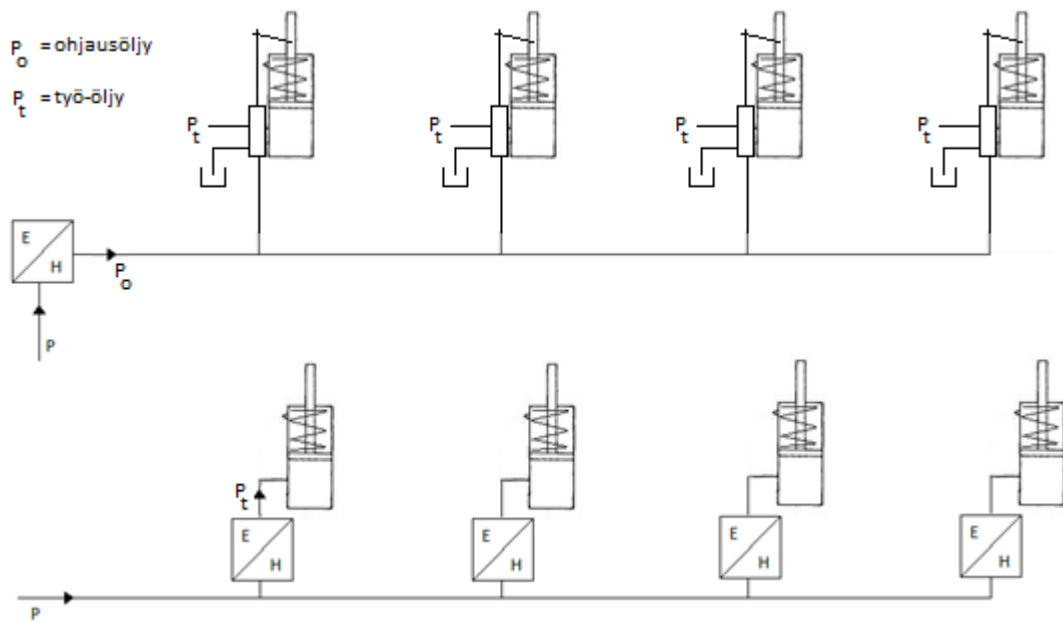
3.1 Säätojärjestelmän modernisointiin liittyvät tekijät

Voimalaitosten kunnossapitohenkilökunta tekee päätöksiä voimalaitoksen laitteiden huoltotoimenpiteistä. Säätojärjestelmän uusimisella halutaan taata tuotettavan tuotteen laatu ja käyttöturvallisuus, sekä hyvä käytettävyys. Vanhan järjestelmän ei tarvitse olla viallinen, jotta se vaihdettaisiin. Vanha järjestelmä pitää sisällään suhteessa paljon erilaisia säätöön liittyviä laitteita, jotka toimivat mekaanisesti. Kaikki mekaaninen on kuluva ja laitteet tarvitsevat huoltoa. Varosien hankkiminen kymmeniä vuosia vanhoille laitteille on haastavaa ja kallista. Laitteiden korjaamiseen tarvittava ammattitaito tahtoo myös olla harvassa.

Verrattaessa vanhan ja uudenaikaisen järjestelmän ominaisuuksia, voimme todeta uuden järjestelmän pystyvän tarkempaan ja luotettavampaan ajoon. Kymmeniä vuosia vanhassa säätötekniikassa yksi laite saattaa säätää suurta kokonaisuutta. Yksi suuri säätöservo ohjaa nokka-akselia, jolla säädetään säätöventtiilien avautumisnopeus ja -järjestys, tai yksi E/H-muunnin asettaa säätöservojen pilottiventtiileille tulevan hydraulioöljyn paineen. Servojen yksittäinen viritys tapahtuu mekaanisesti, pilottiventtiiliä säätämällä. Tällaisen suuren kokonaisuuden tarkka säätäminen voi olla hyvin työlästä ja haastavaa, ajon aikainen säätö jopa mahdotonta. Koska toleranssit ovat hyvin pieniä ja mekaaniset osat kuluvat, saattaa turbiinin tarkka ajo muuttua hankalaksi.

Modernisoinnilla pyritään tarkempaan ja luotettavampaan servokohtaiseen säätöön. Yksi tapa on asentaa jokaiselle säätöservolle oma E/H-muunnin, jolloin servojen virittäminen ja toiminta saadaan hallittua paremmin. Modernit asento-tietoanturit antavat tarkan takaisinkytkentätiedon, jolloin servon ajo on hallittua ja turvallista. Toki täytyy myös ottaa huomioon se seikka, että mahdollisuus viikaantumiseen on aina olemassa, oli järjestelmä mikä tahansa. Mekaanisen järjestelmän aiheuttamat ongelmat muuttavat hieman muotoaan, mutta ovat silti yhtäläillä olemassa sähköisessä järjestelmässä, kuten esimerkiksi elektronisille laitteille sähköiset häiriöt tai värinän aiheuttamat viat. Säätojärjestelmän, jossa

jokaisella servolla on oma säädin, etuna on myös se, että turbiinia voidaan ajaa, vaikka yksi asennoitin vikaantuisi. Tosin ei kaikissa tapauksissa. Jos turbiinilla on neljä säätöventtiiliä, on niistä osa kriittisimpiä ajon kannalta kuin toiset. Vähemmän kriittisen servon vikaantuessa ajoa voidaan jatkaa pienemmällä tehoilla. Suurimmat edut uudesta digitaalisesta ohjausjärjestelmästä ovat joustavuus, muunneltavuus, säädettävyyden sekä huollettavuus. Koska osat ovat uusia, sekä varaosia, että teknistä tukea on helppo löytää.



Kuva 9. Säädön toteutusmahdollisuuksia.

Kuva 9. Esimerkki toteutuksesta, jossa yksi elektro-hydraulinen muunnin, joka asettaa ohjauspaineen neljän servosylinterin pilottiventtiilille, on korvattu neljällä E/H-muuntimella, joista jokainen ohjaa suoraan yhden servosylinterin työpainetta. Servosylintereitä ei välttämättä tarvitse vaihtaa.

3.2 Toteutuksen määrittely

Toteutuksen määrittelyvaiheessa tutustutaan vanhan järjestelmän toimintaan ja laitteisiin sekä selvitetään järjestelmään kuuluvat osa-alueet ja laajuus. Turbiinin valmistaja on antanut tarkat kriteerit turbiinin turvalliseen käyttöön, joita on noudatettava. Kartoittamalla vanha järjestelmä voidaan tehdä suunnitelma laitteista, jotka uuden järjestelmän tulee pitää sisällään. Kartoituksen jälkeen voidaan tehdä kenttäsuunnitelma. Joissain tapauksissa pelkästään ohjaus uusitaan ja vanhat säätöservot jäävät paikoilleen. Joskus taas koko säätöjärjestelmä päätetään uusia asentamalla uuden säätöservot, sekä niille oma hydraulijärjestelmä pumppuineen ja säiliöineen. Vanhan järjestelmän tekninen toteutus saattaa asettaa ehtoja uudelle.

