

Poltinohjausten modernisoinnin esiselvitys

Mika Parvinen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Savonia
ammattikorkeakoulu

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Mika Parvinen			
Työn nimi Poltinohjausten modernisoinnin esiselvitys			
Päiväys	31.3.2011	Sivumäärä/Liitteet	62+3
Ohjaaja(t) Lehtori Asko Tikanoja			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon Sellu Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän insinöörityön aiheena oli poltinohjausten modernisoinnin esiselvitys. Työ tehtiin Savon Sellu Oy:lle, ja sen tarkoituksena on tarjota tarvittavat esiselvitykset vuonna 2012 suoritettavaan öljy- ja turvepolttimien logiikoiden vaihtoon. Työ tehtiin tutkimalla kattilalaitoksiin liittyvää materiaalia ja keskustelemalla käyttökäytännön kanssa tulevista muutoksista.</p> <p>Työssä selvitetään projektin lähtökohtia, tavoitteita, turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä (TLJ) sekä projektiin vaikuttavia standardeja, suosituksia ja määräyksiä. Öljy- ja turvepolttimille myös laadittiin toimintaselostukset sekvenssiohjausten perusteella.</p> <p>Tulokseksi työssä saatiin logiikoiden vaihtoon tarvittavat selvitykset, polttimien toimintaselostukset ja yleistä tietoa turvallisuuteen liittyvistä järjestelmistä.</p>			
Avainsanat poltin, turva, standardi, modernisointi, logiikka			
Luottamuksellisuus julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Mika Parvinen			
Title of Thesis Preliminary Report on Burner Control Modernisation			
Date	31 March 2011	Pages/Appendices	62+3
Supervisor(s) Mr Asko Tikanoja, MSc.			
Project/Partners Savon Sellu Oy			
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was a preliminary report on burner control modernisation. The thesis was done for Savon Sellu Oy and its purpose was to provide the necessary preliminary information for the oil burner and peat burner logic changeover project to be carried out in 2012. The thesis was done by examining the boiler plants related material and by discussing the upcoming changes with the staff.</p> <p>First, goals, safety-related systems and project-related standards, recommendations and regulations were studied. Then oil burner and peat burner operating descriptions were made on the basis of the sequence controls of the logic.</p> <p>As a result of this thesis Savon Sellu Oy got the necessary information for the logic changeover, the operating descriptions of the burners and general information on safety-related systems.</p>			
Keywords burner, safety, standard, modernisation, logic			
Confidentiality public			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Savon Sellu Oy:n toimeksiannosta Kuopiossa keväällä 2011. Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa sähköinsinööri Pertti Rytköstä kiinnostavasta aiheesta.

Kiitän myös Savon Sellu Oy:n sähköosaston henkilökuntaa, erityisesti sähköasentaja Markku Heikkistä käytännön työn opastamisesta. Tehtaan ystävällinen ilmapiiri sai lopputyön tekemisen tuntumaan erittäin mukavalta.

Kiitän perhettäni ja ystäviäni kannustuksesta sekä tuesta opintojeni aikana. Neuvonne ovat olleet kultaakin kalliimpia. Erityiskiitokset tahtoisin antaa avovaimolleni Jenni Vaihojalle.

Kuopiossa 31.3.2011

Mika Parvinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	LÄHTOTILANNE	9
2.1	Projektin laajuus	9
2.2	BBC Sigmatronic	10
2.3	Yksikkösäätimet.....	11
2.4	Siemens S5 -logiikka	11
2.5	Valvomon käyttöpaneeli.....	12
2.6	Tämänhetkisen tilanteen haitat	13
2.7	Vaihdosta saatava hyöty.....	13
3	PROJEKTIN AUTOMAATIO.....	15
3.1	Ohjelmoitava logiikka.....	15
3.1.1	Rakenne.....	16
3.1.2	Tulot ja lähdöt.....	16
3.1.3	Ohjelmointi	17
3.1.4	Käyttöliittymä	17
3.2	Siemens Step 7 Simatic Manager.....	18
3.3	WinCC.....	18
3.4	Simatic Managerin ja WinCC:n liittyminen	19
3.5	Siemensin tuotteisiin päätyminen	20
3.6	Sekvenssiohjauksista	20
3.7	Valvomo-PC ja tarvittavat näyttökuvakkeet.....	21
3.7.1	Öljypolttimille tarvittavat kuvakkeet.....	22
3.7.2	Turvepolttimille tarvittavat kuvakkeet	23
3.8	Logiikoiden vaihto-operaation toteutus	23
3.8.1	S5-logiikan tietojen kääntäminen S7-logiikkaan.....	23
3.8.2	Testaukset.....	24
3.9	Muita toteutettavia asioita	25
4	VOIMALAITOS JA POLTTIMET	26
4.1	Yleistä Savon Sellun voimalaitoksesta.....	26
4.2	Öljypoltin.....	26
4.2.1	Öljypolttimen käynnistyssekvenssin toimintakuvaus	28
4.2.2	Öljypolttimen pysäytyssekvenssin toimintakuvaus.....	29
4.3	Turvepoltin.....	30
4.3.1	Turvepolttimen käynnistyssekvenssin toimintakuvaus	31
4.3.2	Turvepolttimen pysäytyssekvenssin toimintakuvaus.....	32
4.4	Liekinvartija	32

4.5 Turpeen vastaanotto.....	33
5 TURVALLISUUTEEN LIITTYVÄT JÄRJESTELMÄT	34
5.1 Yleistä TLJ:stä ja turva-automaatiosta	34
5.2 TLJ:n logiikkaosa.....	35
5.2.1 Turvalogiikka	36
5.2.2 Logiikkaosan I/O-liittynät	37
5.2.3 Logiikkaosan sijoitus	37
5.2.4 Redundanttisuus	38
5.3 Liittynät järjestelmiin	39
5.3.1 Käyttöliittymä.....	39
5.3.2 Sähkönsyöttö	40
5.3.3 Apunenergian valvonta.....	40
5.4 Turvaväylä.....	41
5.5 Ohjausjärjestelmien turvallisuus	42
5.6 Sekvenssiautomaatiikan turvavaatimukset	42
5.7 Logiikoiden vaihto-operaation toteutus TLJ:n kannalta	43
5.8 Turvallisuuteen liittyvä dokumentointi	44
5.9 Turvallisuuteen liittyvän automaation tarkastuslista	44
5.10 Turva-automaatiojärjestelmän toteutuksen osapuolet.....	47
5.10.1 Toiminnanharjoittaja	47
5.10.2 Toimittaja ja valmistaja	48
5.10.3 Viranomainen	49
5.10.4 Tarkastuslaitos	49
5.10.5 Arvioija	50
6 PROJEKTIIN LIITTYVÄT STANDARDIT, MÄÄRÄYKSET JA SUOSITUKSET	51
6.1 KLTK-suositukset	51
6.1.1 Öljynpoltto	52
6.1.2 Turpeen käsittely ja turvepölyn poltto	52
6.1.3 Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvä automaatio	52
6.2 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelun standardit	53
6.3 Standardien käyttö.....	55
7 YHTEENVETO.....	57
LÄHTEET	58
LIITTEET	
Liite 1: Turpeen vastaanottoon ja polttoon määritetyt näytön oletuskuvakkeet	60
Liite 2: Öljyn polttoon määritetyt näytön oletuskuvakkeet	62

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö on tehty Savon Sellu Oy:lle. Se on Kuopion Sorsasalossa toimiva yritys, joka valmistaa fluting -kartonkia eli aallotuskartonkia. Savon Sellun emoyhtiö on Powerflute Oy. Tehtaalla on yksi kartonkikone ja oma voimalaitos, jonne tämän työn aihe liittyy.

Savon Sellun voimalaitoksen turve- ja öljypolttimien lankalogiikka BBC Sigmatronic on vanhaa ja sen myötä epävarmaa transistoritekniikkaa. 30 vuotta vanhaan lankalogiikkaan on vaikeampi saada varaosia ja vikatilanteiden paikallistaminen on hankalaa tuhansia osia sisältävässä logiikkakaapissa.

Sigmatronic on tarkoitus vaihtaa ohjelmoitavaan logiikkaan, Siemensin S7:ään. Tämä mahdollistaa polttimien ohjaukset ja tietojen saamisen järjestelmän kautta valvomossa olevalta PC:ltä. Reaaliaikainen tieto erilaisista mittauksista, ohjauksista ja hälytyksistä saadaan suoraan näytölle WinCC-järjestelmään, joka on suoraan yhteydessä S7:ään. Myös järjestelmän muokattavuus ja vikojen paikallistaminen helpottuu huomattavasti. Ohjelmoitavan logiikan myötä voidaan järjestelmään lisätä osia, joita lankalogiikkaan ei voitu yhdistää. Tietty paikallisohjaukset on jätettävä turvallisuustekijöiden takia.

Turpeen vastaanotossa on käytössä Siemensin S5-logiikka, joka on myös tarkoitus vaihtaa Siemensin S7:ään, sillä S5-logiikan tuotetuki on loppumassa.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää, mitä tekijöitä vaaditaan näiden logiikoiden vaihtoon, kertoa turvallisuuteen liittyvistä järjestelmistä (TLJ) ja perehtyä hiukan logiikoihin sekä WinCC:hen yleisesti. Työssä selvitetään myös standardit, määräykset ja suositukset, joita on noudatettava modernisointia tehtäessä.

Työhön kuuluu paljon yhteistyötä eri tahojen kanssa, materiaalin etsimistä ja laatimista sekä erilaisten selvitysten tekemistä voimalaitoksen käyttömiesten ja asentajien kanssa.

2 LÄHTÖTILANNE

Lähtötilanteessa voimalaitoksen öljy- ja turvepolttimien ohjaukset hoidetaan BBC Sigmatronic -lankalogiikalla ja yksikkösäätimillä. Turpeen vastaanotto hoidetaan Siemensin vanhalla S5-sarjan logiikalla.

2.1 Projektin laajuus

Tämä projekti käsittää Savon Sellun voimalaitoksen öljy- ja turvepolttimien sekä turpeen vastaanoton logiikoiden modernisoinnin. Öljypolttimia on kolme kappaletta ja turvepolttimia kaksi kappaletta. Modernisointi aiotaan tehdä vuonna 2012 kahdessa osassa seisokkien aikana. Turvepolttimien ja turpeen vastaanoton sekä öljypolttimien modernisoinnit tehdään siis eri ajankohtina. Ennen varsinaista logiikoiden vaihtoa voidaan tehdä etukäteen valmiiksi kaapeloinnit, sijoittaa sähkökaapit paikoilleen, suunnitella logiikat näyttökuvakkeineen ja piirtää sähkökuvat.

Öljy- ja turvepolttimissa on käytössä 80-luvulla tehty BBC Sigmatronicin transistoripohjainen logiikka, johon ei enää saa varaosia sen iän takia. Tämä vanha lankalogiikka vie paljon tilaa, koska jokainen looginen muuttuja on erillinen moduuli. Myös Sigmatronicin kondensaattoreiden kesto on arvoitus. Niiden iän on arvioitu käyvän vähiin tällä hetkellä.

Turpeen vastaanotossa on käytössä Siemensin S5-logiikka, joka edustaa S7-logiikan edellistä sukupolvea. S5-sarjan tuotetuki on loppumassa hyvin pian, joten logiikan vaihto on ajankohtainen.

Polttimilla ja turpeen vastaanotolla on valvomon käyttöpaneelissa käytössä monia yksikkösäätimisiä, jotka aiotaan liittää järjestelmään ja logiikkaan liittyväksi.

Molempien poltintyyppien logiikka sekä turpeen vastaanoton logiikka aiotaan vaihtaa Siemensin S7 -ohjelmitavaan logiikkaan, johon voidaan normaaleiden tulo- ja lähtökorttien lisäksi laittaa turvakortit samaan CPU:hun. S7 on yleinen ja luotettavana pidetty logiikka, jota käytetään paljon teollisuuden käyttötarkoituksiin.

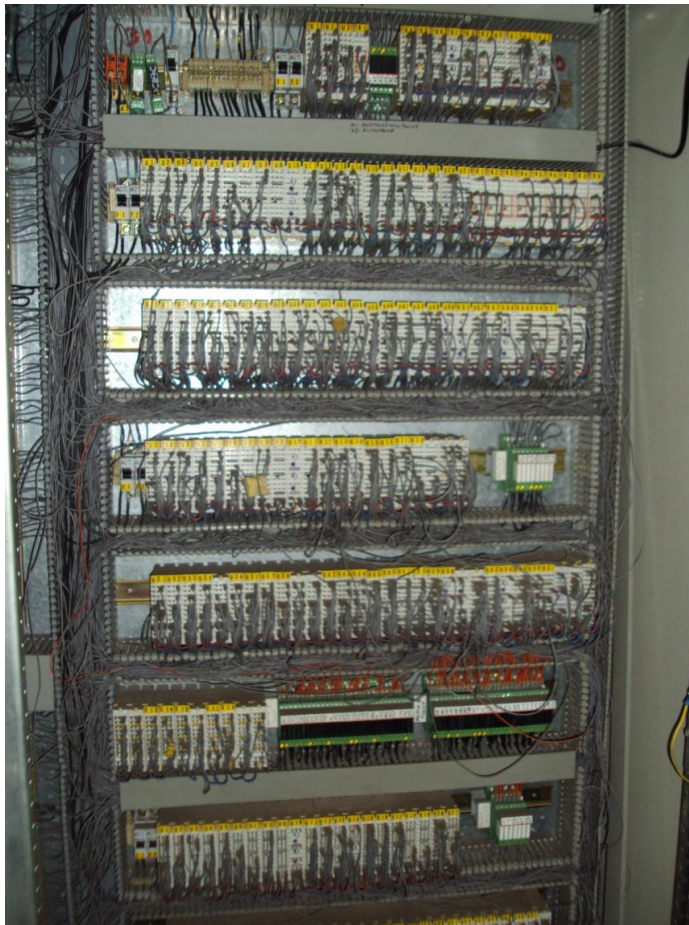
Liitteissä 1 ja 2 on esitetty taulukot voimalaitoksen instrumentoinnista. Taulukoihin on merkitty turpeen vastaanottoon, turpeen polttoon ja öljyn polttoon haluttuja tulevien näyttöjen pääkuvakkeita.

2.2 BBC Sigmatronic

BBC:n (nykyisin ABB) Sigmatronic on teollisuuden laitteiden ohjauksia varten tehty automaatiojärjestelmä. Järjestelmän osat on kaikki erikseen johdotettu, joten usein puhutaan myös lankalogiikasta.

Sigmatronic koostuu erillisistä Sigmatronic-moduuleista, joiden yhdistelmät voivat toimia ohjelmoitavana logiikkana, varastointijärjestelminä tai lukituksina. Input- ja output-yksiköt ovat usein sähkömagneettista tyyppiä, kuten esimerkiksi kytkimiä tai releitä. Sigmatronicin yksiköt on mekaanisesti ja sähköisesti suunniteltu niin, että niiden yhdistäminen sähkömagneettisiin osiin onnistuu ongelmitta. Järjestelmän käyttöjännite on 24 V ja sille sallitaan $\pm 30\%$ heittely.

Sigmatronic toimii siten, että ON-tila esitetään positiivisella jännitteellä ja OFF-tila nollajännitteellä. Järjestelmään voidaan myös liittää yksiköitä, joiden avulla korjataan jännitteestä aiheutuvia häiriöitä. Kuvassa 1 on esitetty Sigmatronicin logiikkakaappi Savon Sellun sähkötilasta.



KUVA 1. BBC Sigmatronic

2.3 Yksikkösäätimet

Savon Sellulla on voimalaitoksen valvomossa sijaitsevilla käyttöpaneelissa käytössä monta yksikkösäädintä, jotka on myös tarkoitus vaihtaa järjestelmään liittyväksi kussakin polttimessa ja turpeen vastaanotossa. Tällä hetkellä niillä ohjataan mm. erilaisia paineita ja lämpötiloja.

Yksikkösäätimellä tarkoitetaan itsenäisesti toimivaa säädintä, jonka säätötoimenkuva on suhteellisen kapea. Yhdellä säätimellä voidaan tehdä monia erillisiä säätöpiirejä ja säätöpiirissä voidaan käyttää useita säätötapoja. Yksikkösäätimet koostuvat ohjelmistosta, prosessorista ja akkuvarmennetusta muistista¹.

Säätimen konfigurointi tehdään joko sen omalla näppäimistöllä tai tietokoneella. Monipuolisimmat säätimet ovat vapaasti ohjelmoitavia laitteistokokonaisuuksia, joihin valmistajan laatimien erilaisten ohjelmalohkojen avulla määritellään sovellukseen tilaajan haluamat toiminnot. Erilaisten säätöön liittyvien ja matemaattisten lohkojen lisäksi käytettävissä on myös joitakin ohjelmoitavien logiikoiden toimintoja. Joitakin säätimiä käyttäjä voi itse ohjelmoida lisäämällä erilaisia toimintoja¹.

2.4 Siemens S5 -logiikka

Turpeen vastaanotossa on käytössä Siemensin S5-sarjan logiikka, jonka tuotetuki on loppumassa. S5 on nykyisestä S7-mallin logiikasta edellinen versio, joten ne ovat hyvin samantyyppisiä. Ohjelmoitavasta logiikasta on kerrottu enemmän luvussa 3.1. Turpeen vastaanotossa käytössä oleva S5-logiikka on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Siemens S5 -logiikka

¹ (Hietanen 2009)

2.5 Valvomon käyttöpaneeli

Valvomon tämänhetkiset käyttöpaneelit ovat yksi suuri seinällä oleva kokonaisuus, jossa ovat logiikkaan kytkettynä olevat osat ja yksikkösäätimet. Kuva turvepolttimien käyttöpaneelista on esitetty kuvassa 3. Tämänkaltaiset käyttöpaneelit jäävät tulevassa logiikoiden vaihdossa pois ja tilalle tulee tietokoneelta ohjattava järjestelmä.



