



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

EMMI JALAVA

SPPA-T2000 hardware-suunnittelu

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2023

TIIVISTELMÄ

Jalava, Emmi: SPPA-T2000 hardware-suunnittelu
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Huhtikuu 2023
Sivumäärä: 53

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Olkiluodon ydinvoimalaitoksilla käytettävää automaatiojärjestelmää ja laatia suunnitteluohjeet järjestelmän hardware-laitteiston suunnittelua varten. Työn tilaajana oli Teollisuuden Voima Oyj ja tarve työlle syntyi Olkiluodon laitosyksiköillä automaatiojärjestelmän päivityksen takia.

Tavoitteena oli tutustua automaatiojärjestelmän laitteistoon ja TVO:n suunnitteluprosessiin. Tässä opinnäytetyössä tuli vertailla automaatiojärjestelmän vanhan ja uuden versioiden välisiä eroja ja nämä erot esitellä tässä opinnäytetyössä.

Tietoa tämän opinnäytetyön aiheeseen liittyen hankittiin opiskelemalla järjestelmätoimittajan manuaaleja sekä TVO:n dokumentaatiota ja sisäisiä ohjeituksia. Järjestelmästä, sen historiasta ja TVO:n suunnitteluprosessista hankittiin lisätietoa haastatteleamalla TVO:n työntekijöitä eri organisaatioista ja järjestelmätoimittajan edustajaa.

Kerätyn tiedon perusteella laadittiin hardware suunnitteluohjeet TVO:lle.

Avainsanat: SPPA-T2000, TXP, hardware, suunnittelu, Teollisuuden Voima Oyj, TVO, automaatio

ABSTRACT

Jalava, Emmi: SPPA-T2000 hardware design planning

Bachelor's thesis

Electrical and automation engineering

April 2023

Number of pages: 53

The purpose of this thesis was to research the automation system used in the Olkiluoto nuclear power plants and compile design planning instructions for the hardware of the automation system. The client for this thesis was Teollisuuden Voima Oyj and the need for this work arose from the automation system update at the Olkiluoto plant units.

The goal was to familiarise oneself with the hardware of the automation system and the design planning process of TVO. In this thesis work, one was to compare the differences between the old and the new versions of the automation system and introduce them in this thesis.

Information related to the subject of this thesis was acquired by studying the manuals of the system supplier as well as the documentation and the internal instructions of TVO. Additional information on the system, its history, and the design planning process of TVO was gathered by interviewing employees from different organisations at TVO and a representative of the system supplier.

Based on the acquired information, hardware design planning instructions were composed for TVO.

Keywords: SPPA-T2000, TXP, hardware, design planning, Teollisuuden Voima Oyj, TVO, automation

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ	9
2.1 Mankala-periaate.....	9
2.2 Historia	10
2.3 Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmä taustaa	11
2.4 Siemens	12
3 SPPA-T2000 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	13
3.1 Redundanttisuus	14
3.2 SIMATIC S5 ja S7	15
4 OL1 JA OL2 TURBIINILAITOKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ	17
4.1 Päivitettävä järjestelmä, TXP.....	18
4.1.1 Prosessinohjaus- ja informaatiojärjestelmä OM650.....	19
4.1.2 Projektointijärjestelmä ES680	19
4.1.3 Diagnostiikkajärjestelmä DS670	20
4.1.4 Väyläjärjestelmä SINEC H1	20
4.1.5 Automaatiojärjestelmä AS620	20
4.1.6 Operointipäätte OT	22
4.1.7 Prosessipalvelimet PU.....	22
4.1.8 Historiapalvelin SU	23
4.1.9 Ulkoisten liityntöjen palvelin XU	23
4.1.10 Aikapalvelin	23
4.2 Uusittu järjestelmä, SPPA-T2000	24
4.2.1 SIMATIC-NET väyläjärjestelmä	25
4.2.2 Prosessijärjestelmä AS620	25
4.2.3 Projektointijärjestelmä ES680/ES685/ES690	26
4.2.4 Palvelimet	26
4.2.5 Pitkän ajan historiadatapalvelimet NAS/LTA	27
4.2.6 Ohjepalvelimet RSSU	28
4.2.7 Operointipäätteet OT	28
4.2.8 Time Server	29
5 SUUNNITTELU	30
5.1 Laitosdokumentaatio	30
5.1.1 Arkistot.....	30
5.1.2 Tietokannat.....	31
5.2 Piirikaaviot	32

5.3 Kaappidokumentit.....	33
5.4 Mittapistespesifikaatiot, datablad.....	34
5.5 Ohjelmointityökalut	35
5.6 Suunnitteluperiaatteet.....	36
5.6.1 Mittaukset	36
5.6.2 Yksittäisohjaus.....	38
5.6.3 Ryhmäohjaus.....	38
5.6.4 Sähkönsyötöt	39
5.6.5 Kytchentäkaapit	39
5.6.6 Apujännitekaapit	39
5.6.7 Erottelu	40
6 HARDWARE-SUUNNITTELU.....	41
6.1 Perussuunnittelu -vaihe	41
6.1.1 Tyyppikuvat	42
6.2 Toteutussuunnittelu -vaihe	47
6.2.1 Dokumenttien varaukset	48
6.2.2 Muutostyön suunnittelu.....	49
6.2.3 Kaapeloinnin suunnittelu.....	50
6.2.4 Suunnitelmien jakelu.....	51
6.3 Toteutus	51
6.3.1 Tehdastestit	51
6.3.2 Muutostyön asennus ja tarkastus	52
6.3.3 Toimintakokeet ja käyttöönotto	53
6.3.4 Asennuskuvien päivitys	53
6.4 Muutostyön lopetus -vaihe.....	53
6.4.1 Loppudokumentaatio	53
7 HAASTATTELUT	55
8 YHTEENVETO.....	56
LÄHTEET.....	58

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

TVO – Teollisuuden Voima Oyj

OL1, OL2 – Olkiluoto laitosyksiköt 1 ja 2

SPPA – Siemens Power Plant Automation, Siemens automaatiojärjestelmä

TXP – Siemensin Teleperm XP-järjestelmä

HW – Hardware, laitteisto

SW – Software, ohjelmisto

PLC – Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka

PMS – TVO:n prosessitietokonejärjestelmä

FUP – Siemens TXP-järjestelmän toimintakaavio

I/O – Input/output, tulo/lähtö

OM – Operating and monitoring system, prosessin ohjaus- ja informaatiojärjestelmä

OT – Operating terminal, operointipääte (OM650) / operointipalvelin (OM690)

AS – Automation system, automaatiojärjestelmä

AP – Automation processor, keskusyksikkö

ES – Engineering system, projektointijärjestelmä (suunnitteluasema)

DS – Diagnostics system, diagnostiikkajärjestelmä

PU – Processing unit, prosessipalvelin

SU – Server unit, historiapalvelin

XU – External unit, tiedonsiirtopalvelin

CP – Communication processor, tietoliikennekortti

FUM – Function module, I/O-moduuli

IM – Interface module, liityntämoduuli

Time Server – Aikapalvelin

RSSU – Häiriö- ja käyttöohjepalvelin

LTA, NAS – Pitkäaikaisarkistoinnin palvelimet

SIMATIC – Siemens Automatic, prosessinohjausjärjestelmä tuotesarja

SUB – Osajärjestelmä

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Teollisuuden Voima Oyj automaatio suunnittelun organisaatiolle. Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on ydinvoima-alalla toimiva sähköntuottaja. TVO:lla on kolme ydinvoimalaitosyksikköä ja TVO on perustanut Fortumin kanssa Posiva Oy:n, joka kehittää ydinvoimajätteen loppusijoitusratkaisua.