Kun toteutuksesta on päästy yhteisymmärrykseen, tehdään lista purettavista laitteista ja selvitetään vanhan järjestelmän ominaisuuksia, kuten hydraulikka-järjestelmän tuottama paine, tilavuusvirta ja öljyn laatu. Sopimusvaiheessa tulee myös rajata tehtävien töiden laajuus, jotta toimittajalle ja tilaajalle ei tule väärinkäsityksiä työn sisällöstä.

Mekaanisten töiden lisäksi säätömuutos pitää sisällään automaatiojärjestelmään kuuluvan säätöjärjestelmän modernisoinnin. Mekaanisen suoja- ja säätöjärjestelmän muuttaminen sähköiseksi vaatii muutoksia turbiinin säätöjärjestelmien ohjaukseen käytettävään logiikkaan. Uuden järjestelmän sovittaminen vanhaan aiheuttaa omat haasteensa, sekä vaatii alan asiantuntijan. Voimallituksen vanha automaationkanta vaikuttaa usein uuden järjestelmän sekä toimittajan valintaan.

3.3 Toimintamittaukset

Toimintamittaukset on hyvä selvittää ennen muutostyön aloittamista. Osa tiedosta saattaa löytyä vanhaan järjestelmään asetetuista rajoista. Kun järjestelmää uusitaan, saattaa vanhan järjestelmän tieto kadota.

Turbiinin valmistaja antaa koneelle tietyt ehdot kuten raja-arvot ja säätöperiaatteet. Uuden järjestelmän tulee toimia laitevalmistajan antamien suunnitteluarvojen mukaisesti. Suunnitteluvaiheessa tulee pyrkiä ottamaan huomioon kaikki mahdolliset muuttujat, jotta koneen ajoon määritellyissä rajoissa tai arvoissa ei tapahdu muutoksia. Tärkeimpiä ehtoja ovat turbiinin ylösajoon liittyvät tekijät, kuten lämmitysnopeus, lämmityskierrokset, säätöventtiilien avautumisjärjestys ja tehon nostonopeus. Turbiinia ajettaessa tärkeitä tietoja ovat kriittiset kierrokset ja maksimi teho.

Pikasulkuventtiilien toimintamittauksiin kuuluu sulkeutumiseen kuluva aika, joka tulee olla noin 0,2s, venttiilin iskupituus ja osaiskutestin toiminta.

Säätöventtiilien toimintamittauksiin kuuluu venttiilien avautumisjärjestys, avautumiseen ja sulkeutumiseen kuluva aika, venttiilin iskupituus ja painealue, jolla venttiili toimii. Painealue selvitetään seuraavasti. Venttiilin ollessa kiinni nostetaan painetta, kunnes se alkaa avautua, ja venttiilin ollessa täysin auki, laskeaan painetta, kunnes se alkaa sulkeutua. Painealue on hyvin tärkeä tieto E/H-muunninta virittäessä. Esimerkiksi, jos venttiili aloittaa avautumisen 5bar ja sulkeutumisen 8bar, tulee 4-20mA ohjausviesti virittää tälle alueelle, eli $4\text{mA} = 5\text{ bar}$ ja $20\text{mA} = 8\text{bar}$. Jotta venttiilin sulkeutuminen voidaan varmistaa, viritetään 5bar vastaamaan 4.3mA, jolloin 4mA viestillä venttiili on varmasti kiinni.

3.4 Uuden säätöjärjestelmän suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa koko modernisointihanke jaetaan osiin, jolloin määritellään eri vastuualueet. Modernisoinnin mahdolliset mekaaniset muutostyöt, sisältää suojaus- ja säätöjärjestelmän muutostyöt. Näihin sisältyy koko vanhan järjestelmän kartoitus mekaanisten laitteiden, kenttäkoteloiden, sähkökaappien sekä automaatiojärjestelmän osalta. Puhuttaessa voimalaitosturbiinin kokoluokkaa olevasta laitteesta, on järjestelmä sisällöltään hyvin laaja. Koska sisältöä on paljon ja työ täytyy tuotannollisista syistä saada tiettyssä aikataulussa valmiiksi, on eri osa-alueiden jakaminen eri tekijöille välttämätöntä.

Vastuualueet jaetaan, jolloin lopputulos koostuu monen tekijän yhteistyöstä. Eri osa-alueita ovat esimerkiksi, purku- ja asennustöiden suunnittelu, mekaaninen työ, järjestelmän suunnittelu, logiikan ohjelmointi, kaapelointi, tarveaineiden hankinta, raportointi ja kaupalliset asiat.

Muutoksen toteutustavalle löytyy vaihtoehtoja, ja valintojen tekeminen tapahtuu yhdessä toimittajan ja tilaajan välillä. Toimivan kokonaisuuden rakentaminen vaatii laajaa kokemusta järjestelmän eri osa-alueilta. Virheelliset päätökset voivat aiheuttaa tuotannollisia menetyksiä, jos virhe huomataan vasta kun kone on tarkoitus ottaa käyttöön. Uuden ja vanhan liittäminen yhteen saattaa osoittautua luultua haastavammaksi, jos kaikkia tekijöitä ei osata ottaa huomioon.

3.5 Laitevalinnat ja hankinnat

Laitteiden hankinnasta vastaava osapuoli päätetään neuvotteluissa. Laitetoimittajan valintaan vaikuttaa aiempi kokemus sekä osapuolten toiveet. Laitoksen käytöstä ja kunnossapidosta vastaavat tahot voivat haluta uusien laitteiden vastaavan laitoksen aiempaan laitekantaan. On ymmärrettävää, että asiakas haluaa käytettävän laitteita, josta heillä on aiempaa kokemusta. Usean eri toimittajan käyttäminen rasittaa laitteiden käytöstä ja huollosta vastaavia tahoja. Uuden toimittajan valitseminen on aina riski. Laitetoimittajan tarjoama tuki, ja maantieteellinen sijainti usein vaikuttavat laitetoimittajan valintaan. Tiettyjen laitteiden ja komponenttien maailmanlaajuinen menekki saattaa olla niin suppeata, että valmistajia saattaa olla vain muutama.

Laitteiden tulee myös täyttää tietyt standardit, ja sertifikaatit. Yleisesti suojajärjestelmissä on käytetty SIL-luokiteltuja laitteita, jolloin järjestelmän laitteet muodostavat SIL turvaketjun.