KUVA 3. Turvepolttimien käyttöpaneeli

2.6 Tämänhetkisen tilanteen haitat

Turve- ja öljypolttimien lankalogiikka on vanhaa ja sitä myöten epävarmaa transistoritekniikkaa. 30 vuotta vanhaan lankalogiikkaan on ikänsä takia vaikea saada varaosia ja vikatilanteiden paikallistaminen on hankalaa tuhansia osia sisältävässä logiikkakaapissa. Tuotetuki tälle automaatiojärjestelmälle on toisin sanoen loppunut. Myös järjestelmässä olevien kondensaattoreiden iän ja kunnon arvioidaan olevan lähiaikoina lopussa. Pelkästään vaihdettavia kondensaattoreja olisi noin 5000 kpl, ja näiden vaihto tulisi tehdä käsin tinaamalla. Edellä mainittujen haittojen lisäksi on myös huomattava, että uudella automaatiolla saadaan lisää tarkkuutta ja varmuutta prosessin hallintaan yhteensopivuusongelmien jäädessä historiaan.

Turpeen vastaanotossa on käytössä Siemensin S5-logiikka, joka edustaa edellistä sukupolvea Siemensin S7-logiikasta. S5-sarjan tuotetuki on loppumassa pikaisesti, joten vaihto on erittäin ajankohtainen. S7-sarjan logiikkaan on tehty useita toiminnallisia parannuksia, jotka helpottavat ja yksinkertaistavat automaatiojärjestelmien tekemistä. Tekniikan jatkuva kehittyminen aiheuttaa sen, että on kallista ja hankalaa kehittää S5-tuoteperheen osia, jotka pystyisivät vastaamaan nykytekniikkaa. Siksi S5-tuoteperheen komponentit ovat huomattavasti S7:ää arvokkaampia.

Edellä mainittuja komponentteja ohjataan seinälle sijoitetulla käyttöpaneelilla, joten ohjausten ja yksikkösäätimien siirto PC-systeemiin helpottaa ja monipuolistaa järjestelmää todella merkittävästi. Edestakaisin juokseminen säätimien ja mittareiden välillä jää kokonaan pois ja ohjelmiston muokattavuus helpottuu.

Kokonaisuuden kannalta nykyisten järjestelmien vanhenemisessa on monta huomioitavaa seikkaa, joista tärkeimmät ovat toimintavarmuus ja laatu, huoltovarmuus ja varaosien saaminen, yhteensopivuus uudempiin järjestelmiin, asentajien kannalta kiinnostavuus ja osaaminen sekä turvavaatimusten kehittyminen.

2.7 Vaihdesta saatava hyöty

Logiikoiden vaihtuessa uudempiin saadaan prosessin hallinnasta entistä selkeämpi ja tarkempi. Valvonnasta ja käytöstä huolehtivan henkilön tehokkuus paranee ja kokonaisuuden kannalta saadaan laaja, helposti hoidettava ja turvallinen järjestelmä.

Seuraavassa listassa on esitetty modernisoinnin hyötyjä, jotka parantavat myös turvallisuutta merkittävästi ¹⁹:

- ohjausjärjestelmän parempi toiminnallinen turvallisuus
- vikojen parempi hallinta
- häiriöiden väheneminen
- vaarakohtien turvalaitteiden paraneminen
- tarvittaessa vaarakohtien eristäminen
- odottamattomien- ja vahinkokäynnistysten parempi hallinta
- pysäytyksen, hätäpysäytyksen ja sähköön katkeamisen hallinnan paraneminen
- hallintalaitteiden parempi sijoittelu
- manuaalisten eli vaarallisten työvaiheiden automatisointi tarvittaessa
- kunnossapidon turvallisuuden paraneminen
- kulkureittien tarkoituksenmukaisuus.

¹⁹ (Malm, Venho-Ahonen & Vanhala 2010)

3 PROJEKTIN AUTOMAATIO

Turpeen vastaanoton, polttimien ja yksikkösäätimien ohjaukset aiotaan vaihtaa Siemensin S7-ohjelmoitavaan logiikkaan. Logiikan turvaosa voidaan yhdistää samaan CPU:hun kuin muutkin tavallisen käyttöautomaation osat Siemensin tuotteiden sen mahdollistaessa. Tämä pienentää kuluja ja mahdollistaa käyttö- sekä turva-automaation käytön samalla työkalulla.

Tässä luvussa käsitellään yleisesti projektiin kuuluvaa automaatiota. Turva-automaatio ja turvallisuuteen liittyvät järjestelmät on esitelty luvussa 5.

3.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka on keskeinen osa ohjelmoitavaa ohjausjärjestelmää. Sen tuloihin (digitaaliset tai analogiset) kytketään järjestelmän tilaa havainnoivat anturit ja lähestymiskytkimet eli ns. järjestelmän tilojen aistit. Lähtöihin (digitaaliset ja analogiset) kytketään erilaisia toimilaitteita, joita ovat esimerkiksi moottorin releet, merkkilamput ja magneettiventtiilit. Logiikan muistiin voidaan kirjoittaa ohjelma, joka valvoo järjestelmän tilaa reaaliaikaisesti. Ohjelmoitavaa logiikkaa voidaan verrata täten myös pieneen tietokoneeseen. Ohjelmoitavasta logiikasta käytetään lyhennettä PLC (Programmable Logic Controller)³.

Yhdellä logiikalla voi helposti korvata satoja tai jopa tuhansia aikaisemmin käytettyjä releistyskytkimiä ja ajastimia, kuten tässäkin projektissa. Ohjelmoitavan logiikan toiminnallisuus on aikaa myöten kasvanut perinteisestä releiden korvaajasta laajoiksi ohjauskeskuksiksi, jotka hallitsevat kehittyneen liikkeen ohjauksen, prosessin säädöt, hajautetut hallintajärjestelmät ja tietokoneverkot⁴.

Ohjelmoitavalla logiikalla voidaan toteuttaa sekä kriteeriohjausta että askeltavaa ohjausta. Kriteeriohjauksella tarkoitetaan tavanomaista ohjausta, jossa työvaiheet eivät seuraa toistuvasti toisiaan vaan toimilaitteita ohjataan pelkästään antureilta saadun informaation perusteella. Askeltava ohjaus ottaa huomioon antureilta saamansa tietojen lisäksi sen, että ollaan menossa oikeassa askeleessa. Askeltava ohjaus koostuu toisiaan seuraavista askeleista ja siirtoehdoista⁵.

³ (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007)

⁴ (Wikipedia 2011)

⁵ (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, Välimaa 1999)

3.1.1 Rakenne

Logiikat jaetaan yleensä pieniin kompakteihin ja modulaarisiin logiikoihin. Pienet kompaktit logiikat ovat edullisia, mutta rajallisesti laajennettavia, noin 10...30 tuloa ja lähtöä käsittäviä laitteita⁵.

Modulaarinen logiikka rakentuu jännitelähderyksiköstä, prosessoriyksiköstä ja sovellukseen vaadittavasta määrästä erilaisia I/O-yksiköitä, jotka asennetaan korttikehikoihin tai takalevyihin⁵.

Logiikat voidaan myös jakaa pieniin, keskisuuriin ja suuriin logiikoihin sen mukaan, miten logiikan prosessorin kapasiteetti pystyy käsittelemään I/O:ta⁵.

Riippumatta siitä, mihin edellä mainituista ryhmistä logiikka kuuluu, se rakentuu aina tietyistä osista. Peruskokoonpanoon kuuluu jännitelähde, keskusyksikkö, tulot, lähdöt ja tietty määrä muistia. Näiden lisäksi logiikkaan voidaan liittää erikoisyksiköitä, kuten logiikan turvaosa tässä työssä⁵.

3.1.2 Tulot ja lähdöt

Diskreetin tuloyksikön neljä tehtävää on välittää on/off tietoa antureilta keskusyksikölle, toteuttaa galvaaninen erotus, sovittaa anturijännitteet logiikan jännitteeseen ja suojata logiikkaa häiriöiltä⁵.

Lähtöyksikön tehtävänä on välittää tietoa toimilaitteille, toteuttaa galvaaninen erotus ja sovittaa jännitteet logiikan ja toimilaitteiden käyttöön sopiviksi. Lähtöyksikön kytkimenä voi toimia joko rele, transistori tai triakki⁵.

Analogisen signaalin vastaanottamiseen tarvitaan analogisia tuloyksiköitä. Analoginen tuloyksikkö suorittaa signaalille analogi-digitaali-muunnoksen. Se muuttaa esimerkiksi 0...10 V signaalin 16 bitin digitaalisanaksi. Vastaavasti analogiasignaalin ohjaamiseen tarvitaan analogialähtöyksikkö eli D/A-muunnin⁵.

⁵ (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, Välimaa 1999)

3.1.3 Ohjelmointi

Logiikan ohjelmoinnin lähtökohtana on usein ohjauskohteen toiminnoista laadittu toimintaselostus tai sanallinen selvitys halutusta toiminnasta. Suunnittelija muokkaa näistä tiedoista logiikkakaaviot, relekaaviot tai toimintadiagrammit, joiden perusteella kirjoitetaan varsinainen ohjelma logiikalle. Ohjelman kirjoittamiseen on tarjolla paljon erilaisia ohjelmointilaitteita, joissa on käytettävissä erilaisia ohjelman esitystapoja. Yleisimmin käytettyjä ohjelmointitapoja ovat logiikkakaavio (Function Block Diagram, FBD), relekaavio (Ladder Diagram, LD), sekvenssiohjausohjelmointi, käskylista (Statement List, SL) ja jokin korkean tason ohjelmointikieli (Structured Text, ST). Ohjelma kirjoitetaan ohjelmointilaitteella ja tallennetaan logiikkayksikön muistiin. Ohjelmointikielissä on käytössä loogiset operaatiot (AND, OR, NOR, NAND jne.), laskurit, ajastimet, siirtorekisterit sekä lukuisia erilaisia erikoistoimintoja⁵.

3.1.4 Käyttöliittymä

Ohjelmoitava logiikka suorittaa ohjelmassa määritellyt tehtävät juuri niin hyvin kuin ohjelman tekijä on osannut ottaa huomioon eri tilanteet ennakolta ohjelmaa laatiessaan. Poikkeavien tilanteiden ratkaisemiseen ja prosessimuutosten tekemiseen tarvitaan käyttöliittymä⁴.

Käyttöliittymä on yleensä operointipaneeli tai PC- ja valvomo-ohjelma, jonka kautta prosessia valvova operaattori saa tietoa senhetkisestä prosessin ajotilanteesta hälytyksinä, kaavioina, positiokohtaisina näyttöinä ja raporteina. Hälytykset ovat ennalta sovittujen rajojen ylittämistä aiheuttavia ilmoituksia operaattorille poikkeavista tilanteista⁴.

Tässä työssä käyttöliittymänä toimii tietokoneen ja WinCC-ohjelman muodostama kokoonpano.

⁵ (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, Välimaa 1999)

⁴ (Wikipedia 2011)

3.2 Siemens Step 7 Simatic Manager

Tätä ohjelmaa käytetään Siemensin ohjelmoitavien logiikoiden konfigurointiin ja se toimii pohjana lukuisissa Siemensin automaatiojärjestelmissä.

Siemensin Step 7 Simatic Manager on SIMATIC-järjestelmille tarkoitettu ohjelmointiympäristö. Ohjelmaa käyttäen voidaan ohjelmoida hankittuja järjestelmän komponentteja toimimaan halutulla tavalla valmiiden ohjelmointikomponenttien ja logiikkakaavioiden mukaisesti.

Kun luodaan Simatic Managerissa projekti, ohjelman perusnäkyssä on listattuna rinnakkain erilaisia ohjelmalohkoja (esimerkiksi OB1,FB1 jne.), joihin on rakennettu järjestelmän erilaisia toimintoja. Perusnäkyä ohjelmoija voi myös luoda aliohjelmia, ohjelmakutsuja, muuttujataulukoita jne. järjestelmän vaatimuksien mukaisesti. Ohjelman vasemmassa reunassa sijaitsevasta pienemmästä valikosta ohjelmoija pääsee käsiksi laitteiston konfigurointiin sekä projektin hallinnoimiseen.

Simatic Managerin yleisessä ohjelmointinäkyssä vasemmalla sijaitsevasta työkalupalkista ohjelmoija voi sijoittaa tarvittavia loogisia muuttujia oikealla sijaitsevaan ohjelmakenttään (esim. OR-piiri, joka määrää lähdön Q3.0 päälle menemisen, kun tulot I3.0 ja I3.1 ovat ON-tilassa).

3.3 WinCC

WinCC (Windows Control Centre) on tietokonepohjainen prosessien visualisointiohjelmisto. Ohjelmisto koostuu WinCC:stä, sen asetuksista sekä lisäosista. Yhdessä nämä muodostavat laajasti yksilöitävän kokonaisuuden käyttäjän haluamiin sovelluksiin. WinCC on tehokas ja paljon sovellettavissa oleva ohjelmisto, joka sisältää kaikki modernin HMI (Human Machine Interface) ohjelmiston vaatimukset. WinCC CS komponentti sisältää editorit, joiden avulla suunnittelijat voivat tehdä selkeitä ja helppokäyttöisiä käyttöpaneeleja. Kirjastot ja erilaiset avustajat tekevät projektien luomisesta nopeaa ja vaivatonta, sekä vähentävät tekijän mahdollisten virheiden syntymistä. Ohjelmana WinCC suoriutuu loistavasti mutkikkaista HMI tehtävistä, koska se kykenee käsittelemään laajoja projekteja ja suuria määriä tietoa⁶.

⁶ (Siemens Automation 2011)

Perusjärjestelmä on rajattavissa käyttämällä WinCC asetuksia. Perusohjelmistoa voidaan itsessään soveltaa laajeneviin rakenteisiin (esim. koko ajan kasvava prosessi), ja tämänkaltaisia rakenteita voidaan helposti päivittää prosessitagien kasvavan määrän suhteen. Käyttämällä WinCC/Server:iä WinCC:tä voidaan käyttää joko client- tai server-sovelluksena. WinCC/Redundary:ä käytetään rakentamaan helposti saatavilla olevia SCADA järjestelmiä. WinCC/CAS antaa mahdollisuuden pohjustaa skaalattavaa keskustyyppistä tiedon arkistointia. WinCC/Web Navigator antaa käyttäjille mahdollisuuden visualisoida ja käyttää tehtaita ja prosesseja internetin välityksellä lähes samoilla toiminnallisuuksilla kuin WinCC client:kin⁶.

SIMATIC WinCC:llä tavoitellaan yhtenäisiä ja mahdollisimman avoimia rakenteita sekä mahdollisuutta yhdistyä jo olemassa oleviin sovelluksiin käyttäen standardoituja menetelmiä ja ohjelmistotyökaluja. Ohjelma pyrkii yhdistämään perustekniikat, käyttöjärjestelmät, kommunikointimenetelmät tai kyvyn yhdistää skriptejä tavalla joka ei ole riippuvainen laitteiden erilaisuudesta tai ominaisuuksista⁶.

Perusjärjestelmä on suunniteltu teknologia- ja osa-alueriippumattomaksi. Siitä huolimatta se täyttää monien alojen asettamat erikoisvaatimukset. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) toimii älykkäiden tehdasratkaisujen perustana. WinCC pystyy hankkimaan ja arkistoimaan dataa, jota pystytään keräämään, analysoimaan ja lähettämään MES-järjestelmille (Manufacturing Execution Systems) jatkokäsittelyä varten käyttämällä WinCC Plant Intelligence asetuksia⁶.

Tässä projektissa WinCC:llä ohjataan tietokoneelta S7-logiikkaan ohjelmoituja muuttujia, jotka liittyvät polttimien ohjauksiin.

3.4 Simatic Managerin ja WinCC:n liittyminen

WinCC:n ja Simatic Managerin välinen kommunikointi tapahtuu yleensä suoralla kommunikoinnilla tietokoneen sarjaportin kautta. Kun WinCC:ssä luodaan tageja eli prosessissa olevia muuttujia tai logiikkaohjelman muistipaikkoja, valitaan yhteyskanava, jonka kautta ohjelmisto hakee I/O:ta ja ohjaa luotuja muuttujia. Tässä työssä kommunikointi tapahtuu MPI-väylän, eli tietokoneen sarjaportin kautta, johon

⁶ (Siemens Automation 2011)

S7-logiikan CPU on kytketty. WinCC siis hakee luodut muuttujat tai logiikkaohjelman muistipaikat (esim. I2.0) suoraan S7-logiikalta.

3.5 Siemensin tuotteisiin päätyminen

Siemensin tuotteet ovat laajasti käytettyjä ympäri maailmaa. Huolto, varaosat ja tukihenkilöt löytyvät siis läheltä ja nopeasti. Tehtaalla on myös omaa osaamista Siemensin laitteista ja järjestelmistä vuosikymmenien ajalta. Siemens tunnetaan suurena ja luotettavana yrityksenä, joka on tehnyt yhteistyötä Savon Sellun ja muidenkin teollisuuden yritysten kanssa jo pidemmän aikaa.