Tässä työssä tutkittiin Olkiluodon OL1 ja OL2 laitosyksiköissä käytettävää Siemens AG:n kehittämää SPPA-T2000 automaatiojärjestelmää ja sen hardware-kenttäsuunnittelun suunnitteluprosessia TVO:lla. Olkiluodon turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmä päivitettiin Siemens Teleperm XP (TXP) automaatiojärjestelmästä sen jatkokehitettyyn versioon, SPPA-T2000. Tämä päivitys ja henkilöstön vaihtuvuus loivat tarpeen päivitetyille suunnitteluohjeille.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä Siemens Teleperm XP (TXP) ja SPPA-T2000 automaatiojärjestelmien laitteisto ja niiden erot sekä Teollisuuden Voima Oyj:n turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän suunnitteluperiaatteet ja suunnitteluprosessi.

Lähteinä työssä käytettiin SPPA-T2000 järjestelmästä löytyviä manuaaleja, haastatteluista saatua tietoa, kirjallisuutta ja netistä löytyvää tietoa. Pääasiallisena lähteenä oli Siemens AG:n manuaalit ja Teollisuuden Voima Oyj sisäinen dokumentaatio ja ohjeistukset. SPPA-T2000 automaatiojärjestelmästä ja suunnittelutyöstä hankittiin lisää tietoa haastatteleamalla Teollisuuden Voima Oyj työntekijöitä eri organisaatioista.

Työn tilaajan ja turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän taustoista kerrotaan luvussa 2. Luvussa 3 kerrotaan hieman SPPA-T2000 automaatiojärjestelmästä, jonka vanhan ja uusitun version laitteisto esitellään tarkemmin luvussa 4.

SPPA-T2000 järjestelmään liittyvät suunnitteluperiaatteet, aputyökalut ja dokumentaatio esitellään luvussa 5. Luku 6 sisältää SPPA-T2000 automaatiojärjestelmän laitteiston suunnitteluohjeet, jotka kehitettiin TVO:lle.

2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ

Työntilajana oli Teollisuuden Voima Oyj (TVO). TVO on listaamaton julkinen osakeyhtiö, joka pääsääntöisesti toimii energia-alalla sähköntuottajana. TVO:n toiminta perustuu Mankala-malliin ja TVO:n missio on tuottaa ilmastoystävällistä ja kilpailukykyistä sähköä. (Teollisuuden Voima Oyj, TVO konserni)

Teollisuuden Voima Oyj on Pohjolan Voima Oyj:n yhteisyritys ja TVO-konserniin kuuluu kolme tytäryhtiötä: TVO Nuclear Services Oy (TVONS), Posiva Oy ja Posiva Solutions Oy. Posiva Oy on TVO:n ja Fortum Oyj omistama yhteisyritys ja Posiva Solutions Oy on Posiva Oy:n tytäryhtiö, jonka Posiva omistaa kokonaan. (Teollisuuden Voima Oyj, TVO konserni)

Posiva Oy perustettiin vastaamaan Teollisuuden Voima Oyj:n voimalaitosten ydinjätehuollosta. Posiva tutkii ja toteuttaa loppusijoitusratkaisua Teollisuuden Voima Oyj:n voimalaitosten käytetylle polttoaineelle ja ydinjätteelle, jotka on tarkoitus sijoittaa syvälle Olkiluodon kallioperään. Posiva Oy:n loppusijoitusratkaisu Onkalo on tullut tunnetuksi maailmallakin. (Teollisuuden Voima Oyj, Käytetty ydinpolttoaine; Teollisuuden Voima Oyj, TVO vastuullisuusraportti 2022)

2.1 Mankala-periaate

Mankala-periaate on yhteisomistukseen perustuva toimintamalli. Useampi yhtiö perustaa osakeyhtiön ja jakaa osakeyhtiöön liittyvät kustannukset suhteutettuna omistettujen osakkeiden määrään. Mankala-periaatetta käytetään etenkin energia-alalla.

Teollisuuden Voima Oyj on Mankala-yhtiö. Kukin osakas maksaa omistuksensa mukaisen määrän kustannuksista ja on oikeutettu ostamaan tuotettua sähköä tuotantohintaan. Ostettavissa olevan sähkön määrää on myös suhteutettu osakkeiden määrään (kuva 1). (Teollisuuden Voima Oyj, Mankala-malli)

Osakejakauma 1.7.2021

	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

Taulukon luvut ovat prosentteja (%).

Kuva 1. TVO Oyj:n osakejakauma (Teollisuuden Voima Oyj, TVO konserni)

2.2 Historia

Teollisuuden Voima Oy perustettiin tammikuun 23. päivä vuonna 1969. Voimayhdistys Ytimen kaikki 16 jäsenyhtiötä tulivat TVO:n omistajiksi ja hallituksen puheenjohtajaksi valittiin Björn Westerlund, Nokia Oy:n toimitusjohtaja. TVO:n toimitusjohtajaksi valittiin Magnus von Bonsdorff. Nykyään TVO: toimitusjohtajana toimii Jarmo Tanhua.

TVO sai luvan ensimmäiselle laitossyksikölle vuonna 1972 ja laitostoimittajaksi valikoitui ruotsalainen Asea-Atom. OL1 aloitti sähköntuotannon vuonna 1978. Kakkosyksikölle TVO sai rakennusluvan 1975 ja OL2 otettiin käyttöön 1980. OL3 -laitossyksikkö sai rakennusluvan vuonna 2005 ja toimittajaksi valittiin AREVA-Siemens. OL3 on tarkoitus aloittaa säännöllinen sähköntuotanto vuonna 2023.

Teollisuuden Voimalla on ollut ydinvoimalaitosten lisäksi Olkiluodossa 1 MW:n tuulivoimala, joka rakennettiin vuonna 2004. Tuulivoimala purettiin vuonna 2018.

Teollisuuden Voima rekisteröitiin julkiseksi osakeyhtiöksi kaupparekisteriin vuonna 2007, jonka jälkeen yhtiön nimi on ollut Teollisuuden Voima Oyj. (Wikipedia, Teollisuuden Voima; Ytimen ympäriltä, 30 tarinaa Olkiluodosta)

2.3 Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmä taustaa

Alkuperäinen turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmä perustui Decontic ja Turbomatic automaatiojärjestelmiin. Decontic ja Turbomatic automaatiojärjestelmät olivat vanhentuneet ja ne päätettiin korvata uudella järjestelmällä, koska vanhojen järjestelmien valmistus oli lopetettu ja varaosien saaminen ei ollut enää varmaa. Uudeksi järjestelmäksi valittiin Siemens Teleperm XP (TXP) automaatiojärjestelmä. Uuden järjestelmän toimittaja oli Siemens Oy ja TXP järjestelmä otettiin käyttöön 2006. Siemens yhtiöstä lisää kohdassa 2.4. (Teollisuuden Voima Oyj, Yleiset suunnitteluperusteet)

Koska ero vanhojen järjestelmien ja TXP järjestelmien käyttöliittymien välillä olivat suuret, TXP järjestelmän simulaattori päädyttiin toteuttamaan ensin. Näin valvomotyöntekijät pystyivät opettelemaan uuden järjestelmän käytön ennen kuin TXP järjestelmä otettiin käyttöön laitosyksiköillä.

