Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

MIKKO ANTTONEN

Prosessimittausjärjestelmän käyttöönottosuunnitelma

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2024

TIIVISTELMÄ

Anttonen, Mikko: Prosessimittausjärjestelmän käyttöönottosuunnitelma.
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Tammikuu 2024
Sivumäärä: 33

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia käyttöönottosuunnitelma Olkiluodon ydinvoimalaitoksella toteutettavia muutostöitä varten. Lisäksi työssä vertailtiin uutta laadittua suunnitelmaa alkuperäiseen laitoksen toimittajan suunnitelmaan ja eroavaisuudet soveltuvin osin esitetään tässä opinnäytetyössä.

Työssä perehdyttiin muutostyön kohteena olevan prosessimittausjärjestelmän rakenteeseen, toimintaan sekä laitoksen toimittajan suunnitelman soveltuviin osiin. Lisäksi tutustuttiin prosessimittausjärjestelmään liitetyn hälytysjärjestelmään siltä osin kuin oli tarpeellista hälytyksien tarkastuksia varten.

Tietoa järjestelmästä, komponenteista ja liitetystä hälytysjärjestelmästä löytyi tilaajayrityksen arkistoidusta dokumentaatiosta. Tietoa soveltuvista ydinturvallisuutta koskevista viranomaisten ohjeista saatiin Säteilyturvakeskuksen ylläpitämästä Stuklex-säädöskokoelmasta.

Kerätyn tiedon perusteella laadittiin uusi käyttöönottosuunnitelma prosessimittausjärjestelmän kaapeille, joka sisältää toimittajan tiloissa, ennen laitokselle vientiä ja laitokselle viennin yhteydessä suoritettavat tarkastukset. Suunnitelmaan tehtiin muutoksia laitosautomaatiotiimin edustajien sekä työnohjaajan antamien palautteiden perusteella ennen asiakirjan julkaisua.

Avainsanat: Teollisuuden Voima Oyj, TVO, automaatio, Combitrol, mittaus, käyttöönotto

Abstract

Anttonen, Mikko: Commissioning plan of process measuring system.
Bachelor's thesis
Electrical and automation engineering
January 2024
Number of pages: 33

The purpose of this thesis was to create a commissioning plan for process measuring systems modifications in a nuclear power plant. In addition, the newly created commissioning plan was compared to the old one, which was created by contractor and the relevant differences were presented in this thesis.

The process of began with getting to know the structure, devices of the process measuring system and the original commissioning plan. The necessary information about the working principle of the system and devices was found in the archives of TVO. The relevant regulations were found in the regulatory guides on nuclear safety maintained by Säteilyturvakeskus.

A new commissioning plan was created based on gathered information. The new plan contains inspections made at the manufacturer's plant and the inspections made on site before and after installation. Changes to the initial draft were made based on the feedback from supervisor and the plant automation team.

Keywords: Teollisuuden Voima Oyj, TVO, automation, Combitrol, measuring, commissioning

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6
2 TOIMEKSIANTAJA 7
3 COMBI-FAMILY 9
3.1 Combimatic 9
3.2 Combilogic 10
3.3 Combitrol 10
4 JÄRJESTELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA 11
4.1 Asea:n laitekaappi 11
4.2 Jännitteensyöttö 12
4.3 Jännitteensyötön valvonta 13
4.4 Mittaketjun rakenne 15
4.4.1 Normalisointi 16
4.4.2 Signaalin käsittely 17
4.4.3 Signaalin valvonta 18
4.4.4 Signaalin lähetys 19
5 LAITOSMUUTOSTYÖPROSESSI 19
5.1 Esi- ja perussuunnittelu 20
5.2 Toteutussuunnittelu 21
5.3 Toteutus ja käyttöönotto 21
5.4 Muutostyön dokumentointi 21
6 UUDEN OHJEISTUKSEN TARKASTUKSET 22
6.1 Toimittajan tiloissa suoritettavat tarkastukset 23
6.2 Ennen laitokselle vientiä suoritettavat tarkastukset 24
6.3 Laitokselle viennin yhteydessä suoritettavat tarkastukset 24
6.3.1 Jännitteen valvonnan tarkastus 25
6.3.2 Mittausketjun yksiköiden tarkastus 26
6.3.3 Mittausketjun toiminnan tarkastus 26
6.4 YVL-ohjeen mukainen käyttöönottotarkastus 27
7 UUDEN OHJEISTON VERTAILU ALKUPERÄISEEN 27
7.1 Asennustarkastus 28
7.2 Vikasignaalien tarkastus 28
7.3 Mittakanavien laitteiden tarkastus ja kalibrointi 29
7.4 Mittaketjun toiminnan tarkastus 29
8 TULOKSET 29
9 YHTEENVETO 30

LÄHTEET 32

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus laatia käyttöönotto-ohjeistus vaihdettaville ydinvoimalaitoksen automaatiojärjestelmän laitekaapeille. Tilaajana toimii Teollisuuden Voima Oyj:n (TVO) automaatiosuunnittelun organisaatio. TVO:lla on kolme laitosyksikköä Eurajoen Olkiluodossa ja laadittavaa käyttöönotto-ohjeistusta on tarkoitus tulla käyttämään vanhemmilla OL1- & OL2-laitosyksiköillä suoritettavien muutostöiden yhteydessä.

Vuodelle 2024 ajoitettu ensimmäinen järjestelmän kaappien uusinnan muutostyö ja ajan tasaisen suomenkielisen käyttöönotto-ohjeistuksen puute loivat tarpeen uudelle ohjeistukselle. Järjestelmän vanha ruotsinkielinen ohjeistus oli laadittu laitosyksiköiden asteittaista käyttöönottoa varten. Vanha ohjeistus kuvaa myös kenttälaitteiden käyttöönottoa, joita uusinnassa ei ole tarkoitus uusia ja lisäksi laitoksen informaatiojärjestelmät ovat muuttuneet vuosien saatossa.

Ensisijaisina lähteinä toimivat TVO:n sisäinen dokumentaatio, piirikaaviot, alkuperäisen toimittajan Asea-Atom:in laatima käyttöönotto- ja tarkastusdokumentaatio sekä Säteilyturvakeskuksen Ydinturvallisuusohjeet (YVL-ohjeet).

Työssä käydään läpi muutostyössä vaihdettavan järjestelmän mittauskaappien rakenteen, laitteiden ja toiminnan lisäksi muutostyöprosessi. Opinnäytetyö on rajattu vaihdettavien mittauskaappien sisältämään laitteistoon ja rajapintoihin muiden järjestelmien kanssa.

Ohjeistuksen pohjana toimii alkuperäisen toimittajan käyttöönotto-ohjeistus, joka on aikaisemmin todettu riittäväksi ydinturvallisuuden kannalta. Ohjeistusta täydennetään yrityksen omilla käytänteillä ja laitosten valmistumisen jälkeen voimaan astuneilla määräyksillä.

Järjestelmän mittauskaappien vaihto on ajoitettu useammalle vuodelle ja tavoitteena on laatia käyttöönotto-ohjeistus, jota voidaan käyttää useammassa osaprojektissa ja täyttää YVL-ohjeen B.1 asettamat vaatimukset.

2 TOIMEKSIANTAJA

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Teollisuuden Voima Oyj (TVO), joka on vuonna 1969 perustettu listaamaton julkinen osakeyhtiö. Yrityksen ensisijainen toimiala on energian tuotanto. Yrityksellä on Eurajoen Olkiluodossa kolme ydinvoimalaitosyksikköä säännöllisessä sähköntuotannossa. TVO:n omistajayhtiöitä ovat EPV Energia Oy, Fortum Power and Heat Oy, Kemira Oyj, Oy Mankala Ab sekä Pohjolan Voima Oyj, joka omistaa 58,5 prosenttia yrityksestä (Taulukko 1). Osakkeet ovat jaettu kahteen sarjaan, joista A-sarja oikeuttaa OL1- & OL2-laitosyksiköiden tuottamaan sähköön ja B-sarja uuden OL3-laitosyksikön tuottamaan sähköön.

TVO:lla on myös Fortumin kanssa yhteisyritys Posiva Oy, josta TVO omistaa 60% sekä konsultointiyritys TVO Nuclear Services Oy (TVONS). Posiva Oy:n päätoimiala on ongelmajätehuolto ja yritys rakentaa Olkiluotoon maailman ensimmäistä käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituspaikkaa. TVONS puolestaan myy konsultointipalveluita kestävän ja turvallisen ydinvoiman rakentamisesta.

Taulukko 1. Osakejakauma vuonna 2021 (Teollisuuden Voima Oyj, n.d.).