Jos projektissa käytettäisiin muun valmistajan tuotteita, jouduttaisiin uusimaan koko automaatiojärjestelmä, joka aiheuttaisi suuret lisäkustannukset. Eri järjestelmien yhdistely taas aiheuttaisi yhteensopivuusongelmia ja tätä kautta epävarmuutta. Siemensin automaatiojärjestelmät ovat tuttuja Savon Sellun asentajille, muiden valmistajien järjestelmien käyttäminen aiheuttaisi lisäkoulutuksen tarvetta.

3.6 Sekvenssiautomaatiikka

Tavanomaiseen automaation toiminnalliseen laajuuteen kuuluvat suojaukset ja lukitukset, sekvenssit, säädöt, näytöt valvomossa, hälytykset sekä historiatietojen tallentaminen ja raportointi¹⁴.

Prosessissa kaikkeen tilansiirtoihin kytkeytyvää automaatiota kutsutaan sekvenssiautomaatiikaksi. Se koostuu ainakin yhdestä askeleesta (askelohjauksesta) eli sekvenssistä. Kyseinen automaatiikka ohjailee prosessia siitä tulevien viestien, ohjaajan toimenpiteiden ja muistissa olevan informaation perusteella¹⁴.

Säädöt tasapainottavat prosessia haluttuun suuntaan tai ohjaavat sitä hallitusti parametrien muutoksella. Lukitukset ja suojaukset huolehtivat prosessin turvallisuudesta¹⁴.

Suojauksella tarkoitetaan aktiivista toimenpidettä, joka ohjaa prosessia takaisin normaaliin ja turvalliseen tilaan. Sillä voidaan tarkoittaa yksittäisen lähdön asetusta tai sarjaa toimenpiteitä. Suojauksen täytyy toimia piittaamatta mahdollisista lukituksista tai muista ohjauksista¹⁴.

¹⁴ (Viitamäki, Tommila, Nissilä 1991)

Lukituksella estetään vaaraa aiheuttavat ohjaukset. Jo käynnistynyttä toimenpidettä ja sen loppuunsaattamista se ei kuitenkaan estä¹⁴.

Yksittäisohjauksella hoidetaan yhden toimilaitteen ohjaus sekä sen toiminnan valvominen. Venttiilit ja moottorit ovat tyypillisiä yksittäisohjauksella ohjattavia laitteita, joista kuitenkin voidaan muodostaa myös hiukan laajempia ryhmäohjauksia, jotka mahdollistavat toiminnaltaan yhteenkuuluvien moottoreiden käynnistyksen yhtä aikaa¹⁴.

Tavallista sekvensseille on peräkkäiset monenlaiset tilat ja ohjaustoimet. Kun järjestelmä tietää tilansa se siirtyy seuraavaan tilaan haluttujen ehtojen täytyttyä. Toiselta nimeltään sekvenssit ovat toimenpidesarjoja, joiden eteneminen on tarkoin määritelty. Sekvenssit poikkeavat selvästi kombinaatiologiikasta ja säädöistä, jotka muodostuvat ketjutetuista loogisista tai analogisista piireistä¹⁴.

Sekvenssi voi toimia useissa tiloissa, kuten esimerkiksi seis, käynti ja odotus. Joissain järjestelmissä sekvenssin on mahdollista olla normaalien toimintatilojen lisäksi poikkeustilassa, johon joudutaan tavallisessa käsittelyssä tapahtuvan poikkeustilanteen kautta. Sekvenssiä valvova henkilö pystyy myös ohjaamaan sitä. Sekvenssi voidaan käydä läpi askel askeleelta, jolloin jokaisen askeleen jälkeen suoritus pysähtyy ja automatiikka vaatii käyttäjältä vahvistuksen jatkotoimia varten¹⁴.

Sekvenssien kuvaamista varten ovat olemassa toimintaselostukset, jotka on tämän työn osalta esitetty luvussa 4. Toimintaselostus eli ajotapakuvauus määrittää prosessin tiloja ja toimintoja sekä niissä sovellettavia ohjauksia¹⁴.

3.7 Valvomo-PC ja näyttökuvakkeet

Valvomoon tulevassa tietokoneessa käytetään Siemensin WinCC ja Simatic Manager ohjelmistoja, joilla pystytään tekemään prosessin ohjausta varten haluttu ohjausjärjestelmä. WinCC:llä toteutetaan visuaalinen käyttöliittymä. Simatic Managerilla toteutetaan varsinainen logiikka, jolla määrätään polttimeen toiminta ja käsitellään poltinprosesseista tulevia tietoja. Näitä kahta ohjelmaa käytetään Savon Sellun poltinohjausten modernisointia varten.

¹⁴ (Viitamäki, Tommila, Nissilä 1991)

Voimalaitoksen valvomossa tehty kyselyt johtivat siihen tulokseen, että käyttömiehet tarvitsevat modernisoinnin toteuduttua kaksi uutta näyttöä, joista toisessa oletuskuvana olisivat kaikki öljypolttimet ja toisessa turvepolttimet. Molempien polttimien ilmansäätöjen indikoinnit laitetaan jo olemassa olevaan vanhempaan näyttöön. Kahteen uuteen näyttöön tulee tehdä myös alavalikot, joista pääsee käsiksi mm. testauksiin, sekvensseihin ja hälytyksiin. Liitteissä 1 ja 2 on esitetty näyttöihin tulevat oletuskuvakkeet eli näyttöjen päänäkömät.

On tärkeää havaita poikkeustilanne mahdollisimman äkkiä. Tätä varten logiikkaan luotujen sekvenssien kanssa on rakennettava toiminto, joka huolehtii prosessin tilan valvonnasta ja tarkkailee automaation toimintaa¹⁴.

Poikkeustilanne ilmaistaan käyttäjälle hälytysten avulla, jotka tulevat näyttöruudulla tietojen ja äänimerkin kera. Käyttäjää ajatellen on otettava huomioon seuraavia seikkoja¹⁴:

- Toimintojen käynnistyminen tahattomasti on estettävä.
- Turvallisuuteen liittyvät pahimmat vaiheet on voitava estää ja tarkistaa ohjelmaan laitettujen parametrit.
- Toimintojen pysäyttäminen hallitulla tavalla täytyy olla yksinkertaista.
- Sekvenssin tulee siirtyä selvästi ilmoitettuun tilaan, jonka myös käyttäjä varmasti tietää.
- Käyttäjän tulisi voida nähdä tulevat vaiheet (esimerkiksi nähdä kuinka kauan tietty toiminto on kestänyt ja kuinka kauan se vielä kestää).
- Häiriötilanteen sattuessa on käyttäjälle tultava tieto siitä signaalista, joka estää sekvenssin eteenpäin menemisen.

3.7.1 Öljypolttimille tarvittavat kuvakkeet

Voimalaitoksen henkilökunnan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta kaikki kolme poltinta olisi hyvä näkyä samassa näytössä yhtä aikaa ja näin muodostavan näytön päänäkömän. Muut päänäkömään tulevat osat on esitelty liitteessä 2.

Öljypolttimia varten suositellaan operaattorin nähtäväksi ainakin seuraavia tietoja¹¹:

- Polttimille menevien putkien lämpötila on oltava todettavissa.
- Polttimille menevän öljyn lämpötila tai viskositeetti ja paine on oltava todettavissa.
- Polttoöljyn esilämmitystä käytettäessä polttimille menevän polttoöljyn lämpötilan tai viskositeetin alarajan alittamisesta ja ylärajan ylittämisestä on oltava hälytys.

¹⁴ (Viitamäki, Tommila, Nissilä 1991)

¹¹ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1997)

- Jos sama puhallin toimittaa palamisilman usealle polttimelle, jokaisessa tällaisessa polttimessa täytyy olla ilmansulkulaite, jonka pysyminen asennossaan on varmistettava ja jonka asento on käyttöhenkilökunnan todettavissa.
- Ilmanpaineen tai määrän poltinkohtaista mittausta suositellaan.
- Polttoöljyn ja palamisilman suhde on oltava todettavissa ja niille tulee asettaa turvarajat.
- Savukaasun tummuutta on voitava valvoa joko silmämääräisesti tai mittarin avulla järjestelmästä.
- Polttimen käyttökunnon osoitus on oltava todettavissa.
- Osoitus palamisilman virtauksesta ja paineesta, sumutusvälineen ja tulipesän paineista on oltava todettavissa.
- Polttimen tila on oltava todettavissa liekin kuvakkeen perusteella (ON/OFF).

3.7.2 Turvepolttimille tarvittavat kuvakkeet

Voimalaitoksen henkilökunnan kanssa käydyistä keskusteluista selvisi, että on hyvä, jos molemmat turvepolttimet näkyvät samassa näytössä yhtä aikaa ja muodostavat näytön päänäkökymän. Muut päänäkökymään ja turpeen vastaanottoon liittyvät osat on esitelty liitteessä 1.

Turvepölyn sytytys- ja tukipolttimien liekinvalvontaan sovelletaan öljypolttimien standardeja, joten kuvakkeiden suunnittelussa voidaan katsoa mallia edellisestä kohdasta¹⁰.

3.8 Logiikoiden vaihto-operaation toteutus

Logiikat on tarkoitus vaihtaa kahdessa osassa eri seisokkien aikana. Ensin vaihdetaan turvepolttimien ja turpeen vastaanoton logiikat, sitten öljypolttimien logiikka, tai toisinpäin tarpeen mukaan. Kaikki vanhat toimilaitteet ovat mukana uudessakin kokoonpanossa ja niiden kaapeloinnit tehdään uudelleen. Kaapeloinnissa on otettava huomioon TLJ (= turvallisuuteen liittyvä järjestelmä) -laitteille menevät redundanttiset eli kahdennetut kaapeloinnit. Ennen kaapeloinnin aloittamista olisi kuitenkin hyvä kartoittaa toimilaitteiden kunto ja tyyppi, jottei logiikoiden vaihdossa ilmene yhteensopivuusongelmia tai heikkokuntoisia laitteita. Vaihto-operaation TLJ -osasta ja redundanttisuudesta on kerrottu tarkemmin luvussa 5.

Fyysisen asennuksen suorittaa tehtaan oma henkilöstö ja logiikoiden suunnittelusta vastaa Siemens. Sähkökuvat piirtää BMS.

¹⁰ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1994)

3.8.1 S5-logiikan tietojen kääntäminen S7-logiikkaan

Turpeen vastaanotossa käytössä olevalta Siemens S5 -logiikalta on mahdollisuus tarvittaessa kääntää tiedot suoraan S7 -logiikkaan. Kääntäminen tapahtuu Simatic Manager Step 7 -ohjelmassa olevalla Converting S5 files –sovelluksella. Kun ohjelma on käännetty S7-logiikalle ja tarkastettu, voi tulla virheilmoituksia toiminnoista, joita ohjelma ei käsitä. Kyseisten virheilmoitusten selvittäminen voi kuluttaa paljon aikaa ja virheet voivat olla niin hankalia, että usein ohjelma tehdään kokonaan uusiksi jo uuden logiikan suunnitteluvaiheessa. Ohjelma täytyy myös testata käytännössä ennen virallista käyttöönottoa. Testauksen aikana voi tulla ilmi tilanteita, joiden takia ohjelman osia joudutaan korjaamaan.

3.8.2 Testaukset

Poltinten automaation toimintavarmuus täytyy varmistaa järjestelmällisillä testauksilla. Ennen polttimien käyttöönottoa uudella logiikalla täytyy suorittaa automaatiojärjestelmän tehdastestaukset. Tehdastestauksilla varmistutaan laitteiden toimitusvalmiudesta sekä teknisen tason ja tilauksen vastaavuudesta¹³.

Järjestelmän laitteiston ja ohjelmiston toimivuus koestetaan loogisina kokonaisuuksina simuloimalla viestejä, koska automaatiota ei tavallisesti tässä vaiheessa vielä liitetä toimivaan prosessiin. Testauksissa löydetty virheet tallennetaan ja dokumentoidaan ja niiden korjausten kulkua seurataan. Kaikkien asennusten ollessa hyväksytysti suoritettu voidaan aloittaa automaatiokoestukset¹³.

Koestukset alkavat piirikohtaisilla kylmätestauksilla ja jatkuvat piiritestauksilla. Logiikan turvaosan ja kentälaitteiden koestukset suoritetaan kerralla lopullisessa käyttöympäristössä. Kaikkien koestuksien ollessa hyväksytysti suoritettuja voidaan aloittaa häiriötön koekäyttö, jonka kuluessa suoritetaan automaation toimintakokeet. Toimintakokeilla tarkastetaan toimintakoeohjelman mukaisesti haluttujen suoritusarvojen täyttyminen ja automaation toiminta häiriötilanteissa¹³.

Kaikista koestuksista tehdään yksityiskohtaiset ohjelmat ja aikataulutukset koestuksien järjestelmällisesti etenemiseksi. Mahdolliset puutteet ja korjaustoimet täytyy arkistoida tarkasti. Arkistointi ja sen ajan tasalla oleminen on todella tärkeää koko laitoksen käyttöä ja kunnossapitoa ajatellen. Automaatioratkaisuun liittyvien

¹³ (Naulanen 2006)

laitteiden tekniset arvot, käyttöohjeet ja ohjelmat tallennetaan piirikohtaisten kaavioiden ja piirustusten ohella yleensä dokumenttien hallinnointijärjestelmään, mikäli sellainen on olemassa. Hallinnointijärjestelmän tarkoituksena on, että kunnossapitohenkilökunta löytää tarvittaessa tarvitsemansa dokumentit vaivatta. Laitteiden elinkaaren aikana tehdyt toimenpiteet tulisi myös kirjata kyseiseen järjestelmään. Tämä mahdollistaa historiatietojen käytön mm. laitteiden uusimistarpeiden arvioimiseen¹³.

3.9 Muita toteutettavia asioita

Logiikoiden vaihdon yhteydessä on mahdollista ja järkevää toteuttaa muitakin asioita samalla kertaa. Paikallisohtauspultteja ja magneettiventtiilikoteloita voidaan siirtää paremmille paikoille. Ennen projektin alkua on myös syytä käydä katsomassa toimilaitteiden kunto ja vaihtaa ne tarvittaessa.

Magneettiventtiilikotelot öljynpoltossa ovat aivan nykyisen polttimen numero 4 vieressä. Ne voidaan kääntää huollon helpottamiseksi kulkusillan mukaisesti meneväksi.

Öljynpolton paikallisohtauspulpetti on siirrettävissä. Käytännöllinen paikka sille on pulpetin nykyisen paikan oikealla puolella, jonne uusi johdotuskin on järkevä vetää kaapelikiskoa pitkin.

Poltintasoilla olevat vanhat valokennot vaihdetaan uusiin UV-valokennoihin, jotka ovat huomattavasti paremmat ja herkemmat.

Erityisesti voimalaitoksen alakerrassa sijaitsevat öljynpumppauslaitteiston osat on syytä kartoittaa etukäteen ja päättää mitkä, ovat vaihtokunnossa. Sama kartoitus on järkevää tehdä myös turpeen polton syöttölaitteistolle.

4 VOIMALAITOS JA POLTTIMET

4.1 Yleistä Savon Sellun voimalaitoksesta

Savon Sellun voimalaitoksella valmistetaan kaikki tehtaan tarvitsema höyry ja 70 % tehtaan käyttämästä sähköstä. Loppu tarvittavasta sähköstä ostetaan valtakunnan verkosta. Voimalaitoksella on yksi 95 MW:n höyrykattila ja yksi 10 MW öljyä polttava apukattila. Höyrykattila on tyypiltään monipolttoainekattila, joka on varustettu viisto- ja jälkipolttoarinoilla. Turve kuivatetaan voimalaitokselta tulleilla savukaasuilla ja poltetaan pölynä, jäteliemi poltetaan suutinpolttona, samoin kuin käynnistyksessä käytettävä raskas polttoöljykin. Kiinteiden polttoaineiden polttaminen tapahtuu arinalla. Kattilan jälkeen savukaasujen sähkösuodattimissa poistetaan valtaosa savukaasujen sisältämistä hiukkasista⁸.

Voimalaitoksen kaikki savukaasut johdetaan savukaasupesuriin, jossa poltossa syntynyt rikkidioksidi otetaan talteen, jotta sitä voidaan käyttää keittonesteen valmistuksessa. Polttoaineiden rikistä saadaan uudelleen käyttöön jopa 99 %. Pesurin jälkeen noin 53 °C savukaasut johdetaan 71,5 m korkeaan piippuun. Varapiipun korkeus on 49 m⁸.

Polttoaineista tärkeimmät ovat jäteliemi (120 000–150 000 t/a) ja turve (92 000–98 000 t/a). Muita polttoaineita ovat koivun kuori, raskas polttoöljy sekä pienemmissä määrin lisämassalinjan rejekti, osa puhdistamon lietteestä, ostetut kuori- ja hakkuutähteet, tehtaan polttokelpoiset jätteet ja make-up rikki⁸.

4.2 Öljypoltin

Öljypolttimissa muodostetaan yhdenmukainen polttoaine-ilmaseos. Palamisreaktio tapahtuu suurella paineella ja ilmaylimäärällä. Tästä johtuen paine on korotettava polttimelle sopivaksi, raskaan öljyn viskositeetti on pienennettävä öljyn lämmityksellä ja tarvittaessa öljyn puhtaus varmistaa suodatuksella. Tarkoituksena on saada aikaan stabiili ja tehokkaasti palava liekki, joka mahtuu käytössä olevaan tulipesään. Palamatta jäävä tai vaillinaisesti palava polttoöljy voi olla syynä tulipesäräjähdykseen¹⁷. Polttimet jaetaan yleisesti kahteen perusryhmään, jotka ovat

⁸ (Itkonen 2007)

¹⁷ (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995)

hajoituspolttimet ja höyrystyspolttimet. Kattiloissa yleisimmät polttimet ovat hajotuspolttimia¹⁷.