Uuden turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän toteutuksessa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman paljon kenttälaitteistoja ja kaapelointeja. Myös Deconticin ohjauseriaatteita hyödynnettiin, mutta esim. säätöjä kehitettiin järjestelmän uudistuksessa. Laitoksella kenttälaitteisto pysyi pääosin samana paitsi esim. PT100-lämpötila-antureita lisättiin ja analogiamittauksien kaapelointi uusittiin. Binäärimittauksissa hyödynnettiin vanhaa kaapelointia.

Uuden järjestelmän kaapit pystyttiin testaamaan etukäteen ja tämän ansioista järjestelmän vaihtoa pystyttiin jouduttamaan. Kun Decontic ja Turbomatic purettiin pois, uudet kaapit pystyttiin asentamaan tyhjäksi jääneeseen tilaan.

2.4 Siemens

Siemens AG on saksalainen konglomeraatti, joka perustettiin vuonna 1847. Siemensin päätoimialoja ovat tieto- ja tietoliikennetekniikka, automaatiotekniikka, terveydenhuollon tekniikka ja valaistus. Siemens tarjoaa asiakkailleen mm. energia-alan palveluita ja tuotteita, joihin kuuluvat esim. turbiinit ja automaatiojärjestelmät. (Wikipedia, Siemens (yritys); Wikipedia, Siemens)

Siemens AG:n mm. Suomessa toimiva tytäryhtiö on Siemens Oy. Siemens Oy perustettiin vuonna 1898, mutta Siemensillä on ollut toimintaa Suomessa vuodesta 1855 lähtien. Siemens Oy toimii myös Latviassa, Liettuassa ja Virossa. (Siemens Oy, Siemens Suomessa ja Baltiassa)

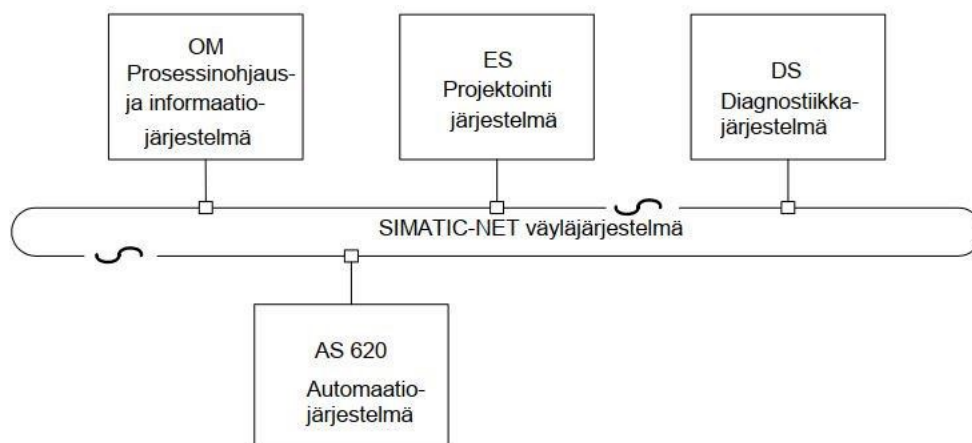
Vuonna 2020 Siemens AG päätti uudelleenorganisoida yhtiön rakennetta ja siirsi energia-alan toimintansa omaan itsenäiseen yhtiöön. Tämä itsenäinen yhtiö perustettiin entisen Gas and Power (G&P) osaston pohjalta ja nimettiin Siemens Energy:ksi. (Siemens Energy, Road to Siemens Energy)

3 SPPA-T2000 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

SPPA-T2000 (Siemens Power Plant Automation T2000) on Siemensin voimalaitoksille kehittämä automaatiojärjestelmä. SPPA-T2000 on Siemens Teleperm XP:sta (TXP) 2000-luvulla jatkokehitetty versio. SPPA-T2000 perusrakenne koostuu osajärjestelmistä ja väyläjärjestelmästä (kuva 2).

SPPA-T2000 käsittää seuraavat osajärjestelmät:

- OM: prosessin ohjaus- ja informaatiojärjestelmä
- ES: ohjelmointi- ja käyttöönottojärjestelmä
- DS: diagnostiikkajärjestelmä
- AS620: automaatiojärjestelmä prosessin automatisointiin
- SIMATIC-NET: SIMATIC NETWORK liiityntään eri laitteistojen kesken



Kuva 2. SPPA-T2000 järjestelmän perusrakenne (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

SPPA-T2000 koostuu valvomo- ja laitosväylästä. Laitosväylän muodostaa toisiinsa valokuitukaapelilla kytketyt järjestelmäkaapit (AS). Valvomoväylä koostuu palvelimista ja operointipäätteistä. Palvelimet ovat kytketty väylään kytkimien kautta ja kytkimet muodostavat väylään ringin. Näitä palvelimia ovat mm. tiedonsiirtopalvelin (XU) sekä redundanttiset prosessipalvelimet (PU) ja historiopalvelimet (SU).

SPPA-T2000 automaatiojärjestelmä on asennettu Olkiluoto 1 laitousyksikölle ja Olkiluoto 2 yksiköllä on käytössä vielä Teleperm XP automaatiojärjestelmä, mutta järjestelmää ollaan päivittämässä SPPA-T2000:een tämän työn kirjoitushetkellä.

Olkiluoto 3 yksikössä käytetään Teleperm XP:n lisäksi Teleperm XS-automaatiojärjestelmäalustaa (TXS), joka on kehitetty käytettäväksi ydinvoimalaitoksien turvallisuusluokissa 2 ja 3. Teleperm XS on kehitetty Teleperm XP:n pohjalta ja TXS:n omistaa Framatome. (Teollisuuden Voima Oyj, Yleiset suunnitteluperusteet; Teollisuuden Voima Oyj, FSAR).

3.1 Redundanttisuus

Redundanttisuus tarkoittaa viansietoa. Viansietokykyä voidaan nostaa esim. kahdentamalla järjestelmän osia. Näin yksittäinen vika ei pysäytä prosessia ja pystytään maksimoimaan järjestelmän toimintavarmuus. (Virtanen, Redundantitiset sähköjärjestelmät, s. 14).