	A-sarja (OL1 ja OL2)	B-sarja (OL3)	Yhteensä
EPV Energia Oy	6,6	6,6	6,6
Fortum Power and Heat Oy	26,6	25,0	25,8
Kemira Oyj	1,9	-	0,9
Oy Mankala Ab	8,2	8,2	8,2
Pohjolan Voima Oyj	56,8	60,2	58,5
	100	100	100

Teollisuuden Voima Oyj toimii Mankala-periaatteella, joka tarkoittaa sitä, että se on useamman yhtiön yhteistyönä perustettu voittoa tavoittelematon osakeyhtiö. Osakkaat ovat velvollisia maksamaan toiminnasta aiheutuneet kustannukset suhteutettuna omistukseen. Yhtiön periaatteen mukainen tarkoitus on myydä omistajille sähköä omakustannushintaan. Osakkaat ovat puolestaan velvollisia ostamaan tuotetun sähkön.

Ensimmäinen laitosyksikkö OL1 käynnistettiin vuonna 1978 ja se aloitti kaupallisen käytön vuonna 1979. Toinen laitosyksikkö OL2 oli rakenteilla samaan aikaan ja se otettiin kaupalliseen käyttöön vuonna 1982. Molemmat laitokset ovat tyypiltään kiehutusvesireaktorilaitoksia. Toimittajana molemmissa tapauksissa oli ruotsalainen Asea-Atom ja laitoksien reaktorit ovat tyypiltään kiehutusvesireaktoreita (BWR). Turbiinilaitosten rakennuksesta vastasi STAL-LAVAL ja Asea AB puolestaan vastasi sähkölaitteista ja generaattorista. Valmistuessaan molempien laitosyksiköiden lämpöteho oli 2000 MW_{th} ja sähköteho 660 MW_e. 1984–2012 vuosina suoritettujen modernisointien jälkeen laitosyksiköiden sähkötehoteho on 890 MW_e. (Teollisuuden Voima Oyj, n.d, s. 10-11)

OL3-laitosyksikkö aloitti säännöllisen sähköntuotannon huhtikuussa 2023. Laitosyksikön reaktorin tyyppi on kolmannen sukupolven painevesireaktori (EPR) ja sen teho on 1600 MW_e. Laitos tilattiin Areva-Siemens konsortiolta avaimet

käteen -periaatteella. OL3 on maailman kolmanneksi tehokkain ydinvoimayksikkö ja sen valmistumisen myötä noin 30% Suomen sähköstä tuotetaan Olkiluodon laitosalueella.

3 COMBI-FAMILY

Tässä luvussa käydään läpi Asea-Atom:in kehittämä Combi-laitteisto. Prosessimittausjärjestelmän laitteisto koostuu pääsääntöisesti alkuperäisitä Combitrol-laitteista. Poikkeuksena ovat jälkeenpäin asennetut laitteet signaalien galvaaniseen erotukseen, joita käytetään signaalin välittämisessä tietokoneelle.

Combiflex on Asea-Atom:in modulaarinen rakennejärjestelmä, joka on suunniteltu standardisoiduista komponenteista koostuvien voimalaitoksien ohjausjärjestelmien rakentamiseen. Ohjausjärjestelmän suunnittelu alkoi syksyllä 1969 ja sen suunnitteluperiaatteet pohjautuvat Vattenfallin kanssa tehdyn "ohjauslaitteistojen järjestelmäkehitys"-projektin loppuraporttiin. Asea yhdistyi vuonna 1998 Brown Boverin kanssa ja nykyisin yhtymä tunnetaan nimeltä ABB. ABB-Atom jatkaa yhä Combi-laitteiden valmistamista. Combiflexiin asennettava laitteisto koostuu Combimatic, Combitrol ja Combilogic laitteista.

3.1 Combimatic

Combimatic-moduulit ovat analogiatekniikalla toteutettuja digitaalisia toimintoja eivätkä ne sisällä varsinaisia koskettimia. Moduulisarja koostuu piirikorteista, joilla voidaan rakentaa ehtopiirejä tai sekvenssipohjaisia logiikkaohjauksia, jotka soveltuvat On-Off tyyppiseen laitteiden ohjaukseen. Combimatic tuotteet kehitettiin yksinkertaisemmaksi vaihtoehdoksi monimutkaisille releohjausjärjestelmille. (Asea-Atom, 1975a.)

3.2 Combilogic

Combimatic-järjestelmä ei sisällä laitteita suurten tietomäärien käsittelyä varten korkealla kellotaajuudella ja sen vuoksi kehitettiin Combilogic-järjestelmä. Laitteet kehitettiin teollisuuteen mitta-alueiden kasvaessa. Combilogic-järjestelmällä ei voi suoraan ohjata toimilaitteita, mutta se voidaan liittää Combimatic- tai Combitrol järjestelmiin. (Asea, n.d.)

3.3 Combitrol

Combitrol-laitteisto on suunniteltu jatkuvatoimiseen analogisen signaalin mittaamiseen ja valvomiseen. Laitteisto voidaan jakaa neljään luokkaan toiminnon perusteella. (Asea, 1973.)

- Yksiköt, joilla muunnetaan anturilta tuleva signaali järjestelmän kannalta sopivaan muotoon.
- Signaalinkäsittely-yksiköt esim. säätimet ja aritmeettisia toimintoja suorittavat yksiköt.
- Yksiköt signaalin välittämiseksi toimilaitteille tai muille vastaanottimille.
- Aputoimintoja suorittavat yksiköt, kuten ohjaus- ja osoitinlaitteet.

Combitrol-laitteet on jaoteltu Combitrol A ja Combitrol B ryhmiin. Ryhmän A laitteet ovat yksinkertaisempia ja halvempia. Tarkoituksena on saavuttaa tietty toiminnallisuus yhdistämällä useita toiminnallisesti yksinkertaisia yksiköitä. Laitteet eivät ole asennettavissa Combiflex-asennuslevyihin, vaan ne vaativat suuren määrän liitäntöjä rajoitetussa tilassa ja siksi kytkennät on suositeltu tehtäväksi niin sanotulla ”räppilangalla” (wire-wrap).

Combitrol B-laitteet ovat toiminnallisuudeltaan tarkemmin määriteltyjä ja yksiköiden etuosaan on asennettu säätölaitteet hienosäätöä varten. Laitteet ovat pistokantaisia ja asennettavissa Combiflex-laitelevyihin. Suurin osa yksittäisten mittakanavien laitteista on Combitrol B-sarjaa.

Combitrol-laitteet suunniteltiin erittäin toimintavarmoiksi ja vuonna 2023 OL1 ja OL2 laitoksilla yli 95 prosenttia Combitrol-tuotteista on alkuperäisiä asennuksia. Tällä hetkellä Combitrol-laitteiston ikääntymiseen liittyvät ongelmat ovat erittäin lieviä, eikä niillä ole vaikutusta toiminnallisuuteen tai turvallisuuteen. (Teollisuuden Voima Oyj, 2023a)

4 JÄRJESTELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA

Prosessimittausjärjestelmä sisältää suuren määrän osajärjestelmiä, jotka kytkeytyvät reaktoriin ja sen eri apujärjestelmiin. Osajärjestelmien yleiset tehtävät ovat reaktorin käynnin kannalta olennaisten fyysisten suureiden mittaaminen mittapisteistä, mittausten esittäminen sekä signaalien välittäminen muille järjestelmille ja näyttölaitteille. Näyttölaitteet voivat olla paikallisia tai sijaita valvomossa. (Asea-Atom, 1975b.)

Tavanomaisen toiminnan mittausten lisäksi järjestelmä lähettää signaalin reaktorin suojaus- ja hälytysjärjestelmille, jos mitatut arvot poikkeavat ennalta asetetuista reaktorin käynnin kannalta normaaleista arvoista. Mittapisteiltä tulevien signaalien käsittely tapahtuu mittasignaalikaapeissa (MSS). Kaapeissa normalisoidaan ja käsitellään ainoastaan signaaleja antureilta, jotka kuuluvat prosessimittauslaitteistoon. (Teollisuuden Voima Oyj, 2015.)

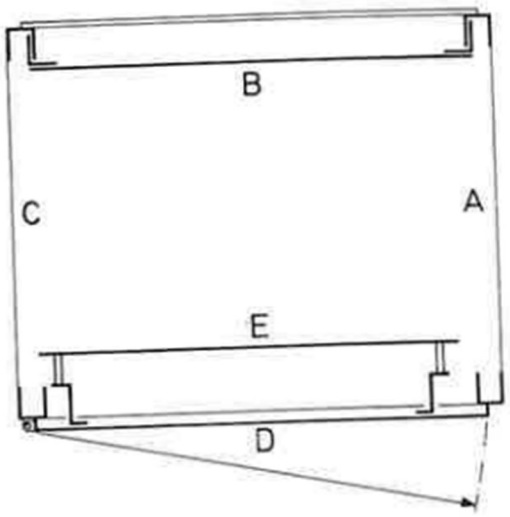
Redundanttisuus on toteutettu jakamalla kaappeja eri osajärjestelmiin eli subeihin. Tärkeimpiä mittauksia suoritetaan useassa eri kaapeissa, jotka ovat omissa subeissaan ja joilla on toisistaan erillinen jännitteensyöttö. Näin ollen mittaustietoa saadaan, vaikka yksi mittauksista lakkaisi toimimasta.