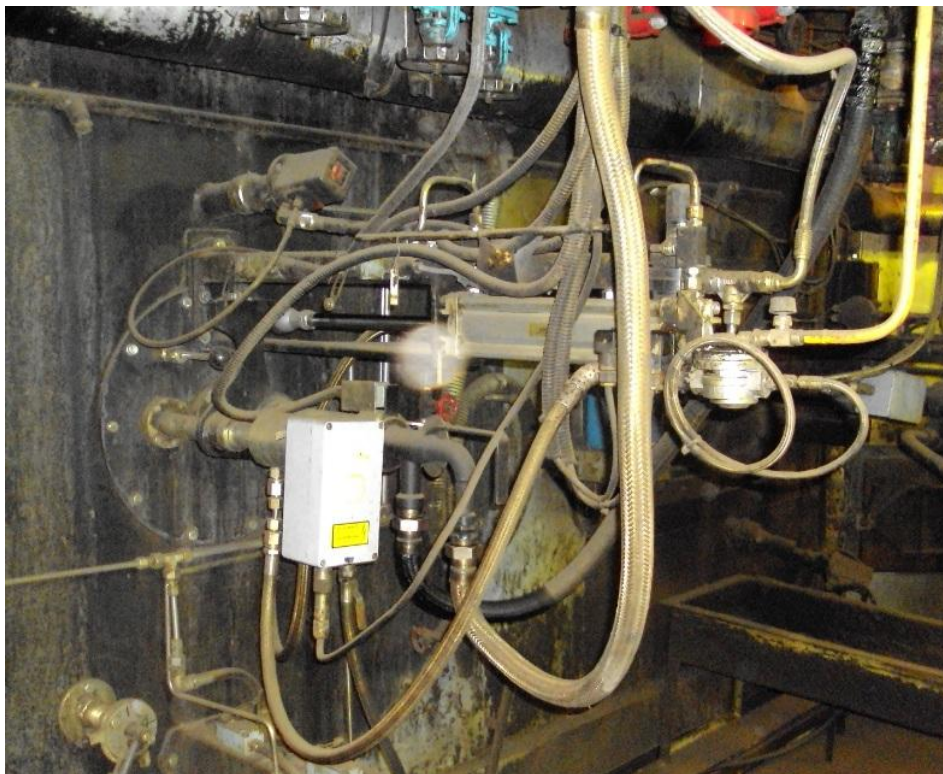
Automaation kannalta öljypolttimet jaetaan rakenteen ja varusteiden perusteella kolmeen ryhmään¹¹:

1. Automaattiset öljypolttimet, joilla on automaattiset sytytys-, liekinvalvonta- ja ohjauslaitteet. Ohjauslaitteilla säätösuureen perusteella sytytys, liekinvalvonta, kuormituksen säätö sekä sammuttaminen tapahtuvat käyttöhenkilön siihen puuttumatta. Polttimen tuottamaa lämpötehoa voidaan säätää automaattisesti tai käsin.
2. Puoliautomaattiset öljypolttimet, joilla on myös itsetoimivat sytytys-, liekinvalvonta- ja ohjauslaitteet. Sytytysautomaatiikka voidaan käynnistää vain käsin. Sammunut poltin ei syty automaattisesti uudelleen. Polttimen tuottamaa lämpötehoa voidaan säätää automaattisesti tai käsin.
3. Käsikäyttöiset öljypolttimet, joilla suoritetaan sytytys käsin. Liekinvalvonta on automaattisesti toimiva ja polttimet ovat lukitus- ja suojauslaitteiden avulla valvottavissa ja sammutettavissa. Polttimen uudelleensytytys on suoritettavissa vain käsin paikallisesti.

Kuvassa 4 on esitetty yksi projektiin liittyvä Savon Sellun voimalaitoksella oleva öljypoltin apulaitteineen.

¹⁷ (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995)

¹¹ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1997)



KUVA 4. Öljypoltin apulaitteineen

4.2.1 Öljypolttimen käynnistyssekvenssin toimintakuvaus

Logiikan sekvenssiohjauksista laadittiin öljypolttimen toimintakuvaus. Seuraavassa on esitetty toimintakuvaus öljyn kuormituspolttimien käynnistysohjelmalle:

Kun seuraavat ehdot ovat voimassa:

- Kuormituspolttimia ei ole käytössä.
- Tuulestusta ei ole ohitettu.

Kun laitetaan painikkeesta poltin käyntiin, saadaan käsky ”ilman rekisteripellit auki”, sekä merkkivalo ”tuuletus” syttyy.

Asetellun ajan kuluttua ilman rekisteripellit sulkeutuvat ja merkkivalo sammuu.

Poltin on sytytysvalmis kun:

- Käynnistysohjelma ei ole käytössä.
- Pysäytysohjelma ei ole käytössä.
- Öljyn pikasulkuventtiilit ovat kiinni.
- Puhallushöyryventtiili on kiinni.
- Tuuletettu tai tuuletus ohitettu.
- Ei ole poltinhäiriöitä.

Kun merkkikuvake "sytytysvalmis" on syttynyt, laitetaan poltin käyntiin valvomosta niin saadaan askeleen 1 käskyt

- ilman rekisteripelti kiinni
- poltinputki sisään
- sytytin sisään.

Kun saadaan takaisinkytkentätiedot "poltinputki ja sytytin sisällä", siirrytään askeleeseen 2:

- hajoitushöyryventtiili auki.

Kun saadaan takaisinkytkentätieto "hajoitushöyryventtiili auki" siirrytään askeleeseen 3:

- lämmitysaika alkuun.

Lämmitysajan kuluttua siirrytään askeleeseen 4, jonka käsky on:

- Sytytys käyntiin.

Takaisinkytkentätiedon "sytytys päällä" tultua siirrytään askeleeseen 5:

- pikasulkuventtiilit auki
- ilman rekisteripelti auki
- kierrätysventtiili kiinni
- sytytysaika alkuun.

Sytytysajan (8 sekuntia) jälkeen siirrytään askeleeseen 6:

- sytytin ulos.

Liekinvalvojan havaittua liekin ja poltinpellin ja pikasulkuventtiilien ollessa auki syttyy näytölle punainen polttimen liekin kuva ja teksti "poltin käy".

4.2.2 Öljypolttimen pysäytyssekvenssin toimintakuvaus

Painettaessa "poltin seis"- painiketta, valvomosta saadaan askel 1:

- öljyn pikasulkuventtiilit kiinni
- ilman rekisteripelti kiinni
- puhallushöyryventtiili auki.

Jos poltin on viimeinen pysäytettävä kuormituspoltin, ei "puhallushöyryventtiili auki" - käskyä tule.

Kun saadaan takaisinkytkentätiedot "öljyn pikasulkuventtiilit" ja "ilman rekisteripelti kiinni" siirrytään askeleeseen 2:

- hajoitushöyryventtiili auki
- poltinputki sisään.

Kun saadaan takaisinkytkentätiedot ”hajoitushöyryventtiili auki” ja ”poltinputki sisällä” siirrytään askeleeseen 3:

- puhallushöyryventtiili auki (toinen käsky).

Kun saadaan takaisinkytkentätieto ”puhallushöyryventtiili auki” siirrytään askeleeseen 4:

- puhallusaika.

Puhallusajan loputtua siirrytään askeleeseen 5:

- puhallushöyryventtiili kiinni
- hajoitushöyryventtiili kiinni.

Kun saadaan takaisinkytkentätiedot ”puhallushöyryventtiili kiinni” ja ”hajoitushöyryventtiili kiinni” siirrytään askeleeseen 6.

- sytytin ulos
- poltinputki ulos

Kun pikasulkuventtiilit ovat kiinni ja poltinputki ulkona, näkyy kuvake ”poltin ei käy”.

4.3 Turvepoltin

Myös turvepölyn poltto tapahtuu muodostamalla yhdenmukainen polttoaine-ilmaseos. Palaminen tapahtuu suurella ilmaylimäärällä ja paineella. Kuivattu ja jauhettu pölyseos johdetaan polttimelle, jonka pääasiallisena tehtävänä on pölyn hallittu ja stabiili sytyttäminen sekä pölyn ja palamisilman sekoitus. Vaikka erilaisia pölypoltintyypppejä on monia erilaisia, ne voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, jotka ovat sekoituspolttimet ja suihkupolttimet. Suihkupolttimissa pölyseoksen syttyminen perustuu kuumiin savukaasuihin. Sekoituspolttimissa osa palamisilmasta (sekundääri-ilma) johdetaan ns. drallisiipien läpi, jotka aikaansaavat primäärisuihkuun takaisinvirtauksen, joka tuo kuumaa savukaasua ja jo syttynyttä pölyä takaisin polttimen suulle¹⁷.

Turvepölypolttimilla taataan turvepölyn moitteeton palaminen. Polttimet on mitoitettu, sijoitettu ja säädetty niin, ettei kattilan seinämille ja tulipesän muurauksille aiheudu vahinkoa. Polttimen sisäosat ovat muotoiltu ja nopeudet valittu siten, että liekin

¹⁷ (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995)

takaisinlyönnit ja kerrostumat vältetään. Polttimien materiaalien on turpeen aiheuttamaa voimakasta kulumista kestävä¹⁰.

Jos jatkuvaa tukipolttoa ei käytetä, valvotaan turvepölyliekkiä liekinvartijalla tai muulla tavalla, joka liekin sammuttua lopettaa turpeen syötön pölypolttimille. Valmistajan tulee antaa yksityiskohtaiset ohjeet tukipolttimien käytöstä¹⁰.

Turvepölyn palamisen tulee tapahtua ennen kattilan ensimmäisiä konvektiopintoja, eikä savukaasujen lämpötila tulipesän loppuosassa saa ylittää tuhkan pehmenemispistettä. Kuvassa 5 on esitetty projektiin kuuluva Savon Sellun voimalaitoksella oleva turvepoltin apulaitteineen¹⁰.



KUVA 5. Turvepoltin apulaitteineen

4.3.1 Turvepolttimen käynnistyssekvenssin toimintakuvaus

Logiikan sekvenssiohjauksista muodostettiin turvepolttimen toimintakuvaus. Seuraavassa on esitetty toimintakuvaus turvepolttimien käynnistysohjelmalle:

- poltin käyntiin näytöltä tai paikallisohjauspaneelistä aiheuttaa käskyt ”turvepölyn sulkupelti kiinni” ja ”poltinilmapelti auki”.

¹⁰ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1994)

¹⁰ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1994)

Asetellun toimintojen odotusajan (100s) kuluttua ja puskusiilon pinnan ollessa suurempi kuin minimi, painetaan ”käynnistys jatkuu” nappia ja säädetään kantoilmamäärä suuremmaksi tai yhtä suureksi kuin minimi.

Kantoilmamäärän ollessa suurempi kuin minimi siirrytään seuraavaan askeleeseen:

- kantoilman määräsäätö käsiajolta automaatille
- sulkupelti auki.

Kantoilmamäärän säädön siirryttyä automaatille ja sulkupellin auetessa siirrytään askeleeseen 6:

- syötin käyntiin
- syöttimen kierrosluku $\geq 50\%$
- kierrosluvun säätö käsiajolta automaatille.

Askeleiden jälkeen tukipolttimen myös käydessä näytössä näkyy kuvake ”turvepoltin käy”.

4.3.2 Turvepolttimen pysäytyssekvenssin toimintakuvaus

Painettaessa ”poltin seis” painiketta, saadaan askeleen 1 käskyt:

- syötin seis
- sulkupelti kiinni.

Kuudenkymmenen sekuntin kuluessa tapahtuu pölyputken tyhjennys ja sen jälkeen sadan sekuntin kuluessa tukipoltin sammuu vaiheittain. Tämän jälkeen siirrytään seuraavaan askeleeseen:

- polttoilmaventtiili kiinni
- pikasulkuventtiili kiinni.

Tämän askeleen jälkeen näkyy valvomon näytöllä kuvake ”poltin seis”.

4.4 Liekinvartija

Liekinvartija on nimensä mukaisesti yksi polttimen automatiikan osa, joka vartioi liekin palamista. Liekinvartija sammuttaa polttoaineen syötön, jos liekki sammuu tai ei syty jostain syystä.

Liekinvartijan tulee siis erityisesti varmistaa palaminen, mutta pitää myös käyttökäyttöhenkilökunta tilanteesta selvillä ja varmistaa polttoaineen syötön katkaisu vikatilanteessa.

Tässä työssä kattilan jokainen poltin on varustettu liekkiavartijoilla, joiden on liekin sammuttua suljettava ko. polttimeen polttoaineen automaattiset sulkulaitteet varmuusajan kuluessa. Liekinvalvontajärjestelmän tulee olla itse toimintaansa valvovaa tyyppiä siten, että liekinavartijaan tai sen vahvistinosaan tuleva häiriö ei johda turvallisuuden vähenemiseen¹¹.

Liekinavartijan tulee olla helposti koestettavissa katkaisematta sen sähköisen ohjauksen toimintaa. Kattilan käyttöohjeeseen tulee sisällyttää tätä koskeva ohje. On myös huomioitava ettei sytytysliekki saa häiritä liekinavartijan toimintaa¹¹.

4.5 Turpeen vastaanotto

Turpeen vastaanotossa on käytössä Siemensin vanha S5-logiikka, joka vaihdetaan saman valmistajan uudempaan S7-logiikkaan. Turpeen vastaanotossa on lähinnä kuljetinohjauksia, joten sen päivittäminen on hiukan yksinkertaisempaa kuin poltinlogiikoiden.

Turpeen purkuaseman vastaanottotasku ja varastosiiilo eli väliavarasto muodostavat polttoturpeen käyttövaraston. Pölynvalmistusjärjestelmän tyyristä riippuen voi voimalaitoksella olla myös kuivaturvesiiilo ja kattilarakennuksen päiväsiiloja (syöttösiiloja)¹⁰.

Polttoturpeen siirto voimalaitosalueella tehdään mekaanisesti tavallisia kuljetinlaiteyhdistelmiä käyttäen. Pölynvalmistus- ja polttolaitteissa käytetään myös pneumaattista siirtoa. Polttoturpeen kuljetusjärjestelmän komponentit on valmistettu hihnakuljettimien hihnoja ja rullien pinnoituksia huomioimatta palamattomista materiaaleista. Polttoturpeen kuljetusjärjestelmä on suunniteltu niin, että sulkulaitteita ja -rakenteita on mahdollisimman pieni määrä¹⁰.

Murskaimet on tarkoitettu turpeesta siivilöityjen suurten kappaleiden, kuten paakkujen ja kantojen murskaamiseen. Murskain on varustettu suunnanvaihtoautomaatiikalla, joka automaattisesti hoitaa telaan kiilautuneet kappaleet irti¹⁰.

Kuljetusjärjestelmän sähköisellä lukituksella on varmistettu, että järjestelmän käyttöönotto on mahdollista tapahtua ainoastaan kuljetussuuntaa vastaan ja pysäytys

¹¹ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1997)

¹⁰ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1994)

päinvastoin olevassa järjestyksessä. Normaali pysäytys tehdään niin, että kuljettimet ja suppilot ehtivät tyhjentyä. Häiriötilanteiden takia järjestelmässä täytyy olla varatyhjennysmahdollisuus¹⁰.

5 TURVALLISUUTEEN LIITTYVÄT JÄRJESTELMÄT

Ihmisten suojaamiseksi hengenvaarallisilta onnettomuuksilta erilaisissa ympäristöissä on eri mailla ja yhteisöillä tarkat määräykset. Turvallisuuteen liittyvän järjestelmän pääasiallisena tarkoituksena on estää prosessin joutumista vaaralliseen tilaan⁹.

Hyvälle turvallisuustasolle on paljon erilaisia määritelmiä. Määritteitä yhdistää se, että turvallisuus on riittävä suojautuminen mahdollista vaaraa vastaan. Prosessin ollessa turvallinen se sisältää pienimmän mahdollisen määrän energiaa. Prosessin alasajo ei ole aina mahdollista eikä välttämättä järkevääkään, mutta silloin on huolehdittava riskien minimoinnista. Prosessin kannalta tärkeät toiminnot on varmistettava redundanttisilla eli kahdennetuilla komponenteilla. Turvallisuusriskit ja turvallisuus määritellään tapauksittain, sillä mitään valmista kaavaa ei ole olemassa⁹.

5.1 Yleistä TLJ:stä ja turva-automaatiosta

Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvään järjestelmään (TLJ) kuuluvat kattilalaitoksen turvatoimintojen toteuttamiseen tarvittavat laitteet ja asennukset. Kaikki laitteet prosessisuureen mittaamiseksi sekä mittausviestin muokkaamiseksi tai useamman viestin yhdistämiseksi suojauskriteerien tuottamista varten lasketaan kuuluviksi TLJ:ään. Moottoriohjausten kytkinlaitososuudet ja tehoasteet sekä taajuusmuuttajat kuuluvat myös TLJ:ään, jos ne sisältyvät turvatoimintaan kuuluviin osiin¹⁶.