SPPA-T2000 järjestelmässä hyödynnetään 1/2 redundanttisuutta ja rinnakkaisredundanttisuutta. 1/2 redundanttisuudessa komponentit on kahdennettu. Toinen komponenteista on ”johtava” ja toinen ”ei johtava”. Kummatkin komponentit saavat samat tiedot ja komponenttien tilat ovat samanlaiset. Jos johtava komponentti vikaantuu, ”ei johtava” komponentti muuttuu johtavaksi. (Teollisuuden Voima Oyj, OM650 perustoiminnot)

Rinnakkaisredundanttisuudessa käytetään rinnakkaisesti redundanttisia komponentteja, jotka ovat vierekkäisiä ja toiminnaltaan samanlaisia. Toiminnot voidaan suorittaa kummallakin komponentilla samanaikaisesti. Häiriön sattuessa, vikaantunut komponentti voidaan korvata toisella komponentilla. (Teollisuuden Voima Oyj, OM650 perustoiminnot)

SPPA-T2000 automaatiojärjestelmässä kummatkin valvomo- ja laitosväylä ovat yksittäisvikasietoisia. Esim. laitosväylässä on useita AS prosessiasemia

ringissä. Jos yksi prosessiasema vikaantuu, tieto kulkee silti ringissä kumpaankin suuntaan. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

Olkiluodon järjestelmissä on käytössä redundanttinen jako neljään osajärjestelmään, eli SUB-jako (A, B, C ja D). Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmä on myös jaettu eri SUB:hin. SUB:t ovat edelleen jaettu kahteen palo-osastoon. Näiden SUB-parien välillä noudatetaan kuitenkin myös etäisyysperiaatetta. Näin koko prosessi ei vaarannu.

3.2 SIMATIC S5 ja S7

SIMATIC S5 ja S7 ovat Siemensin kehittämiä prosessinohjausjärjestelmiä, joiden toiminta perustuu ohjelmoitavaan logiikkaan, Programmable Logic Controller (PLC). PLC vastaanottaa tulosignaaleja, esim. antureilta, käsittelee ja prosessoi ne ja niistä saatujen tietojen perusteella ohjaa lähtöjä.

PLC-järjestelmiä voidaan hyödyntää erilaisissa automatisointikohteissa ympäri maailmaa. Näihin kuuluu muun muassa tehtaiden tuotantolinjat. S5-modulien valmistus on lopetettu ja sen seuraajaksi on kehitetty S7-järjestelmä. S7 on sarjan uusin sukupolvi. Merkittävin ero S5:n ja S7:n välillä on suorituskyky S7 on S5:ä tehokkaampi. S5 ohjelmoitiin STEP5:llä ja S7 ohjelmoidaan STEP7:llä. (Unisgroup, S5; Wikipedia, Simatic; Siemens, From S5 to S7)

Siemens julkaisi SIMATIC S5 sarjan vuonna 1979. S5:n parempi kytkentänopeus mahdollisti nopeampien ja monimutkaisempien prosessien toteutuksen. Vuonna 1994 julkaisi SIMATIC S7 sarjan, joka tuli kolmessa eri suoritusluokassa: S7-200, S7-300 ja S7-400. S7 hyödyntää vuonna 1989 kehitettyä PROFIBUS kenttäväyläjärjestelmän standardia. Vuonna 2009 Siemens lisäsi SIMATIC S7 sarjaan uuden sukupolven logiikan S7-1200 ja vuonna 2013 S7-1500 (kuva 3). SIMATIC:iä kehitetään edelleen. (Siemens, 60 years of SIMATIC)



Kuva 3. Siemens SIMATIC S7-1200 ohjelmoitava logiikka. (Siemens, SIMATIC S7-1200)

Siemens AG on kehittänyt myös SPPA-T3000 automaatioprosessijärjestelmän, järjestelmää käytetään voimalaitoksissa. SPPA-T2000 on toistaiseksi ainut Siemensin järjestelmä, joka on hyväksytty järjestelmä ydinvoima-alalla.

4 OL1 JA OL2 TURBIINILAITOKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Olkiluodon turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmä sisältää valvomo-ohjelmiston ja automaatiojärjestelmän. Valvomo-ohjelmisto on Siemens OM690-prosessinohjaus ja informaatiojärjestelmä. Automaatiojärjestelmä on tyypiltään Siemens SPPA-T2000.

Olkiluodossa on ollut käytössä valvomo-ohjelmisto OM650 ja Siemens Teleperm XP (TXP) automaatiojärjestelmä vuodesta 2006. Vuosien 2022 ja 2023 aikana automaatiojärjestelmä ja valvomo-ohjelmisto päivitetään OM690 ja SPPA-T2000:een. Päivitys on tehty OL1 laitosyksikölle vuonna 2022 ja OL2:lle päivitys tehdään 2023 vuosihuollossa. Näiden päivitysten lisäksi SIMATIC S5-tekniikka vaihdetaan SIMATIC S7:ään. (Teollisuuden Voima Oyj, Turbiinilaitoksen käyttöautomaatio)

Automaatiojärjestelmän komponentit ja laitteet ovat sijoitettu kaappeihin SUB-kohtaisesti. Kaappien sähkönsyötöt ovat SUB-kohtaiset. Prosessiasemakaappeihin on kytkettynä apukaapit, joista prosessiasemat saavat sähkönsyötöt (sähkönsyöttökaapit). Apukaappeja käytetään myös erotuksissa (ristikytöntäkaapit).

Kaapin eri puolet ja tasot on nimetty koordinaateilla, jotka muodostuvat aakkosista ja numeroista. Kaapissa ja mm. I/O-korttien yläpuolella tai vieressä on tarrat, jotka kertovat tason nimen ja liittimien koordinaatiston. Nämä auttavat koordinaattien lukemisessa huoltojen, korjausten ja muutosten yhteydessä.

Koordinaatteja käytetään komponenttien nimeämisessä, mikä helpottaa komponenttien paikantamisessa. Esim. tasolla A olevan 155-kortin nimitys olisi A155. Komponenttien nimet merkataan kaappidokumentteihin ja piirikaavioidiin. Nimet ovat yhtenevät kaappidokumenttien ja piirikaavioiden tunnusten kanssa.

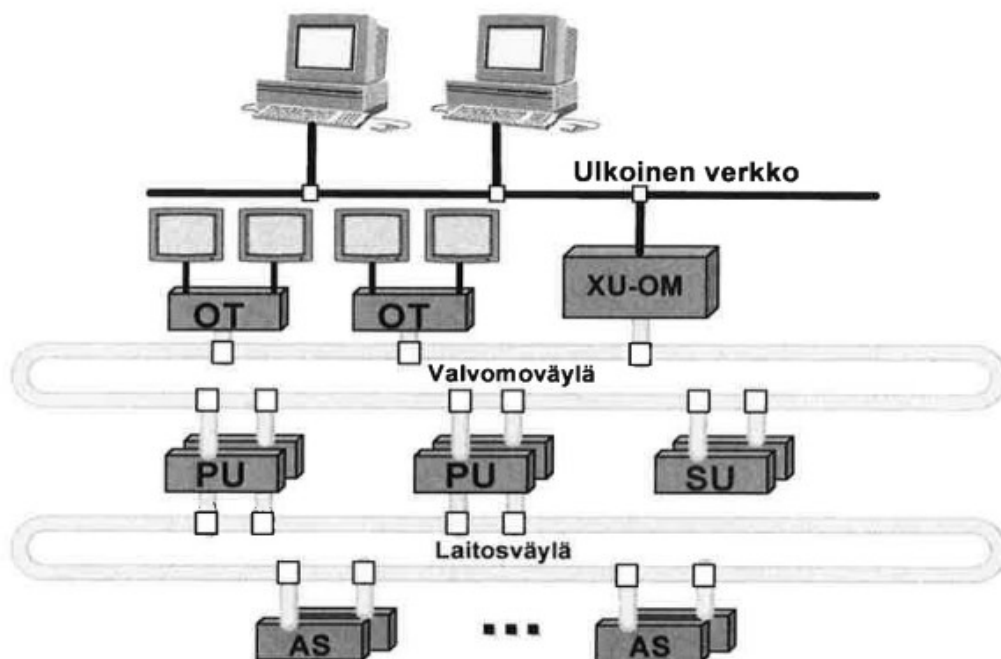
4.1 Päivitettävä järjestelmä, TXP

Siemens Teleperm XP (TXP) automaatiojärjestelmä on Siemens AG:n järjestelmä, joka on kehitetty voimalaitoksilla käytettäväksi. TXP käsittää prosessinohjaus- ja informaatiojärjestelmän OM650 ja SIMATIC S5.