3.6 Huoltotoimenpiteet

Kun puhutaan turbiinin säätö- ja suojajärjestelmästä, puhutaan lopulta turbiinille tulevan höyrymäärän säätämisestä. Suojajärjestelmä tarkkailee turbiinin tilaa, kuten koneen värähtelyä, lämpötiloja, paineita ja pyörimisnopeutta. Jos turbiinin tilassa alkaa tapahtua muutoksia, jotka ylittävät asetetut rajat turbiinin suojajärjestelmä ajaa turbiinin pikasulkuun. Tämä tarkoittaa sitä, että pikasulkuventtiilit estävät höyryn tulon turbiinille. Kun höyryn tulo lakkaa, turbiini pysähtyy. Säätöjärjestelmä taas säätää turbiinin säätöventtiilejä, joiden asento määrää turbiinille tulevan höyryn määrän ajon aikana.

On siis erittäin oleellista, että sekä pikasulku- että säätöventtiileitä ohjaavat säätöservot toimivat halutulla tavalla. Turbiinille on asetettu huoltovälejä, joka tarkoittaa sitä, että kun koneella on ajettu tietty tuntimäärä, kannattaa sille suorittaa huoltotoimenpiteitä. Yksi huoltotoimenpide on säätöservojen huolto. Servot puretaan ja niiden kunto tarkistetaan. Huolletut servot koeajetaan, jotta niiden toiminta voidaan todeta hyväksi. Valmistajan antamien huoltovälien laiminlyönti on aina harkittu riski. Hajonneen osan korjaamine on kalliimpaa, kuin ennalta ehkäisevä huolto. Koneen tilaa mittavien sensoreiden kalibrointi ja tarkastus on myös suositeltavaa suorittaa tietyin väliajoin. Sensoreiden testaus tapahtuu simuloimalla antureiden mitta-alueita ja suureta vastaava tilanne. Viallisille laitteille ei välttämättä suoriteta huoltoa, vaan laite vaihdetaan uuteen. Jos laite on vanha, voi varaosan saaminen osoittautua vaikeaksi sekä kalliiksi. Eri laitoksien varaosatilanne saattaa vaihdella suuresti. On mahdollista, että rikkoutunut anturi estää koneen ajamisen ja varaosan saaminen vie useita päiviä. Tällöin tuotannolliset menetykset ovat anturin hintaan nähden mittavat. Tästä syystä turbiinin kunnonvalvontaan liittyvien järjestelmien ja laitteiden päivittäminen on suositeltavaa.

3.7 Testaus ja käyttöönotto

Muutostyön aikana asennettaville laitteille suoritetaan useita eri testejä, joiden avulla laitteiden toimivuus ja yhteensopivuus voidaan taata.

FAT-testi

FAT-testi eli Factory Acceptance Test, suoritetaan yhdessä automaatiojärjestelmän tai -laitteiston toimittajan kanssa ennen varsinaista käyttöönottoa. Testin tarkoitus on testata voimalaitoksen automaatiojärjestelmään liitettävien uusien logiikoiden ja komponenttien toimivuus ja sisältö, ennen kuin ne liitetään osaksi voimalaitoksen automaatiojärjestelmää. Testi voidaan suorittaa laitetoimittajan tiloissa, jolloin mahdolliset viat on helppo korjata ja korjausehdotukset toteuttaa. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä simuloidaan FAT-testissä tietokoneohjelman avulla. Kun FAT-testi on onnistunut, ja toimittaja, sekä tilaaja on sen hyväksynyt, voidaan se liittää osaksi vanhaa järjestelmää.

Signaalitestausta / kylmäkoestus

Kun modernisointityön asennukset on saatu valmiiksi, eli kaikki mekaaniset laitteet on asennettu ja säätöjärjestelmä on uusittu, tulee kenttälaitteiden sekä järjestelmän välinen signaaliliikenne testata. Tämä tarkoittaa signaalitestausta eli luuppitestiä, jolloin kenttälaitteelta simuloimalla syötetään järjestelmään tai järjestelmästä kenttälaitteelle signaalia, ja nähdään onko kenttälaitteen kytkentä, kaapelointi, osoite ja rajat, eli hälytysrajat ja rajat, joilla laite mittaa, oikeat. Simulointiin käytetään siihen tarkoitukseen tehtyjä kalibrointilaitteita. Turbiineissa kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmän välinen kommunikaatio on kaksisuuntaista analogista viestiä. Viesti on joko 4-20mA tai resistanssin muutosta mittaava viestiä. Kenttälaitteen simulointi tapahtuu irrottamalla kenttälaitteelle tuleva signaalikaapeli ja kytkemällä se simulointilaitteeseen. Simuloinnin etuna on nopeus, kun halutaan vain tutkia signaalin muoto ja kulku kentältä järjestelmään. Signaalitestauksessa laitteen kuntoa ei pystytä tutkimaan.

SAT-testi

SAT-testi Site Acceptance Test suoritetaan viimeisenä, ennen käyttöönottoa. Siinä testataan sekä tarkastetaan kaikki turbiinin säätöön, sekä suojaukseen liittyvien laitteiden toiminta, sekä kytkennät, liittimet ja turvareleet. SAT-testin jälkeen voidaan aloittaa käyttöönotto. Toimivuus testataan simuloimalla säätöpiirien mittauksia ja varmistetaan siitä, että säätöpiiri käyttäytyy määritellyn tavan mukaan. Esimerkiksi kaikki pikasulkuun johtavat tilanteet simuloidaan, venttiilien avautumiskäyrät koeajetaan ja ylikierrossuojan toiminta varmistetaan.

Käyttöönotto

Käyttöönottovaihe on koko muutostyön teknisen osion viimeinen vaihe. Käyttöönotto kulkee ennalta suunniteltujen vaiheiden mukaisesti, alkaen ylösajosta. Ennen ylösajoa kaikkien laitteiden toimivuus on varmistettu ja turbiinin käyttäminen on turvallista. Ylösajo tapahtuu valmistajan antamien suositusten mukaisesti, jolloin turbiinin kierroksia nostetaan vähitellen. Tällöin varmistetaan koneen tasainen lämpeneminen. Turbiinin sisäiset välykset ovat suhteessa hyvin pieniä, jolloin roottorin ja staattorin lämpölaajenemisen tulee olla tasaista.

Ylösajo tapahtuu valvomosta käsin, jolloin uuden järjestelmän ohjaus operaattorin päätteeltä varmistetaan. Kaikki pikasulkuun johtavat tilanteet tulee testata. Turbiinin säätö- ja suojajärjestelmän ajonaikaiset testausohjelmat käydään läpi, jolloin voidaan varmistua siitä, että testit voidaan suorittaa ajon aikana turvallisesti. Näitä testejä ovat mm. osaiskutesti, pikasulkublokin ja ylikierrossuojan testaus kanavakohtaisesti. Nämä 2/3-toimintoon perustuvat laitteet voi testata kanava kerrallaan ajon aikana, sillä ehdolla, ettei yksikään kanava ole hälyttänyt.