Automaatiolle voidaan erityisesti asettaa seuraavia toimintaan liittyviä vaatimuksia, kun otetaan huomioon turvallisuus¹⁴:

- On tiedettävä prosessin riskit sekä muistettava turvallisuuteen ja talouteen liittyvät päämäärät. Automaation toiminnot ja toteutuksen käyttövarmuus määräytyvät näiden pohjalta.
- On varauduttava poikkeustilanteisiin (sisäisiin ja ulkoisiin). Itse järjestelmästä aiheutuvia poikkeustilanteita ovat mm. laiteviat sekä suunnittelussa ja ohjelmoinnissa tapahtuneet virheet. Ulkoisiin poikkeustilanteisiin kuuluvat prosessin häiriöt, sähköiset häiriöt ja käyttäjän erehdykset.
- Puutteet ja laiteviat on löydettävä mahdollisimman akkiä. Tarvittaessa toiminta on testattava määräajoin. Useimmin käytetty tapa on mittaussignaali, jotka normaalikäytön aikana paljastavat piilevät viat.
- Prosessin joutuminen vaaratilaan on ilmoitettava käyttäjälle nopeasti ja tarpeeksi selkeästi. Prosessin tilasta riippuu häiriötilanteen vakavuus.

⁹ (Fintekra Oy 2011)

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

¹⁴ (Viitamäki, Tommila & Nissilä 1991)

- Automaation täytyy olla tukena prosessin siirtämisessä turvalliseen tilaan. Toisaalta tämä merkitsee suojaustoimintoja ja toisaalta informaation ja käyttömahdollisuuksien antamista käyttäjälle.
- Prosessia täytyy voida hallinnoida onnettomuuden aikana. Automaatiojärjestelmän on siis toimittava ns. normaalialueen rajan toisella puolella.
- Onnettomuustilanteessa automaation pitäisi tukea muuta organisaatiossa tapahtuvaa toimintaa, kuten tietojen tuomista muista osajärjestelmistä.
- Erityisesti kattilalaitosten turvallisuutta suunniteltaessa on järjestelmän toimittava virheettää onnettomuudessa, joka voi sattua vain kerran kattilan elinkaaren aikana¹⁶.

5.2 TLJ:n logiikkaosa

Kattilalaitoksen turvallisuuteen liittyvien järjestelmien TLJ-logiikkaosien täytyy olla perusohjelmistojensa kanssa turvallisuuskäyttöön tyyppihyväksytyjä (sertifioituja) tai turvallisuusviranomaisten tapauksittain hyväksymiä järjestelmiä. Tyyppihyväksyntä voi olla Suomen turvallisuusviranomaisten tai kyseisen tahon hyväksymän tarkastuslaitoksen antama. TLJ:n logiikkaosan tulee olla sellainen, että turvatoiminnoilta vaaditut turvallisuuden eheystason (TET) vaatimukset täyttyvät (yhdessä antureiden ja toimilaitteiden kanssa) ja se toteuttaa asetetut määräaikaistestausväli- ja käytettävyyksivaatimukset. TLJ:n logiikkaosa voidaan toteuttaa relejärjestelmällä, elektronisella langoitettavalla logiikkajärjestelmällä tai ohjelmoitavalla järjestelmällä. Relejärjestelmissä tulee ensisijaisesti käyttää turvallisuuskäyttöön tyyppihyväksytyjä releitä¹⁶.

TLJ:n logiikkaosassa tulee olla piirien valvonta ja poikkeamista tulla hälytys. Valvonnan tulee ottaa huomioon seuraavat asiat¹⁶:

- Jokin suojauskanava ei toimi (redundanssihäiriö) tai muu itsediagnostiikan ilmoittama vaarallinen vika.
- Tapahtuneissa laukaisuissa tulee päätetilavirhe (jos laukaisun tapahtuessa ei kaikkien turvatoimilaitteiden kohdalta ole saavutettu turvallista tilaa määräajassa, valvonta voidaan toteuttaa automaatiojärjestelmässä).
- Redundanttisten mittausviestien poikkeamavalvonta täytyy olla joka osassa.
- Useampikanavaisissa (redundanttisissa) mittauksissa tulee olla kunnonvalvonta, joka antaa hälytyksen jos yksikin n:stä samaa suuretta valvovasta raja-arvosta ei toimi muiden antaessa laukaisun tai toimii yksin (redundanssin valvonta).
- Mittauspiireillä täytyy olla vikavalvonta (esim. syöttöjännite, oikosulku, maasulku, katkos, viestin ala- ja yläraja ja anturikatkon valvonta).
- Työvirtaperiaatteella toteutetuissa järjestelmissä täytyy olla mittaus- ja laukaisupiirien johdon katkon valvonta.
- Turvatoimilaitteilla täytyy olla syöttöjännitteen valvonta.

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

5.2.1 Turvalogiikka

Turvalogiikka on tehty sovelluksiin, joilta vaaditaan erityistä turvallisuustekijöiden huomioon ottamista. Ohjelmoitavan turvalogiikan ero tavalliseen teollisuuslogiikkaan verrattuna on logiikan sisäinen rakenne. Turvalogiikoista ja turvalogiikoilla toteutetuista järjestelmistä löytyviä ominaispiirteitä ovat⁷:

- vikaantuneiden osien tunnistaminen jatkuvan testaustoiminnon ansiosta
- vikatilanteissa tulevien ja lähtevien signaalien ohjaaminen ”0”-tilaan
- laitteistojen eri osien toimintojen valvonta
- ohjelmamuistien prosessoreiden kahdennus (komparaattori vertaa koko ajan kahden sähköisenä peilikuvana tallennetun muistialueen tietoja toisiinsa)
- järjestelmäosien käytettävyysskahdennus
- tulo- ja lähtökanavien kyky tunnistaa kytketyn piirin kunto
- kolmansien osapuolten antama kansainvälisiin standardeihin perustuva tyyppihyväksyntä komponenttien, ohjelmien ja työkalujen soveltuvuudesta turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toteuttamiseen.

Järjestelmän turvallisuuteen liittyviin komponentteihin kohdistetut testaukset ja turvallisuustarkastukset ovat olleet tärkeitä turvalogiikoiden kehityksessä. Nykyisin monimutkaisen ohjelmoitavan turvalogiikan käytön edellytys on standardin IEC 61508 mukainen turvallisuussertifikaatti. IEC 61508:n mukaisen sertifiointin puuttuessa automaatiokomponenteille voidaan tehdä kevyempiä käyttäjien omia tai kolmannen osapuolen kelpoisuusarviointeja tietyille SIL-tasolle (Safety Integrity Level)⁷.

Tässä työssä turvalogiikka on samassa CPU:ssa kuin käyttöautomaatiokin, joten se on varsin nykyaikainen ja tehokas ratkaisu ja mahdollistaa molempien käytön samalla työkalulla. Simatic Manageriin vaaditaan turva-osiota varten erillinen safety-työkalu, mutta koska tehtaalla oma väki ei voi muuttaa turva-osiota, kyseiseen seikkaan ei tarvitse kiinnittää huomiota. Savon Sellun asentajat toivovat polttimien tietojen erittelyä turvalogiikan I/O-korteissa. Erittely mahdollistaa vikatilanteiden korjaukset helpommin. Toisin sanoen yhden polttimen I/O olisi aina omassa kortissaan. Kuvassa 6 on esimerkki käyttö- ja turva-automaation logiikan yhdistämisestä. Keltaisella merkityt kortit ovat turvalogiikkaa.

⁷ (Mipro Oy 2011)



KUVA 6. Käyttö- ja turvalogiikka (kuvan ylälaidassa)

5.2.2 Logiikkaosan I/O-liittynät

TLJ:n I/O-liittymien täytyy olla galvanisesti erotettuja logiikasta. Binäärilähtöjen täytyy kestää oikosulut ja ohjelmoitavien elektronisten järjestelmien I/O:ta ei saa käyttää TLJ:ään liittymättömien laitteiden, mittausten tai ohjausten liittämiseksi esimerkiksi automaatiojärjestelmään TLJ:n logiikkaosasta¹⁶.

5.2.3 Logiikkaosan sijoitus

TLJ:n logiikkaosa tulee sijoittaa turvalliseen ympäristöön. Se täytyy suojata ja ilmastoida niin, että tilan läheisyydessä mahdollisesti oleva kosteus, pöly, painevaikutukset ja syövyttävät aineet eivät vaikuta TLJ:ään. Sijoituspaikka täytyy varustaa herkillä (esim. näytteenottava) paloilmamaisimilla ja tarpeen vaatiessa myös automaattisesti toimivalla sammutusjärjestelmällä¹⁶.

Tässä työssä logiikkaosa sijoitetaan voimalaitoksen valvomon yläpuolella olevaan sähkötilaan. Uudelle logiikkakaapille on siellä runsaasti tilaa. Uusi tila on hyvin tuuletettu, valoisa, kuiva, puhdas ja varustettu paloilmamaisimilla. Kuvaan 7 on hahmoteltu uuden logiikkakaapin mahdollinen sijoitus ja esitetty voimalaitoksen valvomon yläpuolella oleva sähkötila.

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)



KUVA 7. Uuden logiikkakaapin sijoitus ja sähkötila

5.2.4 Redundanttisuus

Ohjattavalta prosessilta halutaan laatua, kapasiteettia ja toimintavarmuutta. Se asettaa prosessin ohjausjärjestelmälle eli ohjelmoitavalle logiikalle uusia haasteita. Näitä haasteita varten on kehitetty redundanttinen logiikkajärjestelmä, joka tarkoittaa sitä, että prosessin ohjaukset on jaettu kahteen yhdessä toimivaan keskusyksikköön. Toinen on varsinaista ohjausta hoitava laite ja toinen on varalaite, joka varsinaisen ohjauksen jonkin osan vikaantuessa alkaa toimia primäärisenä ohjauslaitteena. Ohjauksen siirtyessä päälaitteelta varalaitteelle ei ilmenny häiriöitä prosessin missään vaiheessa. Varalaite on täysin samanlainen päälaitteen kanssa. Varalaite pitää sisäisen tilansa jatkuvasti päivitettyinä automaattisesti toimivan nopean tiedonsiirtoyhteyden avulla.

Kahdennus toteutuu kaikilla tasoilla, eli keskusyksiköiden varmentamisen lisäksi on mahdollista kahdentaa myös järjestelmän virransyöttöyksiköt. Myös kommunikointiväylien kahdentaminen ja valvomotason operoinnin kahdentaminen prosessiliityntöjen suuntaan voidaan toteuttaa.

Poltinlogiikoiden kahdentaminen suoritetaan jokaisessa turvatoiminnossa. Missään sekvenssin vaiheessa tapahtuva virhe ei saa katketa logiikan päässä, joten kahdennus tuo varmuutta ja turvallisuutta. Redundanttisten ohjausjärjestelmien myötä myös kunnossapito pystyy järkevällä tavalla pitää yllä haluttuja toimintoja vikatilanteiden sattuessa, sillä toinen toiminto on aina huollettavissa.

5.3 Liitynnät järjestelmiin

TLJ:n ohjelmoitavan logiikan ja automaatio- tai muiden järjestelmien välisten välilyhteyksien avulla voidaan siirtää käskyjä tai tietoja TLJ:n logiikkaosaan ainoastaan silloin, jos käskynsiirto on laitteen tyyppihyväksynnässä hyväksytty tai turvallisuusviranomaiset hyväksyvät sen tapauksittain¹⁶.

Turvallisuuskriittisiä viestejä voi lähettää välilyhteyksien kautta ainoastaan, jos lähettäminen on laitteen tyyppihyväksynnässä hyväksytty tai turvallisuusviranomaiset hyväksyvät sen tapauksittain. Muissa tapauksissa täytyy käyttää kovalangoitettavia liitäntöjä. TLJ:stä saa siirtää mittausviestejä, toiminta ym. tietoa automaatiojärjestelmään ja siirtäminen on useimmissa tapauksissa tarpeellistakin¹⁶.

5.3.1 Käyttöliittymä

Jokainen turvallisuuteen liittyvän asian voimassaolo tulisi parhaimmassa mahdollisessa tilanteessa voida todeta valvomon näytöltä. Kaikkien TLJ:n analogiamittausten arvot sekä binääriset tilatiedot tulisi olla nähtävissä valvomon näytöltä tarvittaessa. Minkä tahansa kriteerin laukaistessa turvatoiminnan tulee laukaisusta saada valvomon henkilöstölle hälytys riittävällä erottelutarkkuudella. Hälytysten tallentamista suositellaan siten, että turvatoiminnan laukeamisen syy ja aika voidaan jälkikäteen saada selville tallenteista¹⁶.

Tämän työn käyttöliittymästä ja näyttökuvakkeista on kerrottu enemmän luvussa 3.7.

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

5.3.2 Sähkönsyöttö

TLJ:n sähkönsyötön täytyy olla varmennettu, katkeamaton ja järjestelmät tulee suojata syötöiltä tulevilta ali- ja ylijännitteiltä. Katko- ja häiriötilanteissa syötön automaattisen vaihtumisen varasyötölle täytyy tapahtua ilman järjestelmän käyttökeskeytyksiä. Kummasta vain syöttöjännitteen häiriöstä täytyy tulla hälytys käyttäjälle. Edellä mainitut asiat tulee ottaa huomioon myös TLJ:n sisäisissä sähkönsyötoissä¹⁶.

Varmistuksessa on suositeltavaa käyttää UPS-laitteistoa tai DC-akustoa, joiden toiminnasta on luotettava valvonta. Syöttöjännitteen riittävyys on varmistettava niin pitkäksi aikaa, että laitos ehditään ajamaan turvalliseen tilaan (tyypillisesti 30 minuuttia). Akuston varauskyky on testattava säännöllisesti¹⁶.

Tehtäessä turvatoimintoja työvirtaperiaatetta käyttäen, on sähkönsyöttö varmistettava. Työvirtaperiaatetta käytetään vain erikoistapauksissa, kuten soodakattilan pikatyhjennyksessä¹⁶.

Suosittelavaa on myös turvallisuuteen liittyvien laitteiden syöttöjännitteiden valinta niin, että erisuuruisia syöttöjännitteitä tarvitaan saman TLJ:n piirissä mahdollisimman vähän. Laitteiden jännitesyöttöjen keskittäminen omiksi ryhmikseen on järkevää ja niiden merkintöjen avulla ne tulee tunnistaa ja erottaa helposti muiden laitteiden syötöistä. Jokaisen syöttöjänniteyksikön jännitetason näyttö on myös suositeltavaa ja TLJ:n kenttälaitteiden sähkönsyöttö olisi parasta tehdä TLJ:n logiikkaosan kautta¹⁶.

5.3.3 Apuenergian valvonta

TLJ:n jonkin apuenergian hävitessä kuuluu siinä tapahtua muutos turvalliseen suuntaan ja tarvittaessa prosessin täytyy ohjautua turvalliseen tilaan. Valitsemalla lepovirtatoiminta tämä tapahtuu itsestään ilman erillisiä TLJ:n kautta tapahtuvia ohjauksia¹⁶.

Kattilalaitoksen vaara- ja riskianalyysin teon yhteydessä on ratkaistava, onko myös muiden apuenergioiden tason alenemisesta tehtävä turvatoimenpide TLJ:n kautta ja missä laajuudessa se on tehtävä. Kaikkia turvallisuuteen liittyvien järjestelmien ja laitteiden apuenergioiden syöttöjä on valvottava niin, että käyttäjälle tuodaan yksilöity

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

hälytys jos jokin apuenergian taso (jännite, paine) laskee tai jos jokin apuenergioista puuttuu¹⁶.

Turvallisuuteen liittyvät valvontamittaukset jotka käsittävät mittauslaitteita ja joissa mittausviestin toimisuuntaa ei ole voitu valita niin, että se muuttuu apuenergian hävitessä turvalliseen suuntaan, on sellaisten laitteiden apuenergian syötön häviämisestä tuotava TLJ:n logiikkaosaan signaali, jolla on TLJ:ssä vaikutus turvalliseen suuntaan¹⁶.

5.4 Turvaväylä

Ohjausjärjestelmää suunniteltaessa on turvallisuuteen liittyvä tiedonsiirto otettava mukaan luotettavuuden arviointiin. Riskiarvioinnin perusteella voi osoittautua, että kenttäväylien toiminta ja luotettavuus eivät sellaisenaan ole riittäviä turvallisuuteen liittyvien järjestelmien hallintaan. Tällaisessa tilanteessa toiminta- ja luotettavuusongelmien ratkaisemiseksi on valittava turvajärjestelmiin tarkoitettu turvaväylä. Tavallisimmat turvaväylät ovat sertifioituja ja niiden valmistajat ilmoittavat väylän suorituskyvyn (turvallisuuden eheyden tason SIL ja/tai suoritustason PL)¹².

Kenttäväylän ja siten myös turvaväylän tiedonsiirron toimintaperiaate on yksinkertainen: digitaalinen tietoliikenne toteutetaan biteillä, jotka luodaan väylään ohjelmallisesti määrätyissä rajoissa olevina jännitetasoina tai jännitevaihteluina (taajuus). Väylään yhdistetyt laitteet lähettävät väylään bittijonoja ja muut laitteet vastaanottavat niitä väylästä. Sama laite voi olla lähettäjä ja vastaanottaja. Väyläsovelluksen protokollassa esitetään tietoliikenteen säännöt eli muun muassa bittijonon muodostaman sanoman (data)paketti siihen kuuluvine tarkistuksineen, sanomaliikenteen ohjaus ja valvonta¹².