TXP koostuu seuraavista osajärjestelmistä:

- OM650: prosessinohjaus ja informaatiojärjestelmä
- ES680: projektointijärjestelmä
- DS670: diagnostiikkajärjestelmä
- AS620: automaatiojärjestelmä prosessin ohjaukseen
- SINEC: Siemens Network Communication liityntään ja kommunikointiin eri laitteistojen kesken

OM järjestelmä on jaettu prosessipalvelimiin (PU) ja operointipäätteisiin (OT), jotka kommunikoivat valvomoväylän välityksellä. (OM650 perustoiminnot) Järjestelmän perusrakenne on kuvan 4 mukainen.



Kuva 4. Teleperm XP järjestelmärakenne (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

4.1.1 Prosessinohjaus- ja informaatiojärjestelmä OM650

OM650-prosessinohjaus- ja informaatiojärjestelmä muodostaa liittynän prosessin ja valvomohenkilökunnan välille. OM650 avulla voidaan käyttää, tarkkailla ja valvoa prosessia keskitetysti. OM650 tarjoaa kaikki tarvittavat toiminnot prosessitapahtumien täydelliseen raportointiin ja tietojen arkistointiin.

OM650 on hardware riippumaton ja järjestelmä perustuu kansainvälisiin standardeihin kuten UNIX, Windows ja OSF/Motif. Järjestelmällä on modulaarinen (koostuu moduuleista, joita voidaan lisätä tai poistaa tarvittaessa) hardware- ja software-konsepti. OM650 on rakenteeltaan avoin, mikä mahdollistaa järjestelmän sopeuttamisen erilaisiin projekteihin, mutta myös järjestelmän laajennuksen tarvittaessa. (Teollisuuden Voima Oyj, OM650 perustoiminnot)

4.1.2 Projektointijärjestelmä ES680

ES680-projektointijärjestelmä on suunnittelujärjestelmä, joka toimii Teleperm XP:n projektointityökaluna. ES680-järjestelmässä on omat projektointityökalut jokaiselle osajärjestelmälle ja ES680 käsittelee projektitiedostoja keskitetysti. Suunnittelu tehdään ES-suunnitteluaseman avulla, millä tehdään prosessiasemien ja valvomonäyttöjen määrittely. Suunnitteluasemia on yksi ja tämän viikaantuessa, TXP järjestelmän ohjelmistoon ei voida tehdä muutoksia. (TVO, Turbiinilaitoksen käyttöautomaatio; TVO, FSAR)

TXP:n toimintakaavioiden suunnitteluun ja laitos- ja prosessikuvien luomiseen käytetään ES-suunnitteluaseman graafisia editoreja.

ES:n projektointiperiaate on johdonmukaisesti eteenpäin tapahtuva projektointi. Ensiprojektointi ja muutokset tehdään muuttamalla tietoja suunnittelujärjestelmässä, jonka jälkeen suoritetaan automaattinen koodin lataus suunnitteluasemalta OM:lle. Eteenpäin ohjelmoinnin periaate on käytössä myös Teleperm XP:n komponenttien käyttöönotossa. (Teollisuuden Voima Oyj, OM650 perustoiminnot)

4.1.3 Diagnostiikkajärjestelmä DS670

DS670-diagnostiikkajärjestelmä käytetään huollon työkaluna ja Teleperm XP:n diagnosointiin. DS670:n avulla etsitään häiriöitä TXP:n osajärjestelmistä. Häiriötilanteessa DS-järjestelmä auttaa käyttäjää löytämään virheen ja sen syyn sekä opastaa virheen korjaamisessa.

DS670-diagnostiikkajärjestelmä käyttää UNIX ja X/Windows ohjelmistoja. (Teollisuuden Voima Oyj, OM650 perustoiminnot)

4.1.4 Väyläjärjestelmä SINEC H1

SINEC H1 väyläjärjestelmä mahdollistaa prosessijärjestelmän hajautettujen, itsenäisesti toimivien komponenttien välisen kommunikoinnin. SINEC H1 on kansainvälisten standardien mukainen, mikä mahdollistaa TXP:n omien järjestelmäkomponenttien lisäksi kytkeytymisen toisen valmistajan komponentteihin.

Väylänä käytetään teollisuus Ethernet väylää. (Teollisuuden Voima Oyj, Yleiset suunnitteluperusteet)

4.1.5 Automaatiojärjestelmä AS620

AS620 on automaatiojärjestelmä, joka toimii liitännänä prosessiin ja muihin järjestelmiin. AS620-järjestelmä toteuttaa yksittäis- ja ryhmäohjaustason automaatiotehtävät sekä kerää mittausarvoja ja tilatietoja prosessista. AS620 käsittelee ohjaus- ja säätötoiminnot, joiden mukaisesti se antaa käskyjä prosessiin. AS620 kautta välitetään tarvittavaa tietoa OM650-operointitasolle ja informaatiojärjestelmiin sekä käskyjä OM-operointi- ja ohjausjärjestelmistä prosessiin. (Teollisuuden Voima Oyj, Turbiinilaitoksen käyttöautomaatio)

AS620-automaatiojärjestelmä koostuu AS prosessiasemista, jotka ovat kytketty kytkimiin ja kytkimet ovat kytketty toisiinsa valokuitukaapelilla. Nämä

muodostavat laitosväylän. Prosessiaseman rakenne käsittää keskuskehikon, jossa on virtalähde sekä redundanttiset automaatioprosessorit (AP) ja tietoliikennekortit (CP), jotka ovat laitosväylään ja laajennuskehikkoon liittymistä varten. Automaatioprosessorit on kahdennettu ja häiriötilanteessa varalla oleva automaatioprosessori vaihtuu johtavaksi ja suorittaa toiminnot. Näiden lisäksi AS620-prosessiasemissa on FUM I/O-kehikot I/O-moduuleja (FUM-kortit) ja liityntämoduulia (IM614) varten. Jokaisessa I/O-kehikossa on 19 korttipaikka. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

AS620-järjestelmän prosessi on redundanttinen ja yksittäisvikasietoinen korttitasolle asti. Yksittäisvika ei pysäytä prosessia ja yksittäisen kortin häiriö estää vain sen ohjaamien komponenttien toiminnan.