4.1 Asea:n laitekaappi

Järjestelmän laitteet ovat asennettu Asea:n VSG-tyyppiseen laitekaappiin. Laitekaapin ovessa on paikat 19 tuuman kehyksien asentamista varten. Kehyksiin

on asennettu COMBLIFLEX-laitelevyt, joihin pistokantaiset Combitrol B-laitteet asennetaan. Käyttämättömät paikat suojataan kiinteällä levyllä.

Kaikki mittausketjun laitteet ja johdonsuojat ovat asennettu kaapin oveen, jolloin niihin pääsee käsiksi avaamatta kaappia. Kaapin takaseinään on asennettu riviliitinrimat kaapin sisäisille ja ulkoisille kytkennöille. Laitteet on nimetty niiden sijainnin mukaan laitekaapissa (Kuva 1).



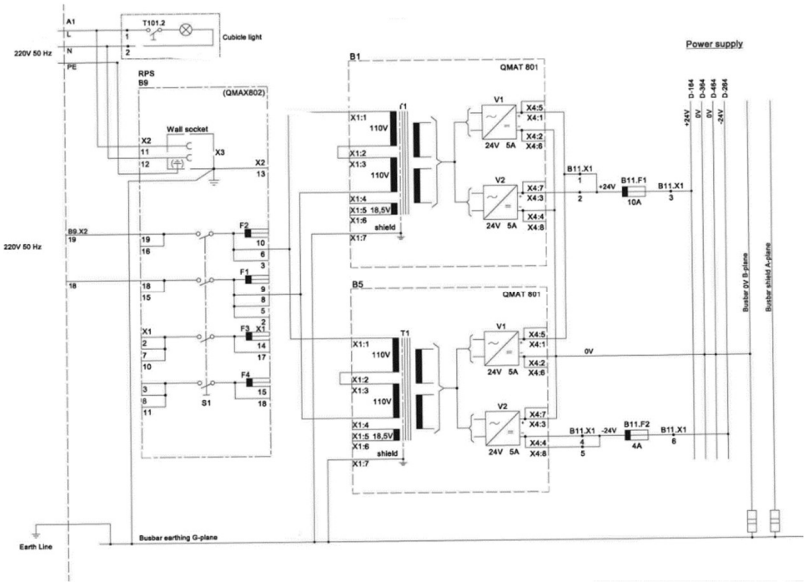
Kuva 1. Asea:n laitekaapin asennustasot. (Asea, 1976)

4.2 Jännitteensyöttö

Mittauskaapit saavat sähkönsyötön kelluvista (IT) akkuvarmennetuista kiskoista omista kojeistolähdöistään. IT-jakelujärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa tähtipisteestä tai muusta virtapiirin osasta ei ole suoraa yhteyttä maahan. Näin ollen yhden vian aiheuttama virta on hyvin pieni, eikä syöttöä täydy kytkeä pois päältä. Siksi IT-järjestelmää käytetään sellaisissa tiloissa, jossa syötön poiskytkeytymistä ei saisi tapahtua esim. sairaalat ja sähköntuotantojärjestelmät. (ST 53.21, 2022, s.6)

Kaapeissa on omat jännitelähteet, joilla syötetään kaappien ovessa sijaitsevia kiskoja 24V QMAT-jännitelähteillä. Kaapeissa on +24VDC ja -24VDC kiskot sekä kaksi 0V kiskoa (Kuva 2). Toinen 0V kiskoista on tarkoitettu laitteille ja toinen 0V kisko on signaaleja varten. Kiskoihin on kytkettynä QMLA-

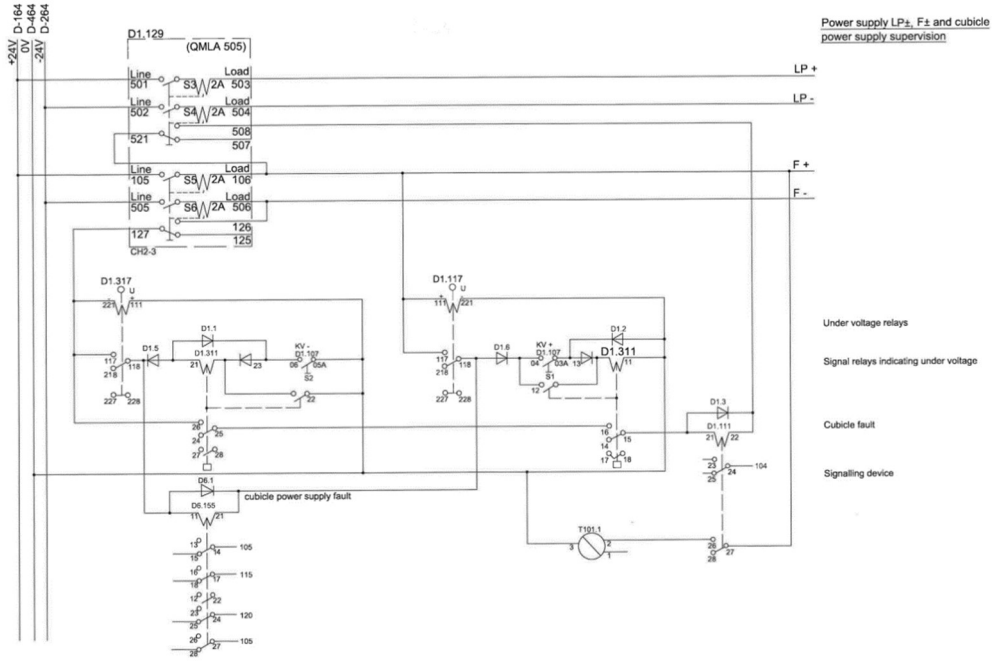
johdonsuojayksiköt, joka syöttävät kaapin sisäisiä mittausketjun laitteita ja joissakin tapauksissa kenttälaitteita.



Kuva 2. MSS-kaapin jännitteensyöttö. (Teollisuuden Voima Oyj, 2019a.)

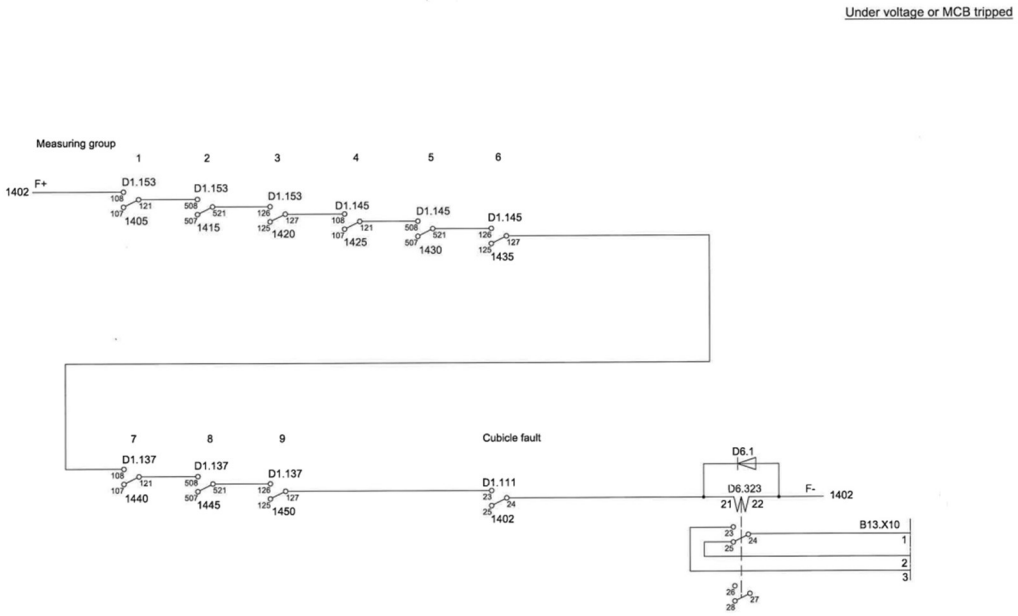
4.3 Jännitteensyötön valvonta

Kaapin jännitteensyötön valvontaa suorittavat tasajännitepuolen Fault-valvontaan kytketyt releet (Kuva 3). Negatiivista ja positiivista 24VDC jännitteen valvontaa suorittavat alijännitereleet. Releet on asetettu päästämään jännitetason laskiessa alle ±21VDC. Näiden releiden koskettimien kanssa on kytketty sarjaan kuitattavat releet, jotka ilmaisevat paikallisesti kaapin yläosaan asennetulla osoitinlaitteella vian jännitteensyötössä. Minkä tahansa releen päästämisen seurauksena myös 48VDC rele välittää kaappivikasignaalin.



Kuva 3. ±24VDC jännitteensyötön valvonta. (Teollisuuden Voima Oyj, 2018a.)