- Anturi- ja laiteväylissä sanoma kuvaa ainoastaan järjestelmän tilaa.
- ”Varsinaisessa” kenttäväylässä sanomissa on osoitteet, joiden avulla vastaanottajat tunnistavat niille osoitetut sanomat.
- Uusimmissa väylissä (Ethernet-pohjaisissa) sanomat pilkotaan palasiksi, jotka etsiytyvät nopeimmille reiteille ja vastaanottaja kokoaa saapuneet osat jälleen alkuperäiseksi sanomaksi.

Tiedonsiirrossa tapahtuvien bittivirheiden todennäköisyys on sekä kenttäväylillä, että turvaväylillä sama, mutta turvaväylissä nämä havaitaan. Turvaväylän vikaantuessa se ohjaa kaikki siihen liittyvät järjestelmät turvalliseen tilaan¹².

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

¹² (Sunqvist 2008)

5.5 Ohjausjärjestelmien turvallisuus

Valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta 12.6.2008/400 on määrätty ohjausjärjestelmistä asioita, joiden mukaan ne on suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että ne estävät vaaratilanteiden syntymisen. Asetuksen mukaan ne on suunniteltava ja rakennettava niin, että¹⁵:

- Niiden on kestävä tarkoitettut käyttörasitukset ja ulkoiset vaikutukset
- Ohjausjärjestelmän laitteisto- tai ohjelmistovika ei saa aiheuttaa vaaratilanteita
- Virheet ohjausjärjestelmän logiikassa eivät saa aiheuttaa vaaratilanteita
- Kohtuudella ennakoitavissa oleva inhimillinen erehdys käytön aikana ei saa aiheuttaa vaaratilanteita

Erityistä huomiota on kiinnitettävä seuraaviin ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyviin seikkoihin¹⁵:

- Käynnistyminen odottamattomasti
- Ominaisarvojen muuttuminen hallitsemattomasti, jos tällainen muutos saattaa aiheuttaa vaaratilanteita
- Pysähtymistä ei saa estää, jos pysäytyskäsky on jo annettu
- Mikään liikkuva osa tai koneen kiinni pitämä kappale ei saa pudota tai sinkoutua
- Minkään liikkuvan osan automaattinen tai käsikäyttöinen pysäyttäminen ei saa estyä
- Turvalaitteiden on pysyttävä täysin toimintakykyisinä tai annettava pysäytyskäsky
- Turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmän osia on käytettävä yhtenäisellä tavalla koneiden tai osittain valmiiden koneiden muodostamaan kokoonpanoon.
- Langattomassa ohjauksessa on saatava aikaan automaattinen pysäytys, jos oikeita ohjaussignaaleja ei saada tai jos yhteys menetetään.

5.6 Sekvenssiautomaatiikan turvavaatimukset

Poltinohjauksissakin käytetylle sekvenssiautomaatiikalle on olemassa erityisiä turvavaatimuksia joita tulee noudattaa. Poikkeustilanteet ja niiden syntyminen tulisi estää jo ennakolta. Sekvenssin olennaisimpiin askeleisiin täytyy lisätä varmistukset, joilla varmistetaan¹⁴:

- Toiminnon onnistumiselle olevien edellytyksien täyttyminen (lukitukset)
- Prosessin oikeassa tilassa oleminen
- Toiminnon sallittavuus

¹⁵ (Valtioneuvosto 2008)

¹⁴ (Viitamäki, Tommila & Nissilä 1991)

Jos sekvenssi jostain syystä keskeytyy, se ei saa joutua valvomattomaan tilaan. Täten esimerkiksi säädöille on asetettava sopivat arvot¹⁴.

Käyttäjän mahdollisuus katkaista sekvenssin toiminta tulee olla nopea. Väärien ja tarkoittamattomien toimien suoritus tulee käyttöliittymän kuitenkin estää. Käytettäessä sekvenssin käsiajaoa täytyy varmistua, ettei mitään turvatarkistuksia ole mahdollista ohittaa¹⁴.




Suunnittelun on tapahduttava niin, ettei automaattisesti voi tapahtua ylimääräisiä ohjauksia. Ohjauksien tulee olla sidottuna sekvenssin eri portaisiin. Ohjauksen muodostuessa pelkästään prosessimittausten kombinaatioista se voi muuttua äkillisesti kytkimiin vaikuttaessa tai anturien vikatilanteissa¹⁴.

Kun vaaditaan erityistä turvallisuutta, sekvenssin seuraava tilamuutos on koettava nimenomaan muutostilanteena. Esimerkkinä voi toimia tilanne, jossa sekvenssi odottaa venttiilin avautumista. Jatkumisen edellytyksenä ei siis saa olla pelkkä rajakytkimen tieto, vaan sen muutos tilasta toiseen. Tällä tavalla voidaan paljastaa rajakytkimen vika ennen vaara- eli poikkeustilanteen syntyä¹⁴.

5.7 Logiikoiden vaihto-operaation toteutus TLJ:n kannalta

Projektin TLJ osion kannalta on huomioitava monet erilaiset suunnitelmat ja määrittelyt, jotka on tehtävä etukäteen. Taulukossa 1 on esitetty esimerkki TLJ projektin läpiviemiseksi. Kuvan mallia on hyvä soveltaa Savon Sellun projektiin, sillä se kertoo selkeästi tarvittavat dokumentit ja testaukset.

TAULUKKO 1. TLJ-projektin läpivienti esimerkki¹⁶

TLJ-projekti		
Turvallisuuden hallinta (Management of Safety)	Elinkaaren vaiheet (Safety Lifecycle)	Toiminnallisen turvallisuuden arviointi
Turvallisuuksuunnitelma Henkilöstön pätevyys 	TLJ:n vaatimusmäärittely TLJ:n toteutuskuvaukset TLJ:n suunnittelu ja toteutus Tehdastestaus (FAT) Asennus ja kylmätestaus Kokonaiskelpoitus (SAT) ja käyttöönotto Käyttö ja ylläpito Muutosten hallinta 	Arvioinnin eri osuudet Arvioinnin riippumattomuus 

¹⁴ (Viitamäki, Tommila & Nissilä 1991)

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

5.8 Turvallisuuteen liittyvä dokumentointi

Turvallisuuteen liittyvällä dokumentoinnilla varmistetaan riittävä tiedonsaanti kaikissa järjestelmän elinkaaren vaiheissa, jotta järjestelmä on helposti toteutettavissa ja hallittavissa. Riittävä dokumentointi on edellytys sille, että järjestelmien ja riskin vähennyksen riittävyys voidaan todentaa ja arvioida. Turvallisuuteen liittyvä dokumentaatio on hyvä muodostaa omaksi selkeäksi kokonaisuudekseen. Dokumentoitavia asioita ovat suunnitelmat, määrittelyt ja kuvaukset sekä raportit (esim. kokonaisuuden turvallisuussuunnitelma ja toiminnallisen turvallisuuden arviointi)².

Tarvittavia dokumentteja ovat²:

- Tulokset vaara- ja riskianalyyseistä sekä niihin liittyvät lähtötiedot tai oletukset
- Turvallisuussuunnitelma (jolla osoitetaan tavoitteisiin pääseminen)
- Tiedot turvatoimintojen toteuttamiseen liittyvistä laitteista ja vaatimuksista
- Suunnitteluun, käyttöönottoon, testaamiseen sekä kelpuutukseen liittyvät asiat
- Menettelyt ja organisaatiot, jotka liittyvät turvatoimintojen toteuttamiseen, käyttöön ja ylläpitoon
- Muutosmenettelyyn liittyvät vaatimukset ja toteutukset
- Määräaikaistestaus /-testaus (suunnitelma, ohje ja raportit)

5.9 Turvallisuuteen liittyvän automaation tarkistuslista

Tässä kappaleessa on esitetty hyvän tavan mukaiset vaatimukset turvallisuuteen liittyvän automaation tarkastusta varten listanomaisessa muodossa. Lista koostuu aiemmin mainituista asioista. Listassa on myös esitetty muitakin kohtia kuin pelkästään polttimiin liittyviä tarkastuksia²¹:

- Kattilalaitoksen turvallisuuteen liittyvän automaatiojärjestelmän siihen kuuluvine laitteineen ja asennuksineen täytyy noudattaa voimassa olevia lakeja, asetuksia ja viranomaisten vaatimuksia
- Automaatiojärjestelmässä tulee olla käyttötarkoitukseen tai olosuhteisiin sopivia, luotettavia, huollettavissa olevia tms. laitteita ja järjestelmiä.
- Turvallisuuteen liittyvässä automaatiojärjestelmässä täytyy käyttää vain turvallisuuskäyttöön tyyppihyväksytyjä laitteita.
- Turvallisuuteen liittyvää automaatiojärjestelmä täytyy olla riittävästi erotettu tavanomaisesta prosessiautomaatiojärjestelmästä.
- Turvallisuuteen liittyvien toimintojen, laitteiden, järjestelmien ja piirien merkinnät dokumenteissa (PI -kaaviot, logiikkakaaviot, toimintaselostukset jne.), laitteistoissa ja asennuksissa täytyy olla selkeitä.
- TLJ:n turvatoimintojen toimintanopeudet täytyy täyttää niille asetetut vaatimukset.

² (Tukes 2007)

²¹ (Sarsama, Nissilä & Lehtinen 2000)

- TLJ:n logiikkaosilla täytyy olla asianmukaiset, turvallisuuden eheystasoa vastaava vaatimustasoon liittyvä tyyppihyväksyntä tai turvallisuusviranomaisen antama erillinen hyväksyntä.
- TLJ:n logiikkaosan pitää täyttää vaadittu turvallisuuden eheystaso, määräaikaistestausväli tai asetetut käytettävyyksivaatimukset.
- Relejärjestelmissä täytyy käyttää turvallisuuskäyttöön tarkoitettuja releitä.
- Elektronisessa langoitettavassa logiikkajärjestelmässä täytyy soveltaa vikaturvallista tekniikkaa.
- TLJ:n I/O-liitännät täytyy galvaanisesti erottaa logiikkaosasta / keskusyksiköstä.
- TLJ:n logiikkaosissa täytyy olla piirien valvonta ja poikkeamista täytyy tulla hälytys.
- Turvallisuuskriittisiä viestejä täytyy välittää siihen soveltuvien väyläyhteyksien kautta.
- Turvallisuuteen liittyvien kriteerien voimassaoloa täytyy voida todeta valvomon näytöillä.
- TLJ:n analogiamittausten arvoja ja binäärisiä tilatietoja täytyy olla nähtävissä valvomon näytöillä.
- Valvomoon täytyy saada hälytys turvatoiminnon lauettessa.
- Turvatoiminnon laukeamiseen liittyvät hälytykset täytyy taltioda järjestelmään.
- Turvallisuuteen liittyvien järjestelmien sähkönsyöttö täytyy olla varmennettu katkojen tai esimerkiksi yli- ja alijännitteiden suhteen riittävästi.
- Syötön vaihtuminen varasyötölle täytyy tapahtua ilman käyttökeskeytystä.
- Käyttäjä täytyy saada hälytys syöttöjännitteen häiriöistä.
- TLJ:n piirissä olevat laitteet tarvitsevat mahdollisimman paljon samanlaisia syöttöjännitteitä.
- TLJ:n kenttälaitteiden sähkönsyöttö täytyy tapahtua TLJ:n logiikkaosan kautta.
- TLJ:n täytyy reagoida TLJ:ssä tarvittavan tai muun apuenergian häviämiseen.
- Käyttäjän täytyy saada yksilöity hälytys apuenergian häviämisestä tai sen tason muutoksesta.
- TLJ:n laittilan sijoitus ja varustus on oltava sellainen, että kosteus, pöly, painevaikutukset, syövyttävät aineet ja muut ympäristön rasisustekijät eivät pääse vaikuttamaan siihen.
- TLJ:n laittilan palosuojaus ei saa olla puutteellinen.
- Turvallisuuteen liittyvien kriteerien (suojauskriteerien) mittausmenetelmien täytyy olla yksinkertaisia ja suojaukskriteerien muodostamiseen täytyy käyttää mahdollisimman primäärisesti mitattuja viestejä.
- Turvallisuuteen liittyvillä mittauksilla täytyy olla omat yhdyskohdat, juuriventtiilit, anturit, mittauslaitteet tms..
- Mittausten yhdistäminen TLJ:hin täytyy olla toteutettu mahdollisimman suoraan.
- Turvallisuuteen liittyvien mittauslaitteiden juuriventtiileistä täytyy ottaa kahvat tai käsipyörät pois ja juuriventtiilin sulkeminen vahingossa ei saa olla mahdollista.
- Turvallisuuteen liittyvää viestiä, jota käytetään myös muuhun kuin suojaustarkoituksiin täytyy tuoda ensimmäiseksi TLJ:hin.
- Turvallisuuteen liittyvien mittausten mittauskohdat täytyy valita oikein ja näin ollen vähentää mittauksissa esiintyviä häiritseviä tekijöitä.
- TLJ:hin liittyvien laitteiden materiaalien valinnassa ja mitoituksessa täytyy riittävästi ottaa huomioon ympäristö- ja prosessiolosuhteiden vaikutuksia.
- Mittausanturit ja -laitteet täytyy olla mitoitettu kestämiään kattilan koepaineita.
- Kenttälaitteiden pitää täyttää niille asetetut kotelointiluokkavaatimukset.
- Sähköisten ja elektronisten laitteiden ja järjestelmien pitää täyttää niille asetetut vaatimukset sähkömagneettisten häiriöiden päästöjen ja siedon suhteen.
- Turvallisuuteen liittyvissä analogiamittauksissa täytyy käyttää standardoitua mA -viestiä ja elävää nollaa käyttäviä 2-johdinlähettämiä.
- Ohjelmoitavissa lähettimissä täytyy olla ”vahingossa ohjelmoinnin” esto ja se täytyy myös olla kytkettynä päälle.
- Mittausalueiden täytyy peittää turvallisuuskriittisen prosessisuureen normaali käyttöalue ja ulottua turvallisuuteen liittyvien suojausrajojen ohi.
- Redundantisissa mittauksissa ei saa käyttää erilaisia mittausalueita.

- Mittauslaitteen vikaantumisen täytyy aiheuttaa TLJ:ssä muutoksen turvalliseen suuntaan.
- Binäärimittausten toimintapisteet täytyy olla työkaluilla tai erillisellä laitteilla aseteltavia tai lukittavia.
- Kosketinanturien koskettimien täytyy antaa varma kosketus.
- Mittauslaitteessa, jossa on useampia kuin yksi raja, rajojen viritykset eivät saa vaikuttaa toisiinsa.
- Turvallisuuteen liittyvien mittauslaitteiden suorituskyky täytyy olla riittävä vaaratilanteen ilmaisemiseksi.
- Turvallisuuteen liittyvissä mittauksissa ei saa käyttää ylimääraisiä olotilakompensointeja.
- Turvallisuuteen liittyvien mittausten olotilakompensoinnit täytyy laskea TLJ:hin kuuluviksi.
- Turvallisuuteen liittyvien analogisten mittausviestien raja-arvojen muodostaminen täytyy toteuttaa TLJ:n logiikkaosassa
- Mittauslaitteet täytyy asentaa erilaisten ulkoisten olosuhteiden, laitteiden huollettavuuden ja kunnossapidettävyyden kannalta oikein.
- Mittausviestien kaapelit eivät saa olla olosuhteisiin ja TLJ:n häiriönsietokykyyn nähden puutteellisia.
- TLJ:n redundanttisten mittausten kaapelit eivät saa kulkea TLJ:n logiikkaosaan samaa reittiä.
- Lieriökattilan kuviinkiehunnan valvonta täytyy olla toteutettu lieriön pintamittauksen avulla.
- Pinnanmittausyhteinä täytyy käyttää tarpeeksi suuria mittausyhteitä.
- Pintamittauksen primääriset venttiilit eivät saa olla asennettu niin, että ne voivat aiheuttaa vesilukon muodostumisen.
- Primääriset sulkuventtiilit täytyy voida lukita käyttöasentoonsa.
- Tiheyskompensoinnin täytyy perustua lieriöstä mitattuun paineeseen.
- Läpivirtauskattiloiden kuviinkiehumisen valvonnan täytyy perustua tarpeeksi suureen mittauspisteiden määrään.
- Höyrystimien vesikierron valvonta pakkokierto-kattilassa täytyy olla asianmukainen.
- Kaasu- tai öljypolttimissa täytyy käyttää liekinvalvojaa, joka antaa sytytys- ja pääliekille erillisen "liekki on" -signaalin
- Öljypolttimen hajoitushöyryn paine tai tulistusaste täytyy olla tarpeeksi suuri ja hajoitushöyryn painetta täytyy voida valvoa riittävän tarkasti.
- Polttimien täytyy pysähtyä hajoitushöyryn paineen laskiessa riittävän alas.
- Liekinvalvojan sijoituksessa ei saa olla puutteita, eikä liekinvalvoja saa "nähdä" toisten polttimien liekkiä.
- Tulipesän paineen valvonnan mittausyhteet tai impulssiputket täytyy asentaa asianmukaisesti.
- Savukaasujen poiston valvonnan täytyy kattaa puhaltimen käynnissäolon valvonta ja savukaasukanavien peltien aukiolon valvonta.
- Kaasun tai öljyn paineenvälvonnan mittauskohta ei saa sijaita ennen säätöventtiiliä.
- Kaasun minimi- ja maksimipaineen valvonta täytyy toteuttaa erillisillä mittauslaitteilla.
- Hätä-seis-painikkeita täytyy olla riittävä määrä, painikkeiden täytyy olla oikeantyyppisiä, niiden luokse täytyy päästä helposti ja ne täytyy olla helposti havaittavassa paikassa.
- Keskeisten laitteiden (esimerkiksi savukaasupuhaltimen) käynnin valvonta täytyy olla toteutettu riittävän primäärisesti.
- TLJ:hin liitettyjen venttiilien, peltien yms. asentorajakytkimet täytyy olla erillisiä ohjaukseen käytetyistä rajoista.
- TLJ:lle täytyy tehdä riittäviä määräraikaistestejä.
- Määräraikaistestien tekemiseksi täytyy olla olemassa riittäviä koestusohjeita, koestuksista täytyy pitää pöytäkirjaa ja määräraikaistestien tekijöiden pätevyys täytyy olla riittävä.