I/O-korttikehikko sisältää analogia, binääri, ohjaus ja säätäjä FUM I/O-korttimoduulit sekä IM614 liityntämoduulit, jotka mahdollistavat sisäisten väyläjärjestelmien liittämisen. I/O-kortit ovat tyypiltään FUM210, FUM230, FUM232 ja FUM280. I/O-korttimoduulit ovat kytketty keskuskehikon sisäisellä väylällä liityntämoduulin (IM614) avulla keskusyksikköön (CPU). (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR; Teollisuuden Voima Oyj, Turbiinilaitoksen käyttöautomaatio)

AS620-järjestelmä koostuu seuraavista kanavien lukumäärästä per I/O-kortti:

• Binääritulo	28	FUM210
• Binäärilähtö	16	FUM210
• Yksittäisohjaus	5	FUM210
• Analogiatulo	16	FUM230
• PT100	14	FUM232
• Termoelementti	28	FUM232
• K-säätäjä	4	FUM280

I/O-kortit lähettävät signaaleja prosessille ja saavat signaaleja prosessilta. K-säätäjäkortit ovat redundanttisia. Muut I/O-kortit eivät ole redundanttisia. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

FUM210-korttia käytetään binäärituloissa, -lähdöissä ja yksittäisohjausten toteutuksessa toimilaitte-, moottori- tai magneettiventtiiliohjauksissa.

FUM230 -korttia käytetään virta- ja jännitesignaalien (0/4-20 mA, 0/2-10 VDC) lukemiseen prosessista ja automaatiokaapeista.

FUM232 -korttia käytetään PT100:n ja termoelementin mittausten lukuun prosessista.

FUM280 K-säätajakorttia (jatkuva analoginen lähtö) käytetään jatkuvatoimisen säätölaitteen ohjauksessa ja valvonnassa. K-säätajakortti on kahdennettu redundanttisen rakenteen muodostamiseksi.

4.1.6 Operointipääte OT

Operointipääteiltä ohjataan, valvotaan ja hallitaan prosessia sekä jäsennetään vikoja ja häiriöitä. Operointipäätteet ovat toisistaan riippumattomia ja yhden päätteen vika ei vaikuta muiden päätteiden toimintaan. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

Teleperm XP järjestelmässä on viisi operointipalvelinta, jotka tuottavat informaation operointipäätteille. Operointipalvelimeen voidaan kytkeä neljä näyttöä. Operointipäätteitä ohjataan hiirellä ja näppäimistöllä. (Teollisuuden Voima Oyj, OM650 perustoiminnot)

4.1.7 Prosessipalvelimet PU

Prosessipalvelimet PU keräävät tietoja laitospölyn prosessiasemalta, jalostavat tiedon ja välittävät sen valvomölyn operointipalvelimille. Lisäksi prosessipalvelimet välittävät operaattorin tekemät ohjaukset takaisin prosessiasemille. Prosessipalvelimet ovat redundanttisia.

Tietojen nopeaa hakua varten prosessipalvelimissa on lyhytaikainen arkisto. Tiedot tallennetaan tähän tietokantaan pakkaamattomina. (Teollisuuden Voima Oyj, OM Prosessin ohjaus- ja valvontajärjestelmä)

4.1.8 Historiapalvelin SU

Pitkäaikaisarkistointia varten on historiapalvelimet SU. Historiapalvelimille arkistoidut tiedot ovat löydettävissä sieltä palvelimen kovalevyn sallimien rajojen mukaisesti. (Teollisuuden Voima Oyj, OM Prosessin ohjaus- ja valvontajärjestelmä)

SU-historiapalvelimet ovat kytketty valvomoväylään. SU-historiapalvelimet ovat kahdennettu ja redundanttisia.

4.1.9 Ulkoisten liityntöjen palvelin XU

Ulkoisia liityntöjä varten on XU-palvelin. XU on kytketty valvomoväylään ja Teleperm XP -järjestelmän ja muiden järjestelmien välinen liikenne tapahtuu XU:n kautta.

XU ei ole redundanttinen ja XU:n vikaantuessa liikenne muihin järjestelmiin katkeaa. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

4.1.10 Aikapalvelin

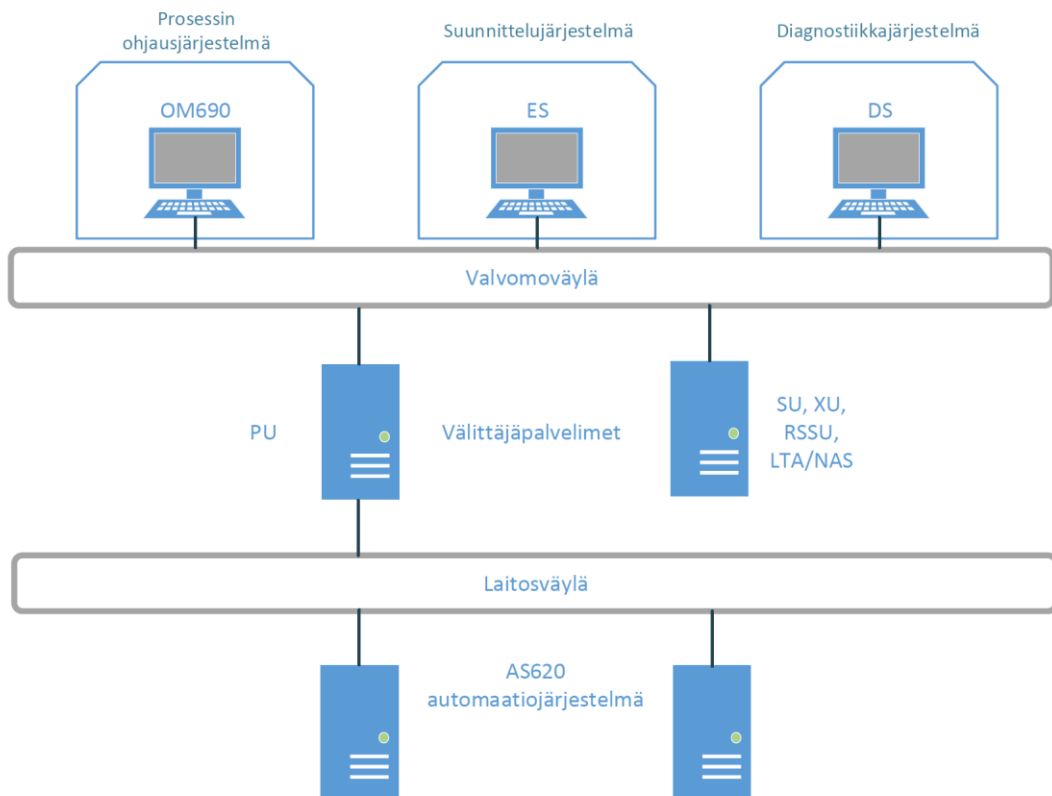
Teleperm XP automaatiojärjestelmässä on oma aikapalvelin, josta järjestelmälaitteet saavat keskitetysti kellonajan. Aikapalvelin ei ole redundanttinen ja palvelimen vikaantuessa, järjestelmälaitteet alkavat käymään omaa aikaa, mikä voi johtaa ristiriitoihin muiden järjestelmien kanssa.