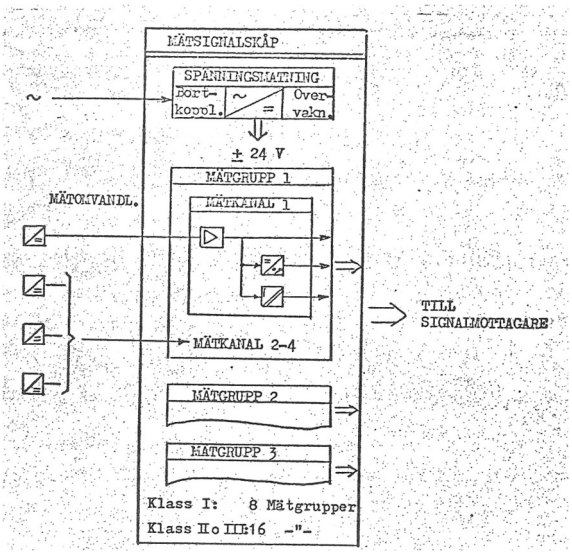
Mittausryhmien jännitteensyötön valvonta on toteutettu kytkemällä sarjaan kaikki mittausryhmien 24VDC ja mahdollisten 220VAC johdonsuojien apukoskettimet Fault-valvontaan. Apukoskettimien lisäksi linjaan on sarjaan kytketty kaappiviasta ilmaisevan releen NO-kosketin. Kuvassa 4 on esitetty yhden kaapin kaappivikahälytyksen kytkentä. Kuvan rele D6.323 on normaalisti vetäneenä ja minkä tahansa yksittäisen johdonsuojan laukeaminen tai kaapin jännitteensyöttöä valvovan releen päästäminen aiheuttaa kaappivikasignaalin vaihtokoskettimen välityksellä.



Kuva 4. Kaappivikahälytyksen kytkentä. (Teollisuuden Voima Oyj, 2018b)

4.4 Mittaketjun rakenne

Jokainen mittauskeskuskaappi voi sisältää korkeintaan kahdeksan mittaryhmää turvallisuusluokitelluissa ja 16 muissa. Mittausryhmät muodostuvat mittauskanavista, jotka saavat syötön samalta johdonsuojalta (kuva 5). Poikkeuksena joidenkin mittaryhmien kenttälaiteita syötetään erilliseltä 220V johdonsuojalta. Mittauskanavan toiminta voidaan jakaa neljään eri osaan, signaalin normalisointiin, käsittelyyn, hälytysten muodostamiseen ja signaalin välittämiseen. Jokainen mittauskanava mittaa ja käsittelee vain yhtä suuretta.

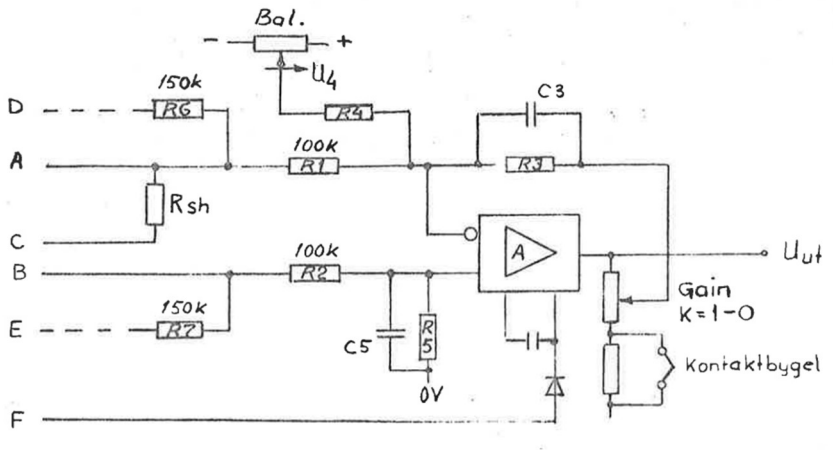


Kuva 5. MSS-kaapin periaatekuva. (Asea-Atom, 1973)

4.4.1 Normalisointi

Normalisoinnilla tarkoitetaan kenttälaitteelta tulevan sähköisen signaalin muuntamista kaapin yksiköiden käyttämäksi sähköiseksi signaaliksi. Esimerkiksi 4-20mA virtasignaalin muuntamista 0-10V jännitesignaaliksi. Signaalin normalisointi jännitesignaaliksi suoritetaan ennen käsittelyä, koska kaappien Combitrol-laitteet käsittelevät tyypillisesti 0-10V jännitesignaaleja.

Normalisointiin käytetään yleensä kaksikanavaista QAIC-yksikköä (Kuva 6). Yksikkö kykenee muuntamaan useampia erityyppisiä virtasignaaleja sekä 0-5V ja 0-10V jännitesignaaleja. Yksikön etuosan potentiometreillä saadaan lähtö skaalattua tulosignaalille sopivaksi. Esimerkki poikkeuksesta on kierroslukumittaus, jossa sisääntuloyksikkönä toimii RQNA 040 f/U-muunnin.



Kuva 6. Normalisoinnin periaatekytkentä QAIC-kortilla. (ASEA, 1974)

4.4.2 Signaalin käsittely

Käsittelyssä on mittauskanavakohtaisia eroja ja joissakin kanavissa normalisoinnin jälkeen signaali kulkee prosessimittausjärjestelmän kautta normalisoituna 0-10V signaalina ilman käsittelyä. Yleisimmät toiminnot ovat raja-arvojen vertailu, juurtaminen ja keskiarvon muodostaminen.

Raja-arvolaite vertailee saapuvaa analogista jännitesignaalia kanavakohtaisesti asetettuihin raja-arvoihin ja suorittaa kytkintoiminnon, kun raja ylitetään tai alitetaan. Laitteen toiminta perustuu Schmitt-liipaisimeen, jolloin lähtö säilyttää tilansa, kunnes asetettu hystereesin arvo ylittyy. Kahden kanavan avulla sama yksikkö voi valvoa normaalin mitta-alueen ylä- ja alarajoja. Laite voi olla lepo- tai työvirtakytkettynä. Lepovirtakytkettynä laitteen koskettimet ovat normaalisti kiinni, aukeavat raja-arvojen ylittyessä tai alittuessa. Työvirtakytkettynä laitteen koskettimet puolestaan sulkeutuvat raja-arvojen ohittuessa.

Juurtolaitetta käytetään mittakanavissa, jotka mittaavat virtausnopeutta mittalaipan yli paine-eromittauksella. Laite muuntaa normalisoidusta 0-10V signaalista neliöjuuren, sillä paine-ero on verrannollinen virtausnopeuden neliöön.

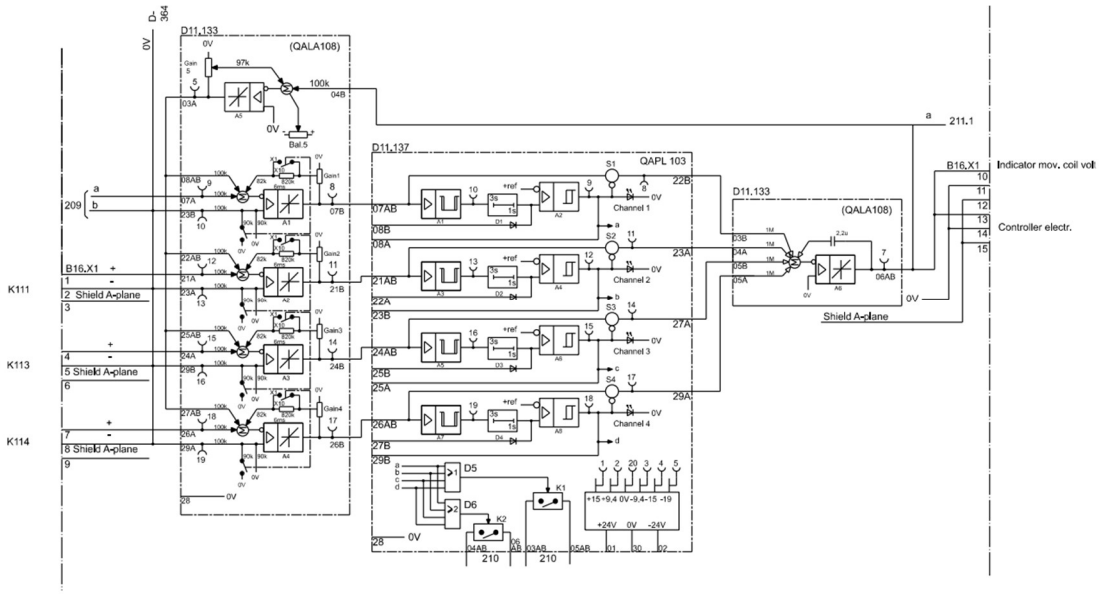
Keskiarvonmuodostajaa käytetään kanavissa, joiden lähettämä signaali koostuu useammasta eri signaalista. Yksikön lähtö muodostuu nimensä mukaisesti enintään neljän eri signaalin keskiarvosta. Järjestelmän mittakanavissa laitetta

käytetään pääsääntöisesti hälytinyksikön kanssa, joiden yhteistoiminnasta on kerrottu tarkemmin seuraavassa luvussa.