Kun turbiini on nostettu nominaalikierroksille ja testit suoritettu, suoritetaan generaattorin verkkoon tahdistus. Tahdistus tapahtuu automaattisesti, jolloin automatiikka ohjaa turbogeneraattorin pyörimisnopeuden verkon taajuudelle ja kytkee generaattorin verkkoon, kun sen taajuus vastaa verkon taajuutta. Fingrid

joka on Suomen kantaverkkoyhtiö, ja joka vastaa sähkönsiirrosta kantaverkossa on laatinut asiakirjan, joka löytyy Fingridin internetisivuilta (polku: Asiakkaat > Liittyminen > Voimalaitosten järjestelmätekniset vaatimukset > Voimassa olevat vaatimukset (VJV2013). Asiakirja sisältää järjestelmätekniilliset vaatimukset Suomen sähköjärjestelmään liitettäville voimalaitoksille, sekä käyttöönottokeisiin liittyvien mittauksien vaatimukset.

Ylösajossa, kaiken järjestelmätestauksen ohella, tulee tarkkailla turbiinin mekaanista käyttäytymistä. Lämpötilojen, värähtelyiden ja mahdollisten öljy- tai höryvuotojen tarkkailu on osa ylösajoa.

4 SÄÄTÖ- JA SUOJAJÄRJESTELMÄÄN LIITTYVÄT LAITEET

Johdanto

Säätöservot ovat turbiinin säätöjärjestelmän oleelliset laitteet. Servot kuuluvat osaksi turbiinin hydraulikkajärjestelmää. Turbiinin öljyjärjestelmä tuottaa voiteluöljyn laakereille, sekä käyttö-öljyn hydraulisille laitteille. Tässä kappaleessa keskitytään säädön kannalta oleellisten laitteiden ominaisuuksiin ja käyttötarkoituksiin.

Laitteiden toimintaa ohjataan analogiaviestin avulla ja lähes poikkeuksetta laitteet toimivat 4-20mA alueella. Laitteiden tulee noudattaa vähintään turbiinin valmistajan antamia ohjeita ja vaatimuksia. Uusien laitteiden valinnassa turvaututaan valmistajiin, jotka ovat luotettavia, joista on hyvä kokemus ja joiden laitteet täyttävät sovitut turvallisuusluokitukset. Suojausketjuihin valittavien laitteiden tulee täyttää SIL-luokitus. Lopullinen vastuu turvallisuusluokituksen määrittelystä kuuluu tilaajalle. Toimittaja valitsee laitteet, jotka täyttävät asetetut vaatimukset. Mahdollisista poikkeusmenettelyistä tulee neuvotella tilaajan kanssa.

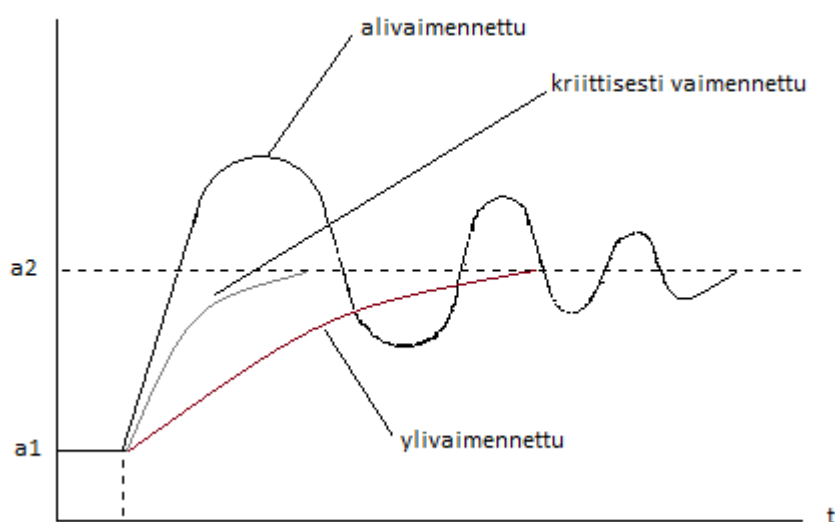
4.1 Laitteet ja niiden toimintaperiaate.

Laitteiden idea säädön osalta on lopulta hyvin samankaltainen, mutta toteutustavoissa on vaihtelua.

Servojen ohjaus

Servotekniikka on koneautomaatioalan yksi osa-alue. Turbiineissa höyryventtiilien ohjaamiseen käytetään takaisinkytkentätietoon perustuvia sähköhydraulisia servojärjestelmiä. Ohjaus perustuu analogiseen mA-signaaliin, joka on helppo muuntaa digitaaliseksi ja takaisin analogiseksi. Servosylinterin ohjaus perustuu servoventtiiliin. Takaisinkytkentätieto saadaan servosylinteriin asennetulta asentomittausanturilta. Sylinterin asentoa mittaava laite kalibroidaan mittaamaan

servosylinterin asentoa välillä 0 - 100% vastaamaan mA-viestä välillä 4 - 20mA. Servoventtiilejä on erilaisia eri valmistajilta, mutta niiden idea on sama. Servon toiminnan säätäminen on vaativa toimenpide, jossa on tärkeä saada servo käyttäytymään vaaditulla tavalla. Servon käyttäytyminen riippuu sitä ohjaavasta venttiilistä. Ohjausventtiilissä on P, PI, tai PID säätömahdollisuus. Parametreja muuttamalla tulee saada servon toiminta mahdollisimman tarkaksi. Servosylinterin tulee olla nopea ja tarkka, siinä ei saa esiintyä huojuntaa ja servon tulee asettua ohjaussignaalin antamaan asentoon ilman arvon ylitystä.