4.2 Uusittu järjestelmä, SPPA-T2000

SPPA-T2000 koostuu OM690:stä ja SIMATIC S7:stä. SPPA-T2000 järjestelmän ylemmällä tasolla on prosessiohjausjärjestelmä OM690. OM690-järjestelmään kuuluvat prosessipalvelimet (PU) ja historiapalvelimet (SU), tiedonsiirto-palvelin (XU), operointiasemat (OT), backup-varmuuskopiopalvelimet (LTA/NAS), Time Server (aikapalvelimet) ja häiriö- ja käyttöohjepalvelimet (RSSU). Lisäksi suunnittelujärjestelmä ES (ES680/ES685/ES690) ja diagnostiikkajärjestelmä DS670.

Palvelimet ovat kytketty toisiinsa valokuitukaapelilla, jota kutsutaan valvomoväyläksi. Laitosväylän muodostaa kytkimillä ja valokuitukaapelilla toisiinsa kytketyt prosessiasemat AS620. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

Alla esitettyinä SPPA-T2000 järjestelmän perusrakenne (kuva 5).



Kuva 5. SPPA-T2000 järjestelmän perusrakenne

4.2.1 SIMATIC-NET väyläjärjestelmä

Väyläjärjestelmä on päivitetty SINEC:stä SIMATIC-NET:iin. SIMATIC-NET väyläjärjestelmä verkottaa järjestelmän hajautettujen- ja itsenäisesti toimivien komponenttien välillä. Väyläjärjestelmä on kansainvälisten standardien mukainen ja tarjoaa mahdollisuuden avoimeen kommunikointiin. Näin voidaan omien järjestelmäkomponenttien ohella kytkeytyä toisen valmistajan komponentteihin.

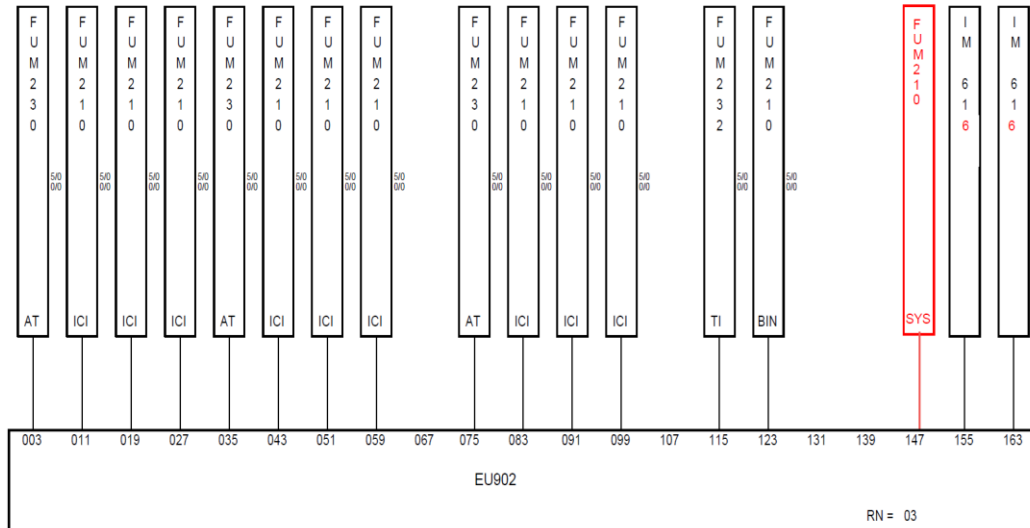
SIMATIC-NET perustuu standardoituun CSMA/CD-tekniikkaan ja sen siirtonopeus on 100/1000 MB/s.

4.2.2 Prosessijärjestelmä AS620

Päivitettäessä SPPA-T2000:een AS620-prosessijärjestelmä pysyy samanlaisena. Prosessiasemien sisäinen väylä päivittyy Profibus-väyläksi ja I/O-kortit pysyvät samanlaisina. Prosessorit ja väyläkomponentit päivitetään SIMATIC S7:ää tukevaksi.

Prosessiaseman rakenne käsittää keskuskehikon, jossa on vikasietoiset S7-400H SIMATIC kortit. S7-400H on redundanttinen ohjausyksikkö, joka koostuu redundanttisista virtalähteestä sekä automaatioprosessoreista (AP) ja tietoliikennekortteista (CP), mihin kytketään kaapin sisäinen Profibus-väylä (IM616-kortit). CP tietoliikennekortit ovat laitosväylään ja laajennuskehikkoon liittymistä varten.

I/O-korttikehikon FUM I/O-moduulit ovat samanlaisia (FUM210, FUM230, FUM232, FUM280) kuin Teleperm XP:ssä. Päivitys SPPA-T2000 järjestelmän vaatii SYS-kortin lisäämisen AS-kaappiin, joka on tyypiltään FUM210 (kuva 6). SYS-korttia käytetään kaapin häiriöiden valvontaan.



Kuva 6. EU902-korttikehikon rakenne. Muutokset ovat merkitty punaisella. (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

4.2.3 Projektointijärjestelmä ES680/ES685/ES690

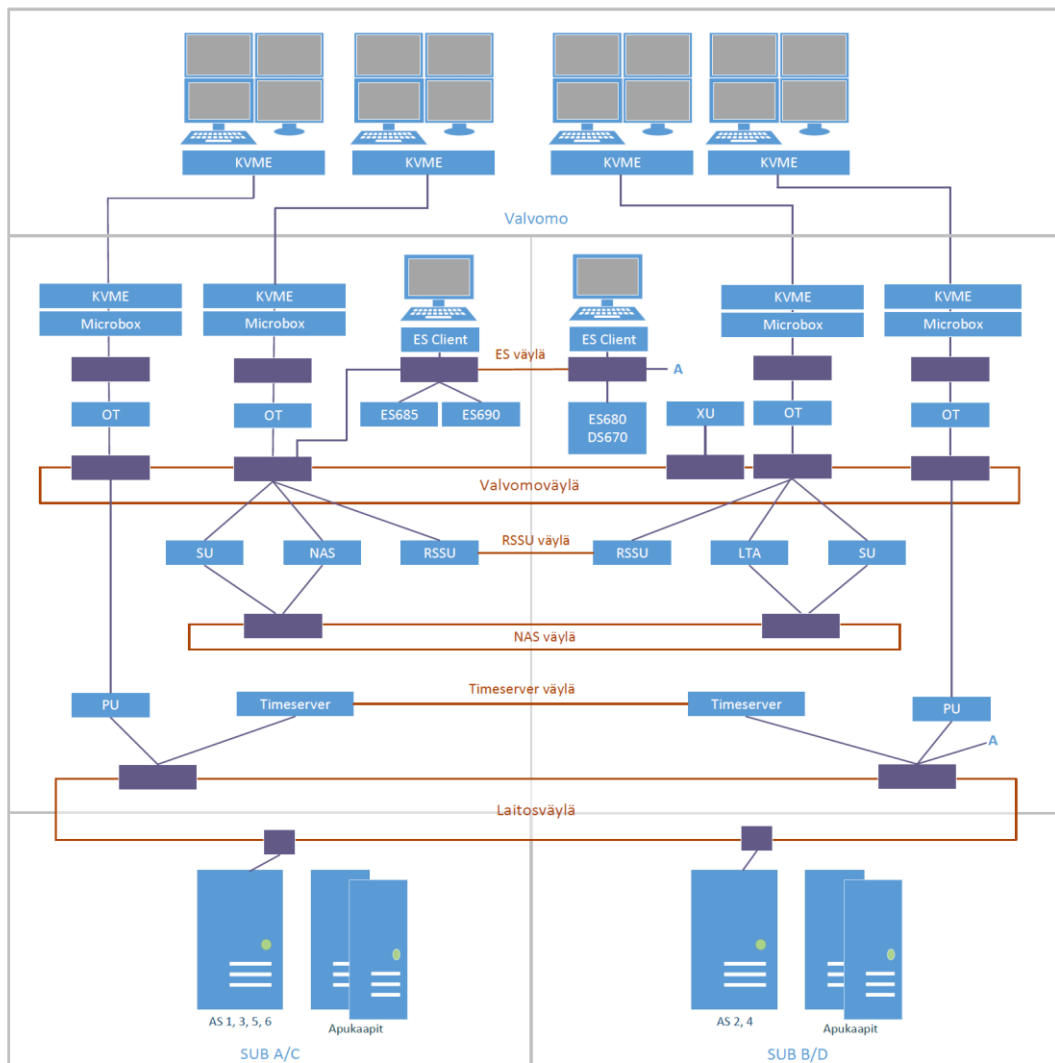
ES680, ES685 ja ES690 ovat OM690-projektointijärjestelmän palvelimia. ES685 on OM690-järjestelmän asennus- ja suunnittelupalvelin. ES690 käsittelee OM- ja Tec4function editorin, joita käytetään järjestelmän näyttöjen suunnittelussa ja prosessiasemien ohjelmoinnissa.