4.4.3 Signaalin valvonta

Aritmeettisen käsittelyn ja raja-arvojen vertailun lisäksi tärkeimpiä mittauksia varten mittakanavissa on erikseen signaalin valvontaa suorittava laitteisto. Valvonta suoritetaan raja-arvolaitteella tai enemmistövalitsin-toiminnolla. Raja-arvolaite havaitsee vian mittauksessa negatiivisena signaalin jännitteenä. Negatiivinen jännite syntyy normalisointiyksikön lähtöön tulon ollessa alle 4mA, koska yksikön lähtö skaalautuu lineaarisesti 0-10V tulosignaalin virran ollessa 4-20mA. Hälytys valvomoon välittyy raja-arvolaitteen koskettimiin kytketyn releen koskettimien välityksellä.

Enemmistövalitsin on QAPL103 hälytysyksiköllä ja QALA 108 keskiarvonmuodostajalla toteutettu toiminto, jossa hälytysyksikölle on signaalien lisäksi liitetty keskiarvonmuodostajasta takaisinkytkentä (Kuva 7). Yksittäisen signaalin poiskytkentä tapahtuu tilanteessa, jossa signaalin virhe ylittää säädetyn 0,5V rajan. Poiskytkentä estää lähtevää signaalia vääristymästä yksittäisen vian seurauksena ja aiheuttaa hälytyksen valvomoon koskettimen K1 välityksellä yhden signaalin ja K2 välityksellä useamman mittaussignaalin vikaantuessa.



Kuva 7. Enemmistövalitsimen kytkentä (Teollisuuden Voima Oyj, 2019b)

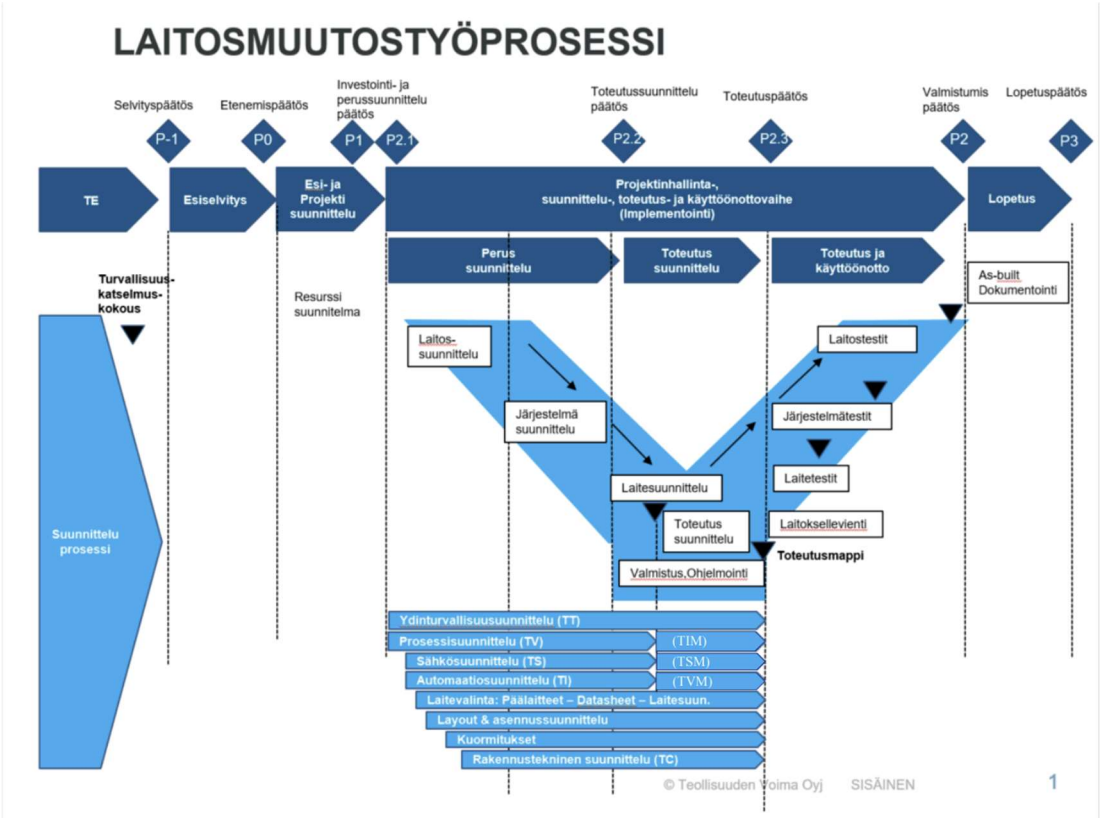
4.4.4 Signaalin lähetys

Binaarisignaalit välitetään raja-arvolaitteen tai hälytysyksikön potentiaalivapaiden koskettimiin liitetyn releen koskettimien kautta. Hälytyksien välityksessä käytetään laitteessa lepovirtakytkentää, jolloin laitteen koskettimet ovat normaalisti kiinni ja hälytys välitetään koskettimiin kytketyn releen NC-koskettimien kautta. Tällöin hälytys välittyy myös laitteen tai johtimen vikaantuessa.

Normalisoitu analoginen signaali välitetään tietokoneelle ja säätöjärjestelmille. Jos samaa analogista signaalia välitetään turvallisuustoimintoihin ja muihin järjestelmiin, niin väliin laitetaan erotusmuuntaja. Erotusmuuntajan tarkoitus on erottaa galvaanisesti turvatoimintojen signaalit muista signaaleista. Mikäli signaalin vastaanotin on sijoitettu kauas mittauskaapista, muunnetaan analoginen jännitesignaali 4-20mA virtasignaaliksi käsittelyn jälkeen lähetystä varten. Virtasignaali kykenee kulkemaan suurempia etäisyyksiä vaimenematta ja ei ole yhtä herkkä sähkömagneettisille häiriöille kuin jännitesignaali (PR electronics, n.d).

5 LAITOSMUUTOSTYÖPROSESSI

Laitosmuutosten implementointi voidaan jakaa perussuunnitteluun, toteutussuunnitteluun sekä toteutukseen ja käyttöönottoon (kuva 6). Muutosten suunnittelussa sovelletaan V&V-mallia (Verification & Validation). V&V on laadunhallinnan työkalu, jolla todennetaan, että toteutus täyttää sille asetetut vaatimukset. Suunnittelun tarkentuessa tarkastellaan täyttääkö se edellisen suunnitteluvaiheen vaatimukset (verification). Asennusvaiheen jälkeen laitteiston laite- ja järjestelmätason kokeilla tarkastetaan, että kokonaisuuden toiminnallisuus vastaa suunnitelmaa (validation).



Kuva 8. Laitosmuutostyöprosessi (Teollisuuden Voima Oyj, 2023b)

5.1 Esi- ja perussuunnittelu

Esi- ja perussuunnittelussa suunnitellaan järjestelmätason muutokset, vaatimukset ja arvioidaan muutosten vaikutukset laitoksen toimintaan. Perussuunnittelun perusteella laaditaan ennakkomateriaali säteilyturvakeskukselle. Normaalissa tilanteessa järjestelmätason suunnittelun tarkentuessa päivitetään myös esisuunnitteluaineisto.

Kaappien uusinnan muutostyöhön ei kuitenkaan nähty tarpeelliseksi laatia esisuunnitelmaa, koska laitokselle asennettava laitteisto on identtinen nykyisen laitoksella olevan laitteiston kanssa. Järjestelmä- ja laitetason tarkastuksissa tullaan suorittamaan V&V-mallin mukainen validointi tarkastamalla laitteisto järjestelmä- ja laitetason suunnittelun sijaan tässä työssä laadittavan ohjeistuksen mukaisesti.

5.2 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitellaan yksityiskohtaiset muutokset. Laitetason suunnittelun tarkentuessa päivitetään projektisuunnitteluaineistoa ja esisuunnitelmaa tavanomaisissa tilanteissa. Tähän vaiheeseen kuuluu myös valmistukseen liittyvät tarkastukset, toimintakokeet sekä muiden vaatimustenmukaisuuksien varmistamiset. Toteutussuunnitteluvaiheen lopputuloksena syntyy tekniikka-alakohtainen muutostyöaineisto, joihin on koottu tarvittava dokumentaatio työn suorittamiseksi.

5.3 Toteutus ja käyttöönotto

Ennen laitteiston asennustyön aloittamista, pidetään aloituskokous alikurakoitsijan, toimittajan ja henkilöstön kesken, jossa käydään läpi asennusvalmiuden tarkastuslista. Kokouksen jälkeen asennusryhmille hankitaan työluvat, koska muutosten tekeminen laitoksille on aina luvanvaraista toimintaa.

Asennuksen jälkeen suoritetaan asennustarkastus, toimintakokeet ja lopulta käyttöönotto. Asennuksen jälkeiset tarkastukset käydään tarkemmin läpi luvussa 6. Tarkastuksista ja toiminnallisista kokeista syntynyt tulosaineisto liitetään muutostyöaineistoon.

5.4 Muutostyön dokumentointi

Käyttöönoton jälkeen muutostyönaikaiset kaaviot ja piirustukset piirretään puhtaaksi, jolloin syntyy muutostyön loppudokumentaatio. Loppudokumentaatio jaetaan tarkastuksen jälkeen kaikkiin sarjoihin.