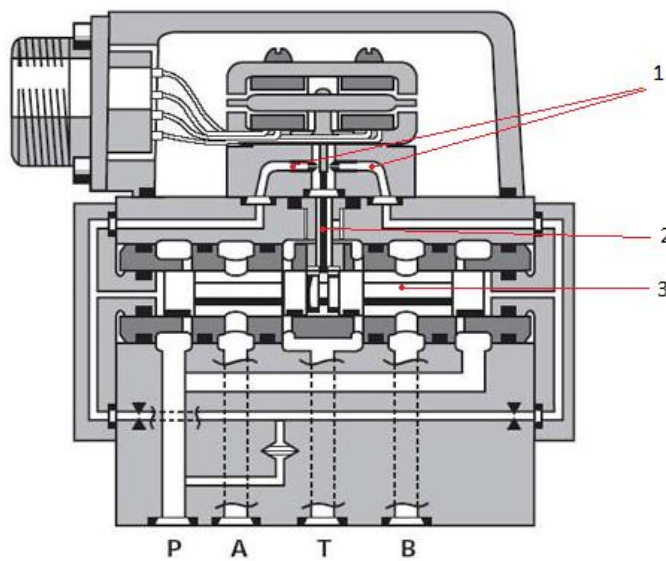


Kuva 10. Vahvistuksen vaikutus

Servon ohjausviesti muutetaan asennosta a_1 asentoon a_2 (Kuva 10). Mitä suurempi vahvistus, sitä nopeammin säädin reagoi muutokseen. Nopea lähestyminen merkitsee suurta ylitystä ja voimakasta värähtelyä. I- säädöllä pystytään säätämään käyrän käyttäytymistä. I-säätö loiventaa liikettä, eikä ylitystä synny, mutta samalla aika kasvaa. *Järjestelmää jossa esiintyy ylitystä sanotaan alivaimennetuksi. Jos ylitystä ei synny, mutta muutos on hidas on järjestelmä ylivaimennettu. Optimaalinen liike, jossa ylitystä ei synny, ja siihen kuluva aika on ihanteellinen kutsutaan kriittisesti vaimennetuksi järjestelmäksi, ja siihen pyritään (Fonselius 2006, 21.)*

Servoventtiili

Servoventtiilin (Kuva 11) ohjauksessa käytetään usein vääntömoottoria. Ohjausvirta ohjaa vääntömoottoria, joka liikuttaa yhdystangon välityksellä venttiilin luistia. Yhdystangon välityksellä tapahtuva säätö sopii pieniin tilavuusvirtoihin. Suuri tilavuusvirta vaatii kaksiasteisen servoventtiilin, jossa hydraulipaine ohjaa luistia.



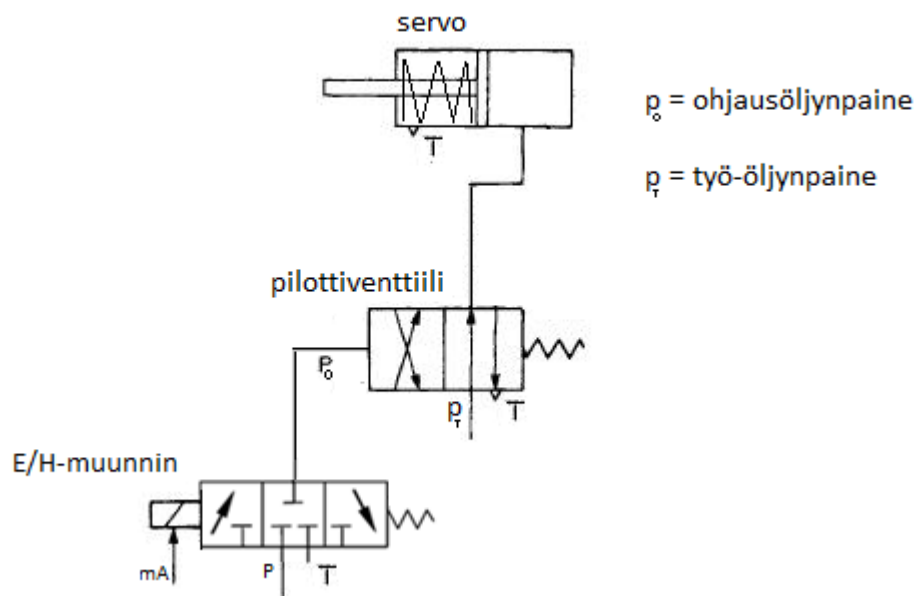
- P = paine**
T = tankki
A ja B = toimilaitteelle menevä linja
1 = ohjausöljy
2 = yhdystanko
3 = luisti

Kuva 11. Kaksiasteinen servoventtiili (Embedded 2014).

E/H-muunnin

Joidenkin servosylinterien ohjaus perustuu pilottiventtiiliin (kuva 12). Pilottiventtiili säättää servon työsylinterin asentoa. Pilottiventtiiliä ohjaavan öljyn paine on paljon pienempi kuin servosylinterin työpaine.

E/H-muuntimen, eli elektro-hydraulisen muuntimen avulla voidaan ohjata 4-20mA virtaviestillä pilottiventtiiliä ohjaavan hydrauliöljyn painetta. Muunnin säädetään ohjaamaan pilottiventtiilin ohjauspainetta lineaarisesti, jolloin alue usein rajataan $4\text{mA} = p_{\text{min}}$ ja $20\text{mA} = p_{\text{max}}$. Tällöin myös servosylinterin asento 0-100% on suhteessa lineaarinen mA viestin kanssa. Muunnin siis mahdollistaa servojen pilottiventtiilin ohjaamisen ja sitä kautta servojen ajamisen D/A-muuntimen avulla järjestelmän kautta. E/H-muunnin ohjaa painetta, ei virtausta.

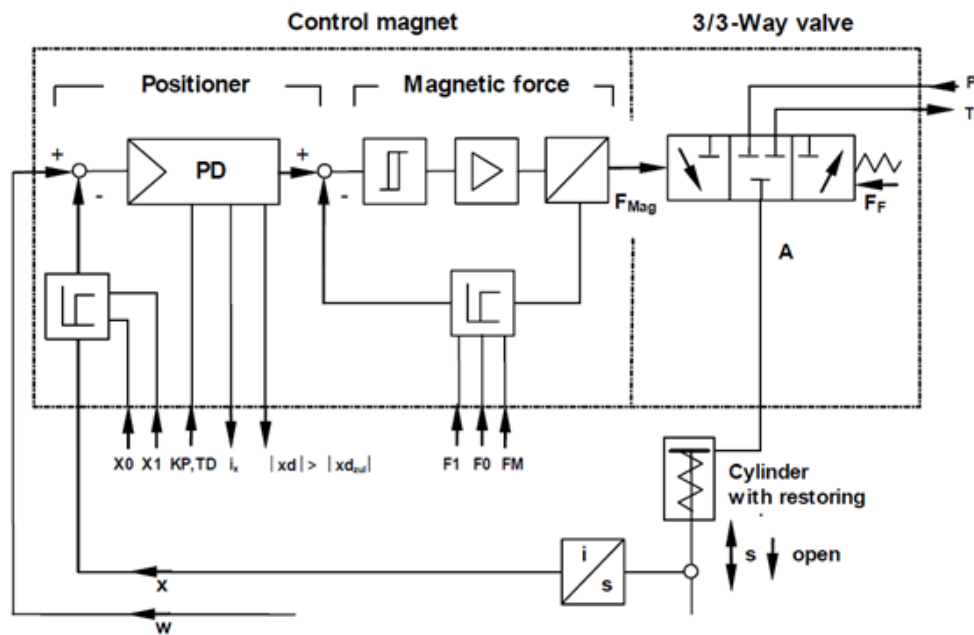


Kuva 12. Servonohjaus E/H-muuntimella.