- Määräaikaistestit täytyy tehdä kokonaisuus huomioon ottaen; mittaukset, logiikka, ohjattavat laitteet jne.
- Tarkistus- ja testausjärjestelyt eivät saa heikentää laitoksen turvallisuutta.
- Tarkistus- ja koestusjärjestelyt täytyy ottaa riittävästi huomioon TLJ:n suunnittelussa.
- Turvallisuuteen liittyvien mittauslaitteiden toiminnassa oloa ja mittausviestien oikeellisuutta ei ole mahdollista tarkistaa käynnin aikana.
- Mittausviestejä ei voida mitata sähköisesti suojausjärjestelmän sisäänmenoissa.
- Suojaustoimintojen koestuksia ei voida suorittaa ilman asennusten purkamista; laitteiden, impulssiputkien, johtojen irrottaminen jne.
- Paine- ja paine-eromittaukset täytyy olla varustettu venttiilein ja tarkistusmittausliitännöin niin, että niiden avulla voidaan tarkistaa esimerkiksi laitteen 0-piste, viritys ja raja-arvojen asettelu.
- TLJ:n käyttöä, ylläpitoa ja muutosten tekoa varten täytyy olla olemassa menettelyohje ja ohjeiden täytyy olla asianmukaisia. Henkilöitä, jotka saavat tehdä muutoksia tai jotka hyväksyvät muutokset täytyy olla määritetty.
- TLJ:n laukaisujen, häiriöiden sekä muutosten dokumentoinnin täytyy olla asianmukainen.

5.10 Turva-automaatiojärjestelmän toteutuksen osapuolet

Osapuolet uuden turva-automaatiojärjestelmän toteutuksessa ovat toiminnanharjoittaja (ostaja), turva-automaation toimittaja ja valmistaja, viranomainen, tarkastuslaitos ja viimeisenä arvioija. Seuraavissa kappaleissa on esitetty näiden osapuolien toimintaa turva-automaatiojärjestelmän toteutuksessa.

5.10.1 Toiminnanharjoittaja

Vastuu turva-automaatiojärjestelmän kannalta oleellisten kemikaali- ja prosessitietojen sekä vaatimusmäärittelyjen antamisesta on toiminnanharjoittajalla (omistaja/haltija/tilaaja). Toiminnanharjoittajalla täytyy olla määriteltynä järjestelmälliseen hallintaan liittyen toimenpiteet uutta turva-automaatiojärjestelmää ja vanhaan järjestelmään tehtäviä muutoksia ja ylläpitoa varten. Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi ovat oleellinen osa prosessia, jonka mukaan järjestelmät suunnitellaan ja kunnossapito toteutetaan².

Toiminnanharjoittaja on ensisijaisesti vastuussa myös järjestelmän käytönaikaisesta kunnossapidosta, jollei toimittajan kanssa sovita erillisestä kunnossapitosopimuksesta. Uusiessa tai muutettaessa olemassa olevia järjestelmiä, toiminnanharjoittaja hankkii useimmiten määrittelyn, suunnittelun ja itse järjestelmän toteutuksen ulkopuoliselta. Tällöin toiminnanharjoittajan tehtäväksi jää huolehtia siitä,

² (Tukes 2007)

että toteutukselle esitetään riittävät vaatimukset. Käytössä olevien järjestelmien tai niihin tehtävien muutosten ja kunnossapidon riittävyys sekä asianmukaisuus tulee pystyä näyttämään toteen².

Toiminnanharjoittajan kuuluu olla yhteydessä lupaviranomaiseen tai vaatimustenmukaisuuden arvioinnin tekevään tahoon riittävän aikaisessa vaiheessa ja sovittava toteutettavista menettelytavoista².

5.10.2 Toimittaja ja valmistaja

Turvatekniikan toteuttaminen edellyttää ilman säädösten asettamia vaatimuksiakin laadun varmistamiseen liittyvien periaatteiden hyvin noudattamista ja siten myös toteutukseen liittyvän soveltuvuuden osoittamista. Laadun varmistamisen periaatteilla eli ennakkosuunnitelmilla, kokonaisuuden elinkaaren kattavilla laadunvarmistustoimilla ja dokumentoinnilla osoitetaan projektin kyky täyttää vaatimukset².

Painelaitteiden turvajärjestelmistä vastaa valmistaja. Sillä, joka saattaa markkinoille painelaitteen, siihen liittyvän varolaitteen tai turvajärjestelmän, on oltava osoitus siitä, että laite tai järjestelmä sekä sen suunnittelu ja valmistus täyttävät säädetyt vaatimukset. Turva-automaatiojärjestelmän toimittajan on toimitettava sellainen kokoonpano, joka vastaa vaatimuksiltaan toiminnanharjoittajan tilaamaa ja täyttää säädösten vaatimukset².

Prosessilaitosten laitekokonaisuudet kootaan yleensä yksittäisistä laitteista, mukaan lukien turvalaitteet. Mikäli laitekokonaisuuteen kuuluu turva-automaatiojärjestelmä luokitellaan myös se painelaitteisiin kuuluvaksi. Turva-automaatiolaitteiden ja järjestelmän asentamisesta (ja valmistamisesta) laitokseen vastaa järjestelmän valittu toimittaja tai laitteistokokonaisuuden valmistaja. Laitteistokokonaisuuden valmistaja vastaa myös kokonaisuuden vaatimustenmukaisuudesta, liitettävien painelaitteiden asianmukaisuudesta ja soveltuvuudesta laitekokonaisuuteen².

Turva-automaation toimittajan tulee toteutuksen eri vaiheissa noudattaa toiminnanharjoittajan järjestelmälle esitettyjä vaatimuksia ja lisäksi alan hyväksi havaittuja käytäntöjä².

² (Tukes 2007)

5.10.3 Viranomainen

Turvatekniikan keskus (TUKES) toimii Suomessa teknisen turvallisuuden ja luotettavuuden valvontaviranomaisena. Tukesin toimialoihin kuuluvat mm. vaarallisten kemikaalien teollinen käsittely ja varastointi sekä painelaitteet ja paineelliset järjestelmät. Sen tehtäviin kuuluu markkinoilla olevien tuotteiden, laitteistojen, laitosten ja teknisten palveluiden valvonta. Turvatekniikan keskus siis toimii viranomaisena tämänkin työn projektissa².

Toiminnanharjoittajan kuuluu esittää lupahakemuksen tai muutosilmoituksen yhteydessä suunnitelmat turva-automaatiojärjestelmän toteutuksen periaatteista ja sen riittävydestä suunniteltuun tarkoitukseen. Myös järjestelmän käytönaikaisista tarkastusmenettelyistä kuuluu tehdä ilmoitus. Tukes tarkastaa laitoksen ennen käyttöönottoa ja tekee laitoksiin säännöllisiä määräaikaistarkastuksia. Turva-automaation toteutus ja kunnossapidon säädösten vaatimustenmukaisuus selvitetään näissä määräaikaistarkastuksissa².

Turvatekniikan keskuksen kuuluu vastata painelaitteiden markkinavalvonnasta Suomessa ja valvoa niiden käytön turvallisuutta. Tukes myös hyväksyy ja valvoo toimialansa kansallisia tarkastuslaitoksia².

5.10.4 Tarkastuslaitos

Tarkastuslaitoksen tehtäviin kuuluu varmistaa laitteistojen tekninen turvallisuus ja luotettavuus, kun laitteita ja laitteistoja valmistetaan, otetaan käyttöön sekä sen jälkeen niitä käytettäessä normaalitilanteissa. Painelaitteiden turva-automaatiojärjestelmien arviointi erityisesti laitekokonaisuuksissa ja määräaikaistarkastuksissa kuuluu nimetyn tarkastuslaitoksen tehtäviin. Arvioinnista sovittaessa kuuluu määritellä selkeästi, minkälaiset vaatimukset ja osaamisen alueet arviointiin kohdistuvat. Vaatimusten ja osaamisalueiden on oltava kaikkien osapuolten tiedossa².

² (Tukes 2007)

5.10.5 Arvioija

Laitoksen turva-automaatiojärjestelmän arvioijana pystyy toimimaan pätevyyksiensä mukaan tarkastuslaitos tai muu valmistuksesta riippumaton pätevä osapuoli. Vaatimustenmukaisuuteen ja niiden osoittamiseen liittyvät asiat kuuluu selvittää hyvissä ajoin arvioijalle, esim. millä tavalla ja kuka suorittaa eri vaiheiden arviointeja. Tilaaja tai toiminnanharjoittaja tekee sovellusalueelle sopivan arvioijan valitsemisen, mutta on suositeltavaa valintaa tehtäessä olla yhteydessä vaatimustenmukaisuuden arvioinnista vastuussa olevaan tahoon. Tällä tavoin vältetään resurssitarpeiden päällekkäisyys ja varmennetaan menettelytavan oikeellisuus².

² (Tukes 2007)

6 PROJEKTIIN LIITTYVÄT STANDARDIT, SUOSITUKSET JA MÄÄRÄYKSET

Tässä luvussa esitellään projektissa tarvittavat standardit ja kerrotaan opinnäytetyön teossa käytettyjä hyödyllisimpiä suosituksia.

6.1 KLTk – suositukset

Eniten hyötyä työssä oli kattilalaitosten turvallisuuskomitean julkaisuista, jotka pohjautuvat Suomessa noudatettaviin standardeihin. KLTk:n julkaisut ovat toisin sanoen tiivistelmiä noudatettavista standardeista ja ne kertovat minimivaatimukset painelaitteita käyttäville laitoksille. Kunkin julkaisun ohessa on liite, johon on merkitty standardit joihin se pohjautuu.

Kattilalaitosten turvallisuuskomitea on asiantuntijaelin, jossa on edustettuna teollisuus, energiantuotanto, kattilanvalmistus, voimalaitossuunnittelu, vakuutus, viranomainen sekä tarkastus. KLTk on julkaissut turvallisuusohjeita erilaisten polttoaineiden käytöstä kattilalaitoksissa ja niihin liittyvien laitteiden turvallisuusohjeita. KLTk on julkaissut myös muita kattilalaitoksiin liittyviä yleisiä turvallisuusohjeita, kuten turvallisuuteen liittyvästä automaatiosta¹⁸.

Ohjeet ovat julkaistu tähän asti eri vakuutusyhtiöiden suojeleohjeina ja 1980-luvulle saakka ne ovat olleet myös Ekonon julkaisusarjoissa, joita silloin on ollut tarjolla. Ohjeiden julkaisemiseen lupautui kesällä 2007 Finanssialan Keskusliitto¹⁸.

Ohjeiden pääasiallinen tarkoitus on täydentää kattilalaitoksia koskevia standardeja, määräyksiä ja direktiivejä. On tärkeää huomata, että ohjeet ja standardit eivät ole pakollisia. Ne kertovat hyviksi koetuista ratkaisuista, joita seuraamalla on mahdollista saavuttaa asianmukainen turvallisuustaso. Vastaavanlainen turvallisuustaso voidaan erityistapauksissa saada aikaan myös erilaisilla teknisillä ratkaisuilla, joiden riittävyys täytyy arvioida tapauskohtaisesti. On erittäin tärkeää muistaa projektin edetessä, että vastuu toteutetuista ratkaisuista ja turvallisuudesta on aina kattilalaitoksen omistajalla¹⁸.

¹⁸ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2008)

6.1.1 Öljynpoltto

Öljynpoltosta ohjeistava kattilalaitosten turvallisuusohje on tarkoitettu höyry-, kuumavesi-, lämminvesi- ja kuumaöljykattiloille sekä teollisuuden öljynpolttolaitteille¹¹.

Öljynpolttoon tehtyä ohjetta sovelletaan öljynpolttoon myös silloin, kun samanaikaisesti käytetään muitakin polttoaineita. Käynnistys- ja apupolttimille öljynpoltto-ohjetta suositellaan ainoastaan soveltuvien osien¹¹.

6.1.2 Turpeen käsittely ja turvepölyn poltto

Turvepölyn poltosta ohjeistava kattilalaitosten turvallisuusohje on tarkoitettu suurehkoihin höyrykattiloihin erityisesti silloin, kun tavallisesta polttoturpeesta valmistettu turvepöly johdetaan myllyjen tai kuivurilaitteiston kautta polttimiin. Polttoturpeen käsittelyä ja varastointia koskevaa osuutta voidaan soveltaa kaikissa turvetta polttoaineena käyttävissä laitoksissa. Suhteellisen pienissä höyrykattiloissa voidaan kyseistä ohjetta käyttää soveltaen¹⁰.

Ohjeen laajuus käsittää polttoturpeen vastaanoton, varastoinnin, käsittelyn, siirron, pölynvalmistuksen ja pölypolton. Ohjetta voidaan soveltuvin osin käyttää myös erilaisessa polttoturpeen suorapuhallus-, arina-, leiju-, sykloni- tms. poltossa karkean polttoaineen, puupölyn ja leijupolton ohjeiden kanssa. Ohje pätee myös jos puun kuorintajätteitä poltettaessa käytetään turvepölyn valmistus- ja polttolaitteita¹⁰.

On hyvä mainita, että tätä ohjetta voidaan soveltaa turvepölyn polttoon silloinkin, kun samalla käytetään muita polttoaineita. Muiden polttoaineiden osalta noudatetaan asianomaista ohjetta¹⁰.

6.1.3 Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvä automaatio

Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvää automaatiota varten tehty ohje on tarkoitettu kattilalaitoksille joissa on rekisteröitävä höyrykattila, jonka teho on yli 6 MW, tai rekisteröitävä kuumavesikattila, jonka teho on yli 15 MW¹⁶.

¹¹ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1997)

¹⁰ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 1994)

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

Kattilalaitoksen turvallisuuteen liittyvä automaatio-ohjetta sovelletaan kattilalaitosten turvallisuuteen liittyviin järjestelmiin (TLJ). Kattilalaitoksen ollessa turvatoiminnoiltaan hyvin yksinkertainen, ohjetta voidaan käyttää vain soveltuvin osin¹⁶.

6.2 Toiminnallisen turvallisuuden luokittelun standardit

Toiminnallisen turvallisuuden luokitteluun käytetään kahta eri standardiperhettä: IEC:n 61508-sarjaa, joka sisältää myös alakohtaisia sovellusstandardeja sekä ISO:n 13849-1:en. IEC:n standardit perustuvat SIL -luokitukseen (Safety Integrity Level = turvallisuuden eheystaso). ISO:n standardit taas perustuvat PL-tasoon (Performance Level = suorituskvyn taso). Täytyy myös muistaa, että SFS-EN 954-1 mukaiset luokat ja kategoriat on vielä käytettävissä 31.12.2011 asti¹⁹.

Standardin SFS-EN 954-1 luokittelutapa pohjautuu arkkitehtuuriin ja vikakäyttäytymiseen. Huomioon ei oteta ohjelmoitavia järjestelmiä, vaan niitä tutkitaan järjestelmätasolla. Käytännössä katsoen kategorian 3 ja 4 järjestelmät ovat kahdennettuja eli redundanttisia¹⁹.

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 luokittelutapa sisältää yhtenä osatekijänä kategorian, mutta siinä otetaan huomioon lisäksi keskimääräinen vaarallisten vikojen väli, diagnostiikan kattavuus sekä monia muita jokaiseen PL-tasoon liittyviä vaatimuksia. Standardissa käsitellään myös ohjelmoitavia järjestelmiä, mutta erityisesti suuren suorituskvyn tason vaatimuksissa viitataan suuresti IEC 61508 standardiperheeseen¹⁹.

Standardin SFS-EN 62061 luokittelu on tarkoitettu ohjelmoitaville järjestelmille ja niissä eritoten järjestelmäsovelluksia varten. Luokittelu perustuu vaarallisen vian todennäköisyyteen, mutta se sisältää lisäksi useita jokaiseen SIL-tasoon liittyviä vaatimuksia¹⁹.

IEC 61508 standardiperhe käsittelee todella laajasti paljon erilaisia ohjelmoitavia järjestelmiä. Sitä voidaan käyttää mm. sulautettujen järjestelmien ja korkean tason ohjelmointikielien tarkasteluun sekä erityisen kriittistä tarkastelua vaativiin kohteisiin¹⁹.

¹⁶ (Kattilalaitosten turvallisuuskomitea 2000)

¹⁹ (Malm, Venho-Ahonen & Vanhala 2010)

Standardeja SFS EN 62061 ja SFS-EN ISO 13849-1 on mahdollista käyttää molempia ristiin niin, että joitain järjestelmän osia käsitellään ensimmäisellä ja loput järjestelmän osat käsitellään toisella standardilla. Näin ollen esimerkiksi hydraulikka ja pneumatiikka voidaan käsitellä standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti ja elektroniikka käsitellä standardin SFS EN 62061:n mukaisesti¹⁹.