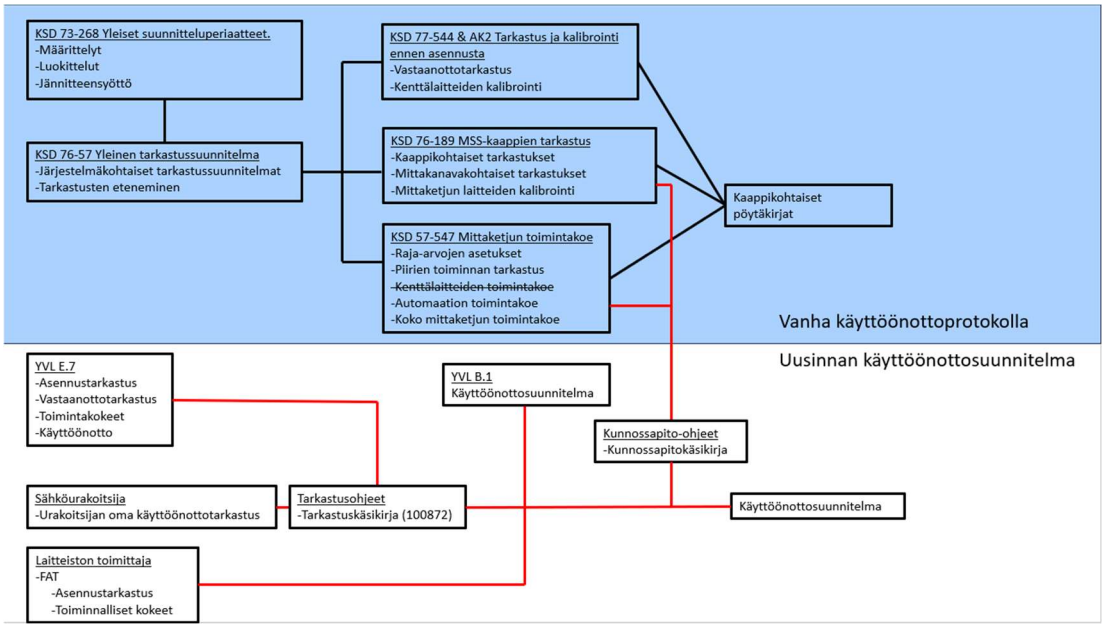
Arkistossa säilytetään suunnittelu- ja originaalisarjoja. Suunnittelusarja sisältää muutostyönaikaiset punakynäpiirustukset ja originaalisarja puolestaan sisältää alkuperäisen dokumentaation. Laitoksilla on myös käytössä kunnossapidon ja käytön jakelusarjat, joita pidetään ajan tasalla päivittämällä muutokset punakyninä heti niiden valmistuttua ja joihin vaihdetaan puhtaaksi piirretyt

dokumentoinnin yhteydessä. Lisäksi itse muutostyöaineisto arkistoidaan tulosaineistoineen ja pöytäkirjoineen yhtenä kokonaisuutena, jotta se on jäljitettävissä myös kokonaisuutena.

6 UUDEN OHJEISTUKSEN TARKASTUKSET

Tässä luvussa käydään läpi kaikki laitteistolle suoritettavat uuden ohjeiston mukaiset tarkastukset. Tarkastukset jaotellaan toimittajan tiloissa suoritettaviin, ennen laitokselle vientiä tehtäviin ja laitokselle viennin yhteydessä tehtäviin tarkastuksiin.

Laadittavassa käyttöönotto-ohjeistuksessa sovelletaan Asea-Atom:in laatiman käyttöönotto- ja tarkastusdokumentaation lisäksi yrityksen sisäisiä ohjeita sekä ydinturvallisuusohjeen (YVL-ohje) asennuksia ja käyttöönottoa koskevia määräyksiä. YVL-ohje sisältää Säteilyturvakeskuksen määrittämät ydinvoimalaitoksia koskevat turvallisuusvaatimukset (Säteilyturvakeskus, n.d.). Vanha ohjeisto ei sisällä ydinturvallisuusohjeen soveltuvia osia, sillä ohje astui voimaan vasta vanhempien OL1 & OL2 laitosyksiköiden valmistumisen jälkeen. Kuvassa 7 on esitettynä uuteen ohjeistukseen sovellettavat vanhan ohjeistuksen ja YVL-ohjeen E.7 osat. Varsinaiselle käyttöönottosuunnitelmalle on asetettu vaatimuksia YVL-ohjeessa B.1.



Kuva 9. Kaappien käyttöönotto-ohjeistuksen vertailu. (Oma kuva).

6.1 Toimittajan tiloissa suoritettavat tarkastukset

Ennen laitokselle vientiä laitteistolle suoritetaan toimittajan tiloissa tehdaskokeet (FAT), joilla todennetaan muutostyössä vaihdettavien kaappien täyttävän laatu- ja asennusvaatimukset ja, että asennustöissä on noudatettu voimassa olevia sähköalan standardeja ja määräyksiä. Toimittaja laatii FAT-aineiston oman laadunhallintajärjestelmän mukaisesti ja se kattaa yksittäisten laitteiden ja kokonaisuuden tarkastukset sekä toiminnalliset testit.

Laitteiston tehdaskokeisiin osallistuu myös TVO:n henkilöstöä, joka suorittaa pistokoeluonteisia toiminnallisia testejä ja suorittaa oman asennustarkastuksen osana tehdaskokeita. Lopulta TVO:n edustaja hyväksyy tehdaskokeet suoritetuksi ja laitteistolle annetaan toimituslupa. Asennustarkastus dokumentoidaan TVO:n pöytäkirjapohjiin ja toimittajan suorittamien testien ja tarkastusten tulosaineisto luovutetaan tilaajalle.

6.2 Ennen laitokselle vientiä suoritettavat tarkastukset

Ennen kuin laitteisto viedään laitokselle asennettavaksi, on sille suoritettava luvanhaltijan toimesta YVL-ohjeen E.7 kohdan 7 (2013.) mukainen vastaanottotarkastus. Vastaanottotarkastuksessa todennetaan, että laitteiston kokoonpano ja konfiguraatio vastaavat suunnitelmia (YVL-ohje E.7–703, 2013). Jos TVO:n edustaja on hyväksynyt FAT-aineiston toimittajan tiloissa suoritetuista tehdaskokeista, riittää vastaanottotarkastuksessa sen saapumisen toteaminen. Muussa tapauksessa luvanhaltijan laadunohjausyksikön täytyy erikseen todeta aineiston hyväksyttävyys sen saavuttua FAT-aineiston perusteella. (Teollisuuden Voima Oyj, 2022a.)

Ennen laitokselle vientiä laitteistolle pyritään myös asentamaan kaikki muutostyöt, mitä on tehty projektin lähtöaineiston jäädyttämisen jälkeen. Samalla korjataan mahdolliset asennustarkastuksissa tai muissa yhteyksissä havaitut puutteet. Muutokset pyritään koestamaan tässä vaiheessa, jos mahdollista. Muussa tapauksessa muutosten koestus suoritetaan laitokselle viennin yhteydessä. Koestuksella varmistetaan laitteiden ja järjestelmien vastaavuus suunniteltuun muutostyöaineistoon nähden. Koestuksella todennetaan koko muutostyön toiminnan vastaavan ennalta suunniteltua tilaa. (Teollisuuden Voima Oyj, 2022b.)

Koestus toteutetaan yrityksen sisäisen laitoskoestusohjeen mukaisesti. Koestus tapahtuu tarkastamalla kaikki toimitettuihin kaappeihin tehdyt johdotusten ja laitteiden muutokset. Dokumentointi tapahtuu merkitsemällä vihreällä kynällä erillisiin piirikaavioiden koestuskopioihin tarkastetut kytkennät ja laitteet. Koestuskopiot liitetään muutostyöaineistoon.

6.3 Laitokselle viennin yhteydessä suoritettavat tarkastukset

Laitokselle viennillä tarkoitetaan hyväksytyn laitteiston asentamista paikalleen laitoksella. Laitteiston asennuksen valmistuttua suoritetaan asennusten tarkastukset yrityksen sisäisen ohjeistuksen mukaisesti, joka ottaa huomioon

sähköturvallisuuslain asettamat vaatimukset. Tarkoituksena on tarkastaa kaappeihin asennetut ulkoiset kytkennät.

Tarkastus koostuu kaappikohtaisista osatarkastuksista, jotka laaditaan TVO:n valmiita pöytäkirjamalleja käyttäen. Osatarkastuksista laaditaan asennustarkastuspöytäkirja, johon kerätään yhteenvetona osatarkastuspöytäkirjojen havainnot.

6.3.1 Jännitteen valvonnan tarkastus

Uudessa ohjeistuksessa sovelletaan Asea-Atom:in tarkastusohjeen KVD 76-189 (1976) kohtaa A, joka käsittää kaappien jännitteensyötön ja vikasignaalien tarkastuksen ja toiminnallisen testaamisen. Alijännitereleiden toiminta tarkastetaan syöttämällä mittauskanavaa erillisellä tasajännitelähteellä. Jännitteen tasoa lasketaan ±24 Voltista, kunnes rele päästää ja kaappivikasignaali syntyy. Tarkastuksesta dokumentoidaan alijännitereleiden toimintajännite.