Way valve

Way valve on saksalaisen Voith (Voith Turbo GmbH & Co.) kehittämä ohjausventtiili. Way valven ohjausperiaate on samankaltainen kuin E/H-muuntimen, eli virtaviestin avulla säädetään servon asentoa. Ero kohdan 4.2.1.2 E/H-

muuntimeen on siinä, että Way valve ei ohjaa pilottiventtiiliä vaan suoraan servon työmäntää. Way valven läpi kulkevan öljyn virtaus on suurempi verrattuna pilottiventtiilejä ohjaaviin laitteisiin. Suurempi virtaus mahdollistaa servosylinterin suoran hallinnan eli venttiili ohjaa servoa työsylinterin öljynpainetta muuttamalla.



w = ohjaussignaali

x = takaisinkytkentäsignaali

KP = P - säätö

TD = D - säätö

X0 = ääriasento 4mA

X1 = ääriasento 20mA

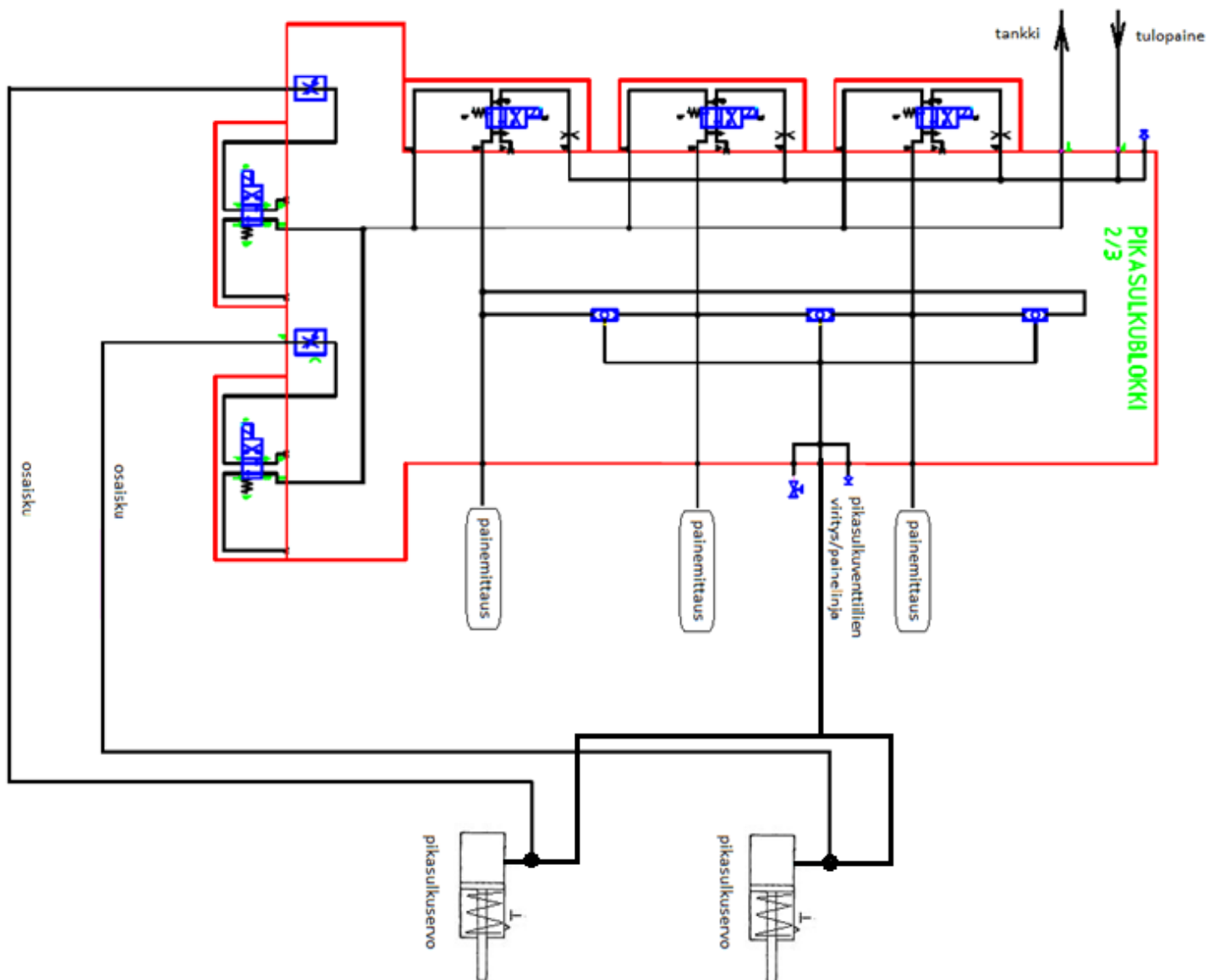
F1, F0 ja FM = ohjausmännän (control piston) ääriasennot ja keskipiste (ei säädettävissä)

Kuva 13. Way valven signaalirakenne (Voith, Way valve WSR-E60126-S, versio 1.3, 10).

Pikasulkublokki, ja sen toimintaperiaate.