Ohjausjärjestelmältä vaadittava toiminnallisen turvallisuuden taso voidaan saada joko likiarvona suoraan standardista tai tarvittaessa myös riskin arvioinnin perusteella. Useat konekohtaiset ISO-standardit asettavat tarvittavat määritykset nykyään vaadittaville PL-tason turvatoiminnoille. Määrittely kuvaa keskimääräistä tapausta ja siitä voidaan poiketa hyvin perustein. Soveltajan täytyy arvioida, onko standardin arvio kyseessä olevaan kohteeseen sopiva. Tilanteissa, joissa standardeista ei löydy turvatoiminnoille PL-tasoa, täytyvät päätökset tehdä riskin arvioinnin perusteella. SFS-EN ISO 13849-1 käyttää riskin arvioinnin perustana riskigraafia¹⁹.

Teoriassa ohjausjärjestelmän turvatoiminnot voidaan luokitella SFS-EN ISO 13849-1, SFS-EN 62061, SFS EN 954-1 tai IEC 61508 standardien mukaisesti. Standardien SFS-EN ISO 13849-1 ja SFS-EN 62061 alussa on taulukko valinnan tekemistä varten¹⁹.

Valintaa tehtäessä kannattaa ottaa seuraavat kysymykset huomioon¹⁹:

- Onko turvatoiminnon luokittelu tehty jo etukäteen siihen soveltuvien standardien mukaisesti?
- Löytyykö tietylle turvatoiminnoille luokittelu suoraan jostain konekohtaisesta standardista?
- Käytetäänkö ohjausjärjestelmässä korkean tason ohjelmointikieliä, sulautettua elektroniikkaa tai onko kyseessä oleva kohde turvallisuuden kannalta erityisen kriittinen?
- Käytetäänkö järjestelmässä ohjelmoitavaa ohjausjärjestelmää, joka koostuu sovellosohjelmistosta ja kyseessä olevaan SIL-tasoon sopivasta toteutusympäristöstä?
- Koostuuko järjestelmä hydraulikasta, pneumatiikasta, peruselektroniikasta ja sähkötekniikasta vai tavoitellaanko järjestelmällä korkeintaan PL=d tasoa?
- ISO 13849-1:n on nopea soveltaa, mutta johtaako se pieneen turvallisuuden ylimitoitukseen?

¹⁹ (Malm, Venho-Ahonen & Vanhala 2010)

6.3 Standardien käyttö

Vuoden 2009 lopusta alkaen kaikkien koneiden turvajärjestelmien tulee täyttää toiminnallisen turvallisuuden standardien SFS-EN ISO 13849-1&2 tai SFS-EN IEC 62061 vaatimukset²⁰.

EN 954-1:n poistuessa käytöstä uutena tehtävänä on turvallisuuden uudelleen määrittelemisen, sillä 13849-1&2 laajentaa kategoriat ISO:n suoritus- eli PL-tasoiksi (Performance Level) todennäköisyyslaskennan keinojen avulla. Tämä mahdollistaa konfiguroitaville laitteille turvatoimintojen yksinkertaisemman soveltamisen²⁰.

Käytettäessä 62061-standardia PL-tasoja vastaavat SIL-tasot (Safety Integrity Level), mutta menettelytapana on samantapainen²⁰.

Perinteisen vaara-analyysin sijasta tehdään riskinarviointi, ja käytettävä riskikuvaaja vastaa koneenrakennuksen standardissa EN-IEC 61508/11 käytettävää riskikuvaajaa. Riskiarvioinnissa tulokseksi saadaan ”turvallisuuden eheyden taso” (SIL), jota voidaan käyttää esimerkiksi prosessiautomaation turvallisuuden arvioinnissa²⁰.

Standardi 62061 määrittää toiminnallisen turvallisuuden sähköisille, elektronisille sekä ohjelmoitaville sähköisille ja elektronisille ohjausjärjestelmille. Sitä ei siis näin ollen voida käyttää esimerkiksi hydraulisille, pneumaattisille tai sähkömekaanisille turvallisuuteen liittyville laitteille²⁰.

Standardia 13849-1&2 voi soveltaa kaikkiin turvallisuuteen liittyviin ohjauksiin ja kaikenlaisille koneille. Ohjelmoitaville sähköisille ja elektronisille ohjausjärjestelmille sen tarjoama tarkastelu on vähemmän kattava kuin 62061:n²⁰.

Turvallisuuden arvioinnissa 13849-1&2 laajentaa standardin EN-954-1 kategorioita lisäämällä arviointikriteereihin 3 käsitettä jotka ovat ”keskimääräinen vaarallinen vikaantumisaika” (MTTfD, Mean Time To dangerous Failure), ”diagnostiikan kattavuus” (DC, Diagnostic Coverage) ja ”yhteisvikaantuminen” (CCF, Common Cause Failure). Arvioinnin tulokseksi saadaan työssä aiemminkin mainittu ”suoritusaste” (PL, Performance Level)²⁰.

²⁰ (Mäkelä 2010)

Aiemmista standardien vertailuista voidaan tehdä johtopäätös, että laajemman soveltuvuusalueensa ansiosta standardi 13849-1&2 sopii paremmin turvallisuuden arviointiin koneautomaatiossa erityisesti sellaisissa tilanteissa, kun koneessa on muitakin kuin sähköisiä ja elektronisia turvallisuuteen liittyviä laitteita²⁰.

²⁰ (Mäkelä 2010)

7 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä tarvittavat esiselvitykset Savon Sellun tulevaan poltinten logiikoiden vaihtoon, selvittää turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä ja niihin vaikuttavia standardeja sekä laatia polttimille toimintaselostukset sekvenssiohjausten perusteella. Työn edetessä tavoitteet selvenivät ja sisältöön tuli asioita, joita työn tilaaja erityisesti halusi. Suurin osa työstä käsittelee turvallisuuteen liittyviä järjestelmiä ja niiden standardeja, jotka ovat kriittisiä asioita tulevan projektin kannalta. Valvomoon tulevien näyttökuvien pohtiminen ja logiikoiden vaihtoon liittyvän laitteiston sijoittelu onnistui saatujen neuvojen perusteella. Työssä selvitettiin paljon myös turvallisuuteen liittyvien järjestelmien teoriaa, joka kytkettiin käytännön asioihin.

Työn sisältö auttaa turvallisuuteen liittyvien järjestelmien suunnittelua ja helpottaa budjetin laatimista tulevaa modernisointia varten. Itse modernisointi suoritetaan kahdessa eri seisokissa, ja tilaaja voi itse vaikuttaa siihen, mikä osa vaihdettavista järjestelmän osista priorisoidaan ensimmäiseen seisokkiin. Ennen modernisointia on hyvää aikaa suorittaa erilaisia tarkastuksia ja tehdä havaintoja mahdollisista vaihdon tarpeessa olevista laitteista.

Työtä oli miellyttävä tehdä ja se tarjosi sopivasti haasteita. Asetetut tavoitteet täyttyivät, ja työ sisältää paljon asioita tulevaa projektia varten. Aihe oli erittäin mielenkiintoinen ja siitä oppi paljon. Työn tarjoamasta tiedosta on varmasti hyötyä tulevaisuuden työtehtävissä. Aihe kiinnostaa myös monia ulkopuolisia, sillä esimerkiksi turvallisuuteen liittyvistä ohjausjärjestelmistä on tietoa tarjolla hyvin rajallisesti.

LÄHTEET

1. Hietanen, T. 2009. *Oppimateriaali kurssiin TL121105 Automaatiotekniikka 1*. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö.
2. Turvatekniikan keskus. 2007. *Turva-automaatio prosessiteollisuudessa* [verkkodokumentti]. [viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/kemikaalit_kaasu/Turva-automaatio_prosessiteollisuudessa.pdf
3. Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi. 2007. *Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.
4. Wikipedia. Vapaa tietosanakirja: *Ohjelmoitava logiikka* [verkkodokumentti]. Viitattu [28.3.2011]. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka
5. Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa. 1999. *Automaatiolaitteet*. Helsinki: Oy Edita Ab.
6. Siemens Automation Oy. *Simatic WinCC – Basic Software* [verkkodokumentti]. [Viitattu 16.3.2011]. Saatavissa: <http://www.automation.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/visualization-software/scada/simatic-wincc/Pages/Default.aspx>
7. Mipro Oy. Ohjelmoitavat turvalogiikat [verkkodokumentti]. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: http://www.mipro.fi/mvhome/homepage_item_view.html;jsessionid=5C12A757FBCD65F5056C192520505435.s1w1?id=0000138&did=295&lang=fi
8. Itkonen, A. Itä-Suomen ympäristölupavirasto. *Savon Sellun ympäristölupa – ympäristölupaviraston ratkaisu* [verkkodokumentti]. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74768>
9. Fintekra Oy. *TLJ* [verkkodokumentti]. [Viitattu 31.3.2011]. Saatavissa: <http://www.fintekra.fi/TLJ.htm>

10. Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1994. *Turpeen käsittely ja turvepölyn poltto*. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet 5.
11. Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 1997. *Öljynpoltto*. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet 2.
12. Sundqvist, M. 2008. *Teollisuusautomaation tiedonsiirtoliikenne: Turvaväylät*. Inspecta Koulutus Oy Espoo.
13. Naulanen, J. 2006. Hyvän lämmön takaa hyvä automaatio. Kunnossapito. Julkaisu 5/2006.
14. Viitamäki, Tommila & Nissilä. 1991. *Automaattisen tuotannon turvallisuus ja käyttövarmuus: Sekvenssiohjausten turvallisuus*. Työsuojelurahasto, valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tampereen teknillinen korkeakoulu & teknillinen korkeakoulu.
15. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. 2008 Finlex.
16. Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 2000. Kattilalaitosten turvallisuuteen liittyvä automaatio. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet 10.
17. Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa. 1995. *Poltto ja palaminen*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
18. Kattilalaitosten turvallisuuskomitea. 2008. Kattilalaitosten turvallisuusohjeet 1.
19. Malm, Venho-Ahonen & Vanhala. 2010. *Automaatiouusintojen turvallisuus konejärjestelmissä*. VTT:n tutkimusraportti. Tampere.
20. Mäkelä, M. 2010. Koneiden riskit hallintaan: Toiminnallinen turvallisuus uudistuu. Prosessori. Julkaisu 9/2010.
21. Sarsama, Nissilä & Lehtinen. 2000. *Opas kattilalaitoksen vaaran arvioinnin laatimiseksi*. Tukesin tutkimushankkeen loppuraportti. Helsinki.

Päänäyttöön halutut osat turpeen vastaanotossa ja turpeen poltossa (PI - kaaviosta nro. 19000884)

- Vihreä väri osoittaa, että kyseessä on turpeen vastaanottoon halutut indikoinnit
- Vaaleanharmaa väri osoittaa, että kyseessä on turpeen polttoon halutut indikoinnit
- Keltainen väri osoittaa turpeen vastaanottoon alavalikoksi halutut indikoinnit

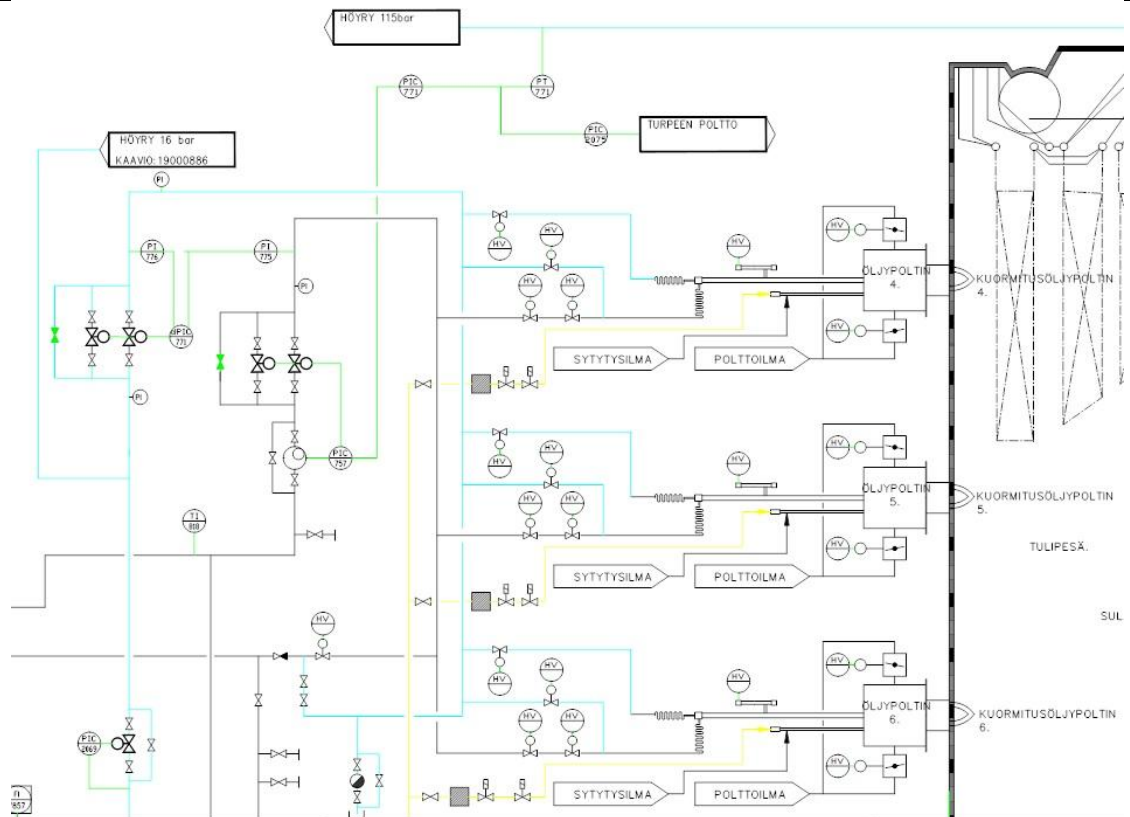
Positio ja/tai järj. tunnus	Selitys	Nykyinen järjestelmä
KUO_73105 VD02	Ketjupurkain 1	S5
KUO_73110 VD03	Ketjupurkain 2	S5
KUO_73115 VD04	Kolakuljetin kiekoseulalle	S5
KUO_73125 VD46	Kantomurskan moottori	S5
KUO_73120 VD05	Kiekkoseulan moottori	S5
KUO_73130 VD34	Kolakuljetin siiloon	S5
KUO_73140 VD38	Purkausruuvi	S5
KUO_73145 VD23	Vääntömagneetti	S5
KUO_73150 VD09	Hihnakuuljetin	S5
KUO_73202 LSZ 2021	Puskusiilon yläpinta	S5
KUO_73202 LS 2039.2	Puskusiilon alapinta 2	S5
KUO_73202 LA 2039.1	Puskusiilon alapinta 1	S5
KUO_73202 LSZ 2022	Puskusiilon alapinta	S5
KUO_73202 LSZ 2038	Puskusiilon alapinta 1	S5
KUO_73130 TI2095	Lämpötilan osoitus kolakul-jettimella	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
KUO_73135 LA2035	Varastosiilon pinnan hälytys	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73135 LS2036	Varastosiilon pinta (väli)	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73130 LS2037	Varastosiilon pinta (ala)	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73230	Pölysiilon ruuvi 2	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73228	Pölysiilon ruuvi 1	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73226 PA2017	Pölysiilon painehälytys	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73226 LSZ2033	Pölysiilon yläpinta	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_73226 LSZ2034	Pölysiilon alapinta	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
PÖLYS. HELP		Yksikkösäätimet ja

		BBC- logiikka
TIA2091	Pölysiilon syöttöruuvien 2 lämpötila	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
TIA2093	Pölysiilon syöttöruuvien 1 lämpötila	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
SIC2061	Turvepölysyötin 1 kierrosluvun säätö	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
SIC2041	Turvepölysyötin 2 kierrosluvun säätö	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
HS2048	Turvesyötin 2 sulkupelti	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
HS2068	Turvesyötin 1 sulkupelti	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
FICA2065	Kantoilman virtaus poltin 2	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
FICA2073	Kantoilman virtaus poltin 1	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
FFC2072	Kantoilman suhde	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
HI2047	2-turve polttoilma	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
HI2067	1-turve polttoilma	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_XXXXX VD07	Ketjuelevaattori	S5
KUO_XXXXX VD21	Kuoriruuvi	S5
SIH2000 -> HM	Ketjuarinnan nopeus	Yksikkösäätimet ja BBC- logiikka
KUO_71605 VD28	Tuhkan sammutuskuljetin	S5

Päänäyttöön halutut osat öljyn poltossa (PI -kaaviosta nro. 19000885)

- esitetty myös kuvana, koska monille höyryventtiileille ei löytynyt tunnusta

Positio ja/tai järj. tunnus	Selitys	Nykyinen järjestelmä
PS848	Kuormitusöljyn paine	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
PIC771	Tulistetun höyryn paine, öljym. säätö	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
PI775	Polttoöljy ennen polttimia	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
PI776	Kuormitusöljyn hajoitushöyry	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
dPIC771	Hajoitushöyry kuormituspolttimille	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
TI818	Öljy kuormitt. polttim. esilämmit. jälk.	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
PIC757	Paineen osoitus	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
HV-460	Polttoilma öljypoltin 4	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
HV-462	Polttoilma öljypoltin 5	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka
HV-461	Polttoilma öljypoltin 6	Yksikkösäätimet ja BBC-logiikka



www.savonia.fi