Jännitteensyötön valvonta tarkastetaan kytkemällä ensin jännite kaappiin ja tämän jälkeen kytkemällä jännitteen valvonnan sekä mittausryhmien johdonsuojat päälle. Releiden kuittauksen jälkeen kuvassa 3 esitetyn releen D1.111 tulisi olla vetäneenä. Toiminta tarkastetaan kytkemällä kuvan 3 johdonsuoja D1.129.S5 pois päältä ja varmistamalla, että rele D1.111 päästää ja kaapissa oleva osoitinlaiteen asento muuttuu.

Kaappivikasignaalin tarkastusta varten suoritetaan alijännite- tai lauenneesta johdonsuojasta ilmaisevan releen toiminnan testaus. Molemmat viat aiheuttavat yhden releen koskettimien välityksellä yhteisen signaalin valvomoon. Tarkastus suoritetaan kytkemällä mittausryhmien johdonsuojat yksi kerrallaan pois päältä ja varmistamalla, että vikasignaali syntyy jokaisen yksittäisen johdonsuojan poiskytkennän seurauksena. Tarkastuksen dokumentaatioon merkitään johdonsuojakohtaisesti vikailmoituksen syntyminen valotaululle.

6.3.2 Mittausketjun yksiköiden tarkastus

Tarkastusohjeen KVD 76-189 kohdan B mukaisesti suoritetaan kaikkien mittausketjun laitteiden tarkastus. Tämä tarkastus kattaa kaikki laitteet, joita käytetään kaappiin tulevan signaalin normalisointiin, käsittelyyn ja välitykseen. Tarkastus suoritetaan simuloimalla jänniteviesti suoraan tarkastettavalle laitteelle ja tarkastamalla, että laitteesta lähtevän signaalin jännitetaso vastaa odotuksia vaaditulla tarkkuudella. Combitrol-laitteissa on erilliset testausliittimet tarkastuksia varten. Tulokset tallennetaan CMX-järjestelmään, jossa on dokumentoituna yksittäisten mittausketjun laitteiden kalibroinnit ja tarkastusmittaukset. Järjestelmän pöytäkirjoista löytyy laitekohtaiset ohjearvot tulo- ja lähtösignaaleille sekä suurin sallittu virhe lähtösignaalille.

6.3.3 Mittausketjun toiminnan tarkastus

Mittausketjun toimintakokeeseen sovelletaan dokumenttia Funktionsprov av mätkedjor (Asea-Atom, 1976). Toimintakokeessa tarkastetaan, että mittausketjun lähtevän signaalin arvo vastaa alkupäähän simuloitua arvoa sekä erilliset signaalit hälytysjärjestelmälle. Tarkastus suoritetaan simuloimalla virta-, taajuus- tai jännitesignaali mittauskanavan tuloyksikölle mitta-alueen arvoilla 0%, 25%, 50%, 75% ja 100%. Kaapista lähtevä signaali voidaan tarkastaa tietokoneelta tai osoitinlaitteilta ja kuitataan pöytäkirjaan.

Raja-arvolaitteiden lopullinen säätö on tarkoitettu tehtäväksi samaan aikaan edellä mainittujen tarkastusten kanssa. Valvontaa suorittavien yksiköiden toimintarajat ja hystereesi asetetaan mittapistespesifikaatioiden mukaan. Spesifikaatioihin on dokumentoitu laitteiden tyypit, mitta-alueet ja toimintarajat. Toimintarajat voidaan asettaa myös CMX-järjestelmän dokumenttien perusteella, jotka sisältävät edellä mainitut parametrit.

Toimintakokeen yhteydessä tarkastetaan edellä mainittujen signaalien valvontayksiköiden toiminnallinen testaus. Virhetilanne simuloidaan mittakanavaan irrottamalla signaalijohdin ja tarkastamalla releen koskettimista tai valvomon pulpeteista, että vikasignaali syntyy. Vikatieto välittyy valvomon pulpetteihin

kahden eri signaalin välityksellä. Toinen signaali ilmaisee sijainnin eli kaapin tunnuksen ja toinen puolestaan vian tyypin. Tarkastus dokumentoidaan kuittaamalla simuloidun vian syntyminen ja indikointi valvomossa pöytäkirjaan.

6.4 YVL-ohjeen mukainen käyttöönottotarkastus

Muutostyön kohteena oleva automaatiojärjestelmä on turvallisuusluokiteltu ja siksi käyttöönottotarkastuksissa noudatetaan YVL-ohjetta E.7. Käyttöönottotarkastuksen suorittaa yrityksen sisäisen tarkastusyksikkö. Turvallisuusluokiteltujen laitteiden käyttöönottotarkastus on luvanvaraista ja tarkastajilla on oltava Säteilyturvakeskuksen myöntämä hyväksyntä, joka on voimassa 5 vuotta kerrallaan.

Käyttöönottotarkastukset suoritetaan YVL-ohjeen sallimalla tavalla kahdessa osassa. Ensimmäisessä osassa käydään läpi laitokselle viennin yhteydessä suoritetuista tarkastuksista syntynyt tulosaineisto. Tulosaineiston perustella todennetaan, että laitteisto on asennettu ajan tasaisten määräysten mukaisesti. Samalla varmistutaan siitä, että laitteiston koekäytölle ei ole esteitä.

Toisessa osassa varmennetaan koekäytöllä, että asennettu laitteisto ja sen toiminnallisuus on hyväksyttyjen suunnitelmien mukainen. Tästä ja aikaisemmasta vaiheesta syntyneen dokumentaation perusteella varmistetaan, että mahdolliset havaitut puutteet aikaisemmassa tarkastuksessa ovat korjattu ja laitteiston varsinaiselle käyttöönotolle ei ole esteitä. (YVL- ohje E.7 kohta 7.4, 2013.)

7 UUDEN OHJEISTON VERTAILU ALKUPERÄISEEN

Alkuperäinen ohjeistus laadittiin ajankohtana, jolloin kaikki laitoksen järjestelmät eivät olleet valmiita, eikä tuloja tai lähtöjä muihin järjestelmiin ollut kytkettynä ja sen vuoksi uudessa ohjeessa on eroavaisuuksia varsinkin signaalien

tarkastuksen osalta. Vanhassa ASEA:n käyttöönotto-ohjeistuksessa kaapeista lähtevät binaariset signaalit mitattiin riviliittimistä ja analogisien signaalien tarkastusta varten liitettiin erillinen kirjoitin. Laitoksen nykyisessä tilassa on mahdollista kytkeä liitynnät muihin järjestelmiin ja hyödyntää muiden järjestelmien osoitinlaitteita tarkastuksessa.

7.1 Asennustarkastus

Käyttöönoton asennustarkastusta koskeva ASEA:n alkuperäisen ohjeistuksen osa on korvattu uudemmalla ohjeistuksella, koska vanhat ohjeet eivät ole ajan tasalla. Korvaavana ohjeena toimii TVO:n oma ohjeisto, joka perustuu ASEA:n ohjeistoon, mutta huomioi lisäksi ajan tasaiset sähköasennuksia koskevat standardit, määräykset ja YVL-ohjeen E.7 asettamat vaatimukset.

Laadittavaan ohjeistukseen on myös lisätty laitokselle viennin yhteyteen pistokoeluontoinen asennustarkastus, vaikka kaappien sisäisten kytkentöjen asennustarkastus on jo suoritettu osana tehdaskokeita. Lisätyn tarkastuksen tarkoituksena on varmistua siitä, että kaapin laitteet, liittimet tai johtimet eivät ole vaurioituneet liikuttamisen yhteydessä. Erityistä huomiota kiinnitetään kaapin pohjalevyn ja ovessa olevan D-tason välisiin johdotuksiin, jotta voidaan varmistua, että johtimet eivät vaurioidu ajan myötä kaapin ovea avattaessa.

7.2 Vikasignaalien tarkastus

Varsinaiset toimenpiteet vikasignaalien simuloimiseksi eivät ole muuttuneet, mutta kaappivikasignaalien syntyminen voidaan todeta liittimistä mittaamisen sijaan hälytysjärjestelmän kautta. Hälytysjärjestelmä välittää kaappikohtaiset jännitteensyötön vikasignaalit valvomon valotaululle, josta ne voidaan tarkastaa. Sama koskee mittausryhmien johdonsuojien vikasignaaleja, sillä ne näkyvät valvomon valotaululla samassa pisteessä.

Valvomon ohjauspulpeteilta voidaan puolestaan tarkastaa erilliset mittakanavakohtaiset hälytykset enemmistövalitsimelta ja raja-arvolaitteelta.

Mittakanavan hälytyksestä kulkeutuu useampi signaali pulpeteille, jolloin jokainen signaali tarkastetaan.