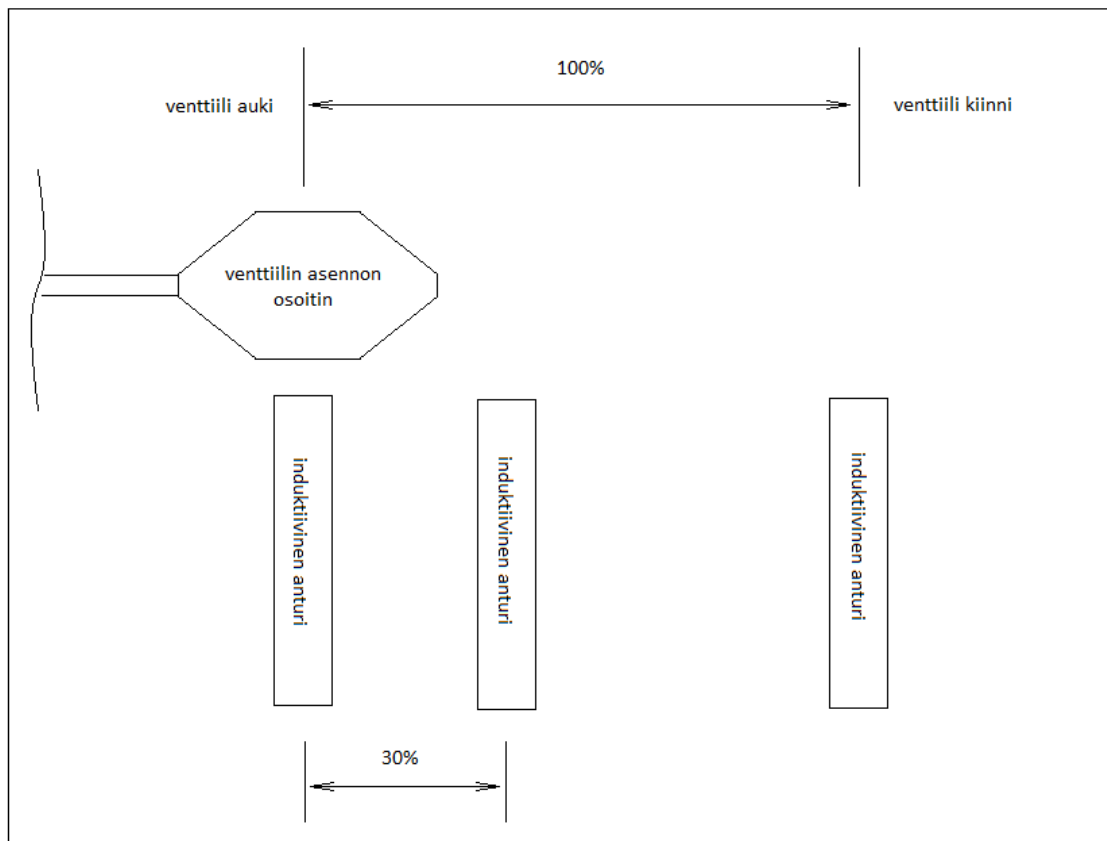
Pikasulkuventtiilien asentoa ohjaava pikasulkublokki on turbiinin suojajärjestelmän tärkein laite. Pikasulkublokki yhdessä turvalogiikkajärjestelmän kanssa korvaa vanhan mekaanisen suojajärjestelmän, joka koostu useasta eri laitteesta. Esimerkkinä Suomenojan SO1 Lang höyryturbiini alkuperäinen suojajärjestelmä koostui mm. seuraavista laitteista: käynnistyslaite, vastapainevahti koestuslaitteineen, väliottopainevahti koestuslaitteineen, vastapainevahdin ko-

stusmagneettiventtiili, väliottopainevahdin koestusmagneettiventtiili, häätäsuojaussysteemi erotusventtiileinen, ylikierrospulttien koestusreleet ja mekaaninen ylikierrossuoja. Pikasulkublokki siis virittää ja laukaisee pikasulkuventtiilit, ja sitä ohjaa turbiinin suojaohjelmointi. Idealtaan pikasulkuventtiili on kolmesta magneettiventtiilistä koostuva kokonaisuus, joka toimii 2/3-äänestysperiaatteella. Tämä tarkoittaa sitä, että kun suojaohjelmointi laukaisee yhden kolmesta venttiilistä, kone ei vielä mene pikasulkuun, vaan ohjelmointi antaa hälytyksen valvomoon. Kun vähintään toinen venttiili laukeaa ja tällöin kaksi kolmesta on lauennut, aukaisee pikasulkublokki pikasulkuventtiilit virittävän servon painelinjan tankkiin, servon jousipalautteisen männän jousikuorma voittaa viritysohjelmointin paineen ja venttiilit sulkeutuvat.



Kuva 14. Pikasulkublokki (Tomi Viirelä, 2013).

Osaiskutestin tarkoitus on mahdollistaa pikasulkuventtiilien toiminnan testaus turbiinin ollessa käynnissä. Näin voidaan varmistua siitä etteivät pikasulkuventtiilit ole jumiutuneet ollessaan pitkään yhtäjaksoisesti samassa asennossa. Osaiskutestissä servon painelinjaan aiheutetaan paineen lasku avaamalla painelinjaan yhteydessä olevan osaiskulinjan magneettiventtiili, joka ohjaa öljyn tankkilinjaan. Paineen laskun ansiosta venttiili sulkeutuu noin 30 %. Pikasulkuventtiilin asentoa tarkkailee kolme induktiivista anturia. Antureilta saadaan kiinni- auki- ja osaiskutieto (kuva nro x).



Kuva 15. Osaiskutesti

Venttiili sulkeutuu kunnes keskimmäinen anturi tunnistaa asennonosoittimen, anturi antaa viestin järjestelmään mikä palauttaa venttiilin auki asentoon.

Ylikierrossuoja

Turbiinin kierroslukua tarkkaileva laitteisto on isossa roolissa turbiinin turvallista ajosta puhuttaessa. Kierrosluvun mittaamiseen on markkinoilla olemassa juuri siihen tarkoitukseen tehtyjä laitteita. Turbiinin pyörimisnopeutta mittaa kolme anturia, joista jokaisella on oma kortti. Myös ylikierrossuoja perustuu 2/3-äänestysperiaatteeseen, jossa kolmesta kierrosnopeutta mittaavasta laitteesta kahden tulee mitata ylikierroksille joutumisesta ennen kuin suojajärjestelmä toimii.

Öljyjärjestelmä

Öljyjärjestelmään liittyvät laitteet ja komponentit ovat: pumpput, joita ovat pääöljypumppu, apuöljypumppu, hätäöljypumppu, sekä nostoöljypumppu, suodattimet, öljysäiliö sekä putkisto. Pumppujen tuottamat paineet sekä tilavuusvirrat ovat valmistajan asettamia. Uusien laitteiden liittäminen vanhaan järjestelmään vaatii uuden suodattimen asentamista vanhan järjestelmän, ja uusien laitteiden väliin. Suodattimen ominaisuudet määräytyy uusien laitteiden valmistajien antamien kriteerien mukaisesti. Vanha järjestelmä olisi hyvä putsata pesemällä säiliö, ja huuhtelemalla putkisto. Öljyn voi vaihtaa tai putsata epäpuhtauksista suodattamalla se. Myös veden erottaminen öljystä separaattorin avulla on oleellista. Jos vanha öljyjärjestelmä ei sovellu uusien laitteiden vaatimuksiin, esimerkiksi öljyn paineen riittämättömyys, tulee vanhan järjestelmän rinnalle rakentaa uusi.

4.2 Turvallisuus

Turvallisuuteen liittyvien osa-alueiden käsittäminen on ehdottoman tärkeää.

Fail safe- logiikka

Fail safe- logiikka perustuu toteutustapaan, jossa otetaan huomioon ohjattavien laitteiden käyttäytyminen vikatilanteessa. Oleellista turvajärjestelmässä on sen nopeus. Logiikan suunnittelu vaatii ohjattavan kokonaisuuden (turbiinin) ja kaiken siihen liittyvän kriittisen toiminnon tuntemisen. On ehdottoman tärkeä pystyä ennakoimaan prosessin tapahtumat, kun esimerkiksi toimilaitteelta katoaa ohjaustieto. Mitä tämä venttiili tekee? Jääkö se auki vai meneekö se kiinni? Turbiinin ohjauksessa fail safe- logiikan täytyy ulottua myös muihin voimalaitoksen osiin kuten esimerkiksi kattilan ohjaukseen. Jonkin laitteen vikaantuminen ei välttämättä aiheuta turbiinin alasajoa vaan hälytyksen. Puhuttaessa voimalaitoksesta, jonka tehtävä on lämmön ja sähkön tuotanto, on turbiinin käyttöaste oltava korkea. On pystyttävä rajaamaan alasajoon johtavat tilanteet tarkasti, jotta turhia tuotantomenetyksiä ei koituisi. Laitteen, jos se ei ole turvallisuuden

kannalta kriittinen, vikaantumisen pyritään korjaamaan normaalin tai rajoitetun ajon aikana. Rajoitetulla ajolla tarkoitetaan tilannetta, jossa kone ei käy maksimitehoilla, mutta on kuitenkin tuotannossa. Toimivan kokonaisuuden rakentaminen on haasteellinen tehtävä, jonka toteuttaminen vaatii alan asiantuntijoita.

SIL-luokitus

SIL-luokitus eli safety integrity level eli turvallisuuden eheystaso on laitteelta vaadittava turvallisuusluokitus. SIL-luokiteltu laite kertoo sen luotettavuudesta, ja turvallisuudesta. Kun kaikki laitteet täyttävät SIL-luokituksen, voidaan puhua luotettavasta suojausketjusta.

"Yleisiä ohjausjärjestelmän turvallisuusluokittelun etuja ovat mm. seuraavat asiat:

- ohjausjärjestelmien vertailu helpottuu (mm. ostajan kannalta),*
- voidaan tilata tiettyyn luokkaan sopivia osia,*
- ohjausjärjestelmän kokonaisuuden riskin arviointi nopeutuu, kun käytetään valmiiksi luokiteltuja osia ja*
- luokittelun menetelmät ovat määriteltyjä, joten tulosten pitäisi olla vertailukelpoisia."*

(VTT 2010, 3).

5 DOKUMENTOINTI

Dokumentoinnilla pyritään tuottamaan kattava selvitys kaikesta tehdystä työstä. Laadukas raportointi projektiluontoisessa työssä on ehdottoman tärkeää. Asiakas haluaa tietää mitä on tehty, milloin ja miksi. Asiakas on se, joka lopulta on tekemisissä lopputuloksen kanssa. Laadukas raportointi auttaa asiakasta ymmärtämään tehtyjen muutoksien vaikutuksen prosessiin, sekä se toimii tulevaisuudessa apuna järjestelmään tehtävien huoltotöiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Kun mekaaninen työ saadaan valmiiksi, tehdään loppuraportti, josta käy selväksi muun muassa tehdyt huoltotyöt, uusien laitteiden toiminta, laitteiden koestustyöt, testien tulokset, uusittu PI-kaavio, signaalilista ja työmaapäiväkirja. Raportoinnin tekeminen on sopimusteknillinen asia ja sen valmistumiselle asetetaan takaraja. Raportti toimii myös yrityksen mainoksena, jolloin sen ulkoasuun, ja sisältöön tulee kiinnittää huomiota.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli luoda tutkielma, joka on tarkoitettu antamaan tietoa turbiinin säätö- ja suojajärjestelmän sisällöstä, rakenteesta, sekä modernisoinnista. Työn tarkoitus oli antaa kattava yleiskuvaus aiheesta mutta ei antaa yksityiskohtaisia ohjeita. Koska jokainen järjestelmä on jollain tavalla uniikki, on yleispätevän ohjeen luominen käytännössä mahdotonta. Työ antaa tiedon ja työkalut siihen, mitä turbiinin säätöjärjestelmän modernisointi mahdollisesti pitää sisällään ja mitä sitä suunniteltaessa sekä toteutusvaiheessa tulee ottaa huomioon.

Työ on tarkoitettu kaikille höyryturbiinin automaation, valvonnan tai säädön kanssa työskenteleville tai siitä kiinnostuneille.

Yritykselle koitua hyötyarvo ei ole materiaalista, tai suoraan taloudellista, vaan työn hyötyarvon on tuotannollinen. Sisältö avaa automaatioyksikön keskeisen toiminnan helposti lähestyttävään muotoon. Kaikki kokemusperäinen tieto on koottu tässä yhteen, jolloin uusien, ja miksi ei myös vanhojen työntekijöiden, on helppo saada kattava kokonais käsitys käsiteltävästä aiheesta. Sisältö auttaa myös yrityksen asiakkaita sisäistämään turbiineidensa säätöjärjestelmien nykyinen tila, ja huomioimaan mahdollisen modernisoinnin tarpeen.

Ajatus tämän opinnäytetyön aiheesta sai alkunsa siitä, kun huomasin osan aiheeseen liittyvästä tiedosta löytyvän vai alan asiantuntijoilta itseltään. Vuosien varrella kehittyneet toimintamekanismit oli työn kautta opittua tietoa. Koin että tämä tieto tulisi purkaa paperille, jolloin se olisi helppo jakaa muille. Selvitin turbiinin säätö- ja suojajärjestelmien toimintaperiaatteen itselleni, ja haastattelin asiantuntijoita täydentääkseni tietoa.

Opinnäytetyön sisällön on tarkastanut Fortum Turbineksen palvelupäällikkö ja Automaatio-osaston tuotepäällikkö Jouko Varakas.

LÄHTEET

Servoventtiili, Moog. Viitattu 10.12.2013 <http://www.embedded.com/design/configurable-systems/4006688/Using-simulation-software-to-simplify-DSP-based-Electro-Hydraulic-Servo-Actuator-Designs-Part-1>

Fonselius, J. ; Rinkinen, J & Vilenius, M. 2006. Servotekniikka. 2.painos. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy.

VTT, Tutkimusraportti, Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä, VTT-R-04369-10, Instruction manual, Way valve WSR-E60126-S, version 1.3.

Jouko Varakas, Fortum Turbines, tapaamisien yhteydessä: 20.12.2013 ja 24.1.2014

Tomi Viirelä, Fortum Turbines, sähköpostikeskustelu: 5.12.2013 ja 18.12.2013