Pääsääntöisesti kaikki prosessin hälytyssignaalit pyritään tarkastamaan suoraan vastaanottavalta laitteelta. Tällöin voidaan varmistua siitä, että rajapinnat muihin järjestelmiin toimivat suunnitelmien mukaisesti.

7.3 Mittakanavien laitteiden tarkastus ja kalibrointi

Yksittäisten mittaketjujen laitteiden kalibroinnin ohje uudessa ohjeistuksessa on suurimmilta osin yhtenevä vanhan ASEA:n ohjeen kanssa. Uudessa ohjeistuksessa viitataan yrityksen kunnossapidon ohjeeseen, joka on ASEA:n ohjeen pohjalta laadittu käännös. Muut kunnossapidon ohjeet ja vakiintuneet käytännöt eivät vaadi päivittämistä, koska laitteiston osat pysyvät samanlaisina. Eroavaisuutena on dokumentointi, joka suoritetaan vanhojen pöytäkirjojen sijaan CMX-järjestelmän tai erillisiin pöytäkirjoihin.

7.4 Mittaketjun toiminnan tarkastus

Kuten luvussa 7.2 mainittujen vikasignaalien kanssa, analogiset signaalit pyritään tarkastamaan mahdollisuuksien mukaan kaapin liittimien sijaan vastaanottavilta laitteilta kuten osoitinlaitteista tai valmistumisen jälkeen asennetusta PMS-järjestelmästä (Process Measurement System). PMS-järjestelmä kerää tietoa laitoksen mittauksista, jolloin analogisen signaalinen kulkeutuminen ja mitta-alueen oikeanlainen skaalautuminen voidaan tarkastaa järjestelmän tulosteista.

8 TULOKSET

Opinnäytetyön tuloksena syntyi käyttöönottosuunnitelma, joka kattaa prosessimittausjärjestelmän vaihdettavien MSS-kaappien liitosten, laitteiden sekä

toiminnallisuuden tarkastuksen ottaen huomioon YVL-ohjeen vaatimukset ja muut ajantasaiset sähköasennuksia koskevat määräykset.

Laadittu uusi ohjeistus sisältää vastaavat tarkastukset ja toiminnalliset kokeet, kuin järjestelmän alkuperäistä käyttöönottoa varten laadittu Asea-Atom:in käyttöönottosuunnitelma KSD 76-57. Tarkastuksien ja kokeiden suorittamiseen on uudessa ohjeessa tehty muutoksia, mutta periaate pysyy samana. Vanha käyttöönottosuunnitelma kattoi myös antureiden lähettimien ja lämpötilamittausten tarkastukset ja toiminnalliset kokeet. Näitä ei kuitenkaan ole uudessa ohjeessa huomioitu, koska ne eivät kuulu muutostyön laajuuteen.

Käyttöönottosuunnitelman yleisiä asennus- ja vastaanottotarkastuksia sekä koestuksia koskeviin lukuihin sovellettiin pohjana valmiita yrityksen käytäntöjä, joihin viitattiin lyhyesti sisäisellä dokumenttitunnuksella. Muutostyökohtaisia lisäyksiä edellä mainittuihin lukuihin tehtiin laitosautomaatio-tiimiltä saadun palautteen perusteella.

Laitetason ja käyttökokeiden osalta pohjana käytettiin alkuperäisen toimittajan käyttöönottoa varten laadittua dokumentaatiota. Alkuperäiseen ohjeistukseen laadittiin muutoksia, jotta ohje vastaisi paremmin laitoksen nykyistä tilaa. Varsinkin signaalien tarkastuksia painotettiin suoritettavaksi liitettyjen järjestelmien näyttölaitteiden ja merkkilamppujen avulla, jolloin voidaan samalla todeta prosessimittausjärjestelmän rajapintojen toimivuus.
Alkuperäisestä aiheen rajauksesta poiketen, laadittiin myös kaappikohtainen tarkastuspöytäkirja kaappien 220VAC ja ±24VDC jännitteen, alijännitereleiden sekä yleisen kaappivikasignaalin tarkastusta varten.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia prosessimittausjärjestelmän kaapeille käyttöönottosuunnitelma käyttäen pohjana laitoksen toimittajan laatimaa

ruotsinkielistä käyttöönotto-ohjeistusta. Vanha ohjeistus toimi hyvänä pohjana, sillä se oli todettu riittäväksi OL1- & OL2-laitosten käyttöönotossa.

Ennen ohjeistuksen laatimista perehdyttiin järjestelmän toimintaan, Combitrol-laitteistoon sekä järjestelmään liitettyihin hälytysjärjestelmään, jotta kaappien ja mittakanavien hälytysten kulkeutuminen saatiin selvitettyä. Aikaisempaa taustatietoa Combi-laitteista ei ollut. Laitteita esiintyykin Olkiluodon lisäksi lähinnä Ruotsin ydinvoimaloissa.

Tietoa järjestelmän ja laitetason toiminnasta löytyi TVO:n arkistosta ASEA:n suunnitteluperiaatteista ja tietolehdistä. Työtä vaikeutti hieman suomenkielisten lähteiden puute osittaisia käännöksiä lukuun ottamatta. Julkisesti saatavaa tietoa oli lähinnä TVO:lle aikaisemmin tehtyjen opinnäytetöiden muodossa, jotka eivät koskeneet kyseistä järjestelmää ja sisälsivät vain vähän tietoa Combitrol-laitteista.

Työssä syntynyttä ohjeistusta on tarkoitus käyttää yleisenä ohjeistuksena tulevina vuosina toteutettavissa muutostöissä. Ohjeistusta käytetään ensimmäisen kerran muutostyössä, jossa vaihdetaan kolme järjestelmän kaappia. Tarvittaessa tarkennuksia ja muutoksia ohjeistukseen tullaan laatimaan ensimmäisestä muutostyöstä saadun kokemuksen perusteella.

LÄHTEET

Asea. (n.d). Combimatic Kurspärm.

Asea. (1973). Katalog YL 26-1.

Asea. (1974). Dokumentationssammanställning YL 261 001-PK.

Asea. (1976). Katalog SK14-1.

Asea-Atom. (1967). Provprogram xxx-4 – Funktiosprov av mätkedjor.

Asea-Atom. (1973). Processmätning, Allmänna konstruktionsförutsättningar KSD 73-268.

Asea-Atom. (1975a). Tietolehti KK 841-201

Asea-Atom. (1975b). Systembeskrivning - Processmätning KSA 75-911.

Asea-Atom. (1976). Provprogram xxx-3 – Instruktion för kontroll av MSS-skåp.

Asea-Atom. (1977). Driftsättning av kontrollutrustningssystem – Översiktliga provprogram KSD 77-511.

Pr electronics. (n.d.). The fundamentals of 4-20mA current loops. Haettu 14.9.2023 osoitteesta
https://www.prelectronics.com/the-fundamentals-of-4-20-ma-current-loops

ST 53.21. (2022). Rakennusten sähköasennusten maadoitukset ja potentiaalintasaukset.
Sähkötieto. https://severi.sahkoinfo.fi

Säteilyturvakeskus. (n.d). Ydinturvallisuusohjeet. Haettu 2.10.2023 osoitteesta
https://stuk.fi/yvl-ohjeet

Teollisuuden Voima Oyj. (n.d.). TVO-konserni. haettu 1.11.2023 osoitteesta
https://www.tvo.fi/yhtio/hallintojajohtaminen/tvo-konserni.html

Teollisuuden Voima Oyj. (n.d.). OL3. haettu 17.11.2023 osoitteesta
https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3.html

Teollisuuden Voima Oyj. (n.d.). OL1 & OL2 Ydinvoimalaitosyksiköt Tekninen esite. Haettu 7.11.2023 osoitteesta
https://www.tvo.fi/material/sites/tvo/pdft/k9su4vcbz/OL1_ja_OL2_-laitosyksikot._Tekninen_esite.pdf

Teollisuuden Voima Oyj. (2015). Process monitoring system -Final safety analysis report.

Teollisuuden Voima Oyj. (2018a). Piirikaavio XY431886-xxx-101

Teollisuuden Voima Oyj. (2018b). Piirikaavio XY431886-xxx-1405

Teollisuuden Voima Oyj. (2019a). Piirikaavio XY431886-xxx-102

Teollisuuden Voima Oyj. (2019b). Piirikaavio XY431886-xxx-211

Teollisuuden Voima Oyj. (2022a). Sisäinen asiakirja 107671

Teollisuuden Voima Oyj. (2022b). Sisäinen asiakirja 100872

Teollisuuden Voima Oyj. (2023a). Sisäinen asiakirja 193055

Teollisuuden Voima Oyj. (2023b). Sisäinen asiakirja 158825

YVL E.7 luku 7.4. (2013). Ydinturvallisuusohje. Säteilyturvakeskus. https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-7

YVL E.7–703. (2013). Ydinturvallisuusohje. Säteilyturvakeskus. https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-7

YVL E.7 kohta 7. (2013). Ydinturvallisuusohje. Säteilyturvakeskus. https://www.stuklex.fi/fi/ohje/YVLE-7