ES680 on OM690-järjestelmän palvelin, jossa on diagnostiikkajärjestelmän DS670-ohjelmisto ES-S7-ohjelmisto.

4.2.4 Palvelimet

SPPA-T2000 päivityksessä palvelimien PU, SU ja XU ovat vaihdettu Lenovon palvelimiin. Uutena SPPA-T2000 järjestelmään on lisätty ohjepalvelin RSSU ja pitkän ajan historiadatan palvelimet NAS/LTA. SPPA-T2000 järjestelmän aikapalvelin on päivitetty Time Server-aikapalvelimiin. Päivitetyt järjestelmän palvelimet ovat redundanttisia XU:ta lukuun ottamatta.

Uuden järjestelmän rakenne, uudet palvelimet ja niiden väliset väylät ovat esitettyä alla (kuva 7).



Kuva 7. Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän rakenne.

4.2.5 Pitkän ajan historiadatapalvelimet NAS/LTA

SU historiapalvelimet ovat kytketty valvomoväylään ja NAS-väylään. NAS/LTA ovat pitkän ajan historiadatapalvelimia, jotka kommunikoivat operointipäätteiden kanssa.

NAS ja ensimmäinen SU-historiapalvelin ovat A/C SUB parissa. LTA ja toinen SU-historiapalvelin ovat B/D SUB parissa.

4.2.6 Ohjepalvelimet RSSU

RSSU:t ovat SPPA-T2000 järjestelmän ohjepalvelimia. RSSU:t sisältävät järjestelmän häiriö- ja käyttöohjeita. RSSU:t kommunikoivat laitosväylän operointipäätteiden (OT) kanssa. RSSU:t sijaitsevat eri SUB-pareissa ja ne kommunikoivat toistensa kanssa oman väylän avulla.

4.2.7 Operointipäätteet OT

Operointipäätteet ovat liitetty operointipalvelimiin Microbox PC -näytönohjaimilla. Liitynnän pituudesta johtuen, näytönohjaimen kytkennöissä hyödynnetään KVM Extendereitä. KVM Extender on laite, jota käytetään mm. tietokoneen ja palvelimen liittämiseen toisiinsa, kun välimatka on pitkä (esim. 100 m).

SIMATIC Process Control System Client (Microbox PC) on prosessinohjausjärjestelmän näytönohjain (kuva 8). Microbox PC sisältää näytönohjaimen lisäksi keskusyksikön ja 8–16 GB muistin.



Kuva 8. Microbox, SIMATIC IPC427E Box PC (Siemens, Industry Mall)

4.2.8 Time Server

Time Server eli aikapalvelin on palvelinlaite, jonka avulla varmistetaan, että järjestelmän kaikki osat toimivat samassa ajassa. Time Server saa kellonajan GPS:ltä ja välittää kellonajan järjestelmän laitteille väylän kautta.

Time Server on osa SPPA-T2000 järjestelmän redundanttisia osia. Jos menetetään GPS-signaali, järjestelmä saa silti synkronoinnin Time Servereiltä.

5 SUUNNITTELU

Tässä luvussa esitellään SPPA-T2000 järjestelmän hardwaren liittyviä suunnitteluun liittyviä työkaluja, dokumentaatiota ja suunnitteluperiaatteita.

Suunnittelun tukena ovat SPPA-T2000 järjestelmän suunnittelutyökalujen lisäksi TVO:n tietokannat, dokumentaatio ja toimittajien dokumentaatio.

5.1 Laitosdokumentaatio

Laitosdokumentaatio käsittää käyviin laitoksiin liittyvän dokumentaation. Laitosdokumentaatiota ovat mm. piirikaaviot, kaappidokumentaatio, järjestelmäkaaviot sekä toimittajien dokumentaatio ja manuaalit.

Laitosdokumentaation tulee olla ajan tasalla. Laitosdokumentaation muutostarpeet syntyvät erilaisista muutoksista, kuten rakeenteelliset muutokset ja projektit. Muutostarve voi lisäksi syntyä dokumentaatiossa havaituista puutteista tai virheistä. (Teollisuuden Voima Oyj, Laitosdokumentaatiokoulutus)

5.1.1 Arkistot

Olkiluodossa on käytössä paperiarkisto ja SmartPlant Foundation-ohjelma (SPF), dokumenttien arkistointia varten. Arkistoon ja SPF:n kerätään laitoksiin, laitteistoon ja suunnitteluun liittyvä dokumentaatio. Laitosdokumentaatioon kuuluu teknisen dokumentaation lisäksi laitteiden tietoja, jotka ovat tyypillisesti toimittajien laitemanuaaleja ja spesifikaatioita. Laitosdokumentaation tekniseen dokumentaatioon kuuluvat esim. piirikaaviot ja kaappidokumentit.

Paperiarkistossa dokumentaatio on kerätty kansioihin. Arkistosta löytyy mm. originaalisarja, joka sisältää alkuperäisen dokumentaation ja suunnittelusarja, joka sisältää suunnittelun aikaisen dokumentaation. Laitokselta löytyy sen lisäksi käytön ja kunnossapidon jakelusarjat, joihin päivitetään heti muutosten

jälkeen piirikaavioiden punakynäkopiot. Punakynäkynäkopiot säilyvät siellä, kunnes muutos dokumentoidaan ja muutetut sivut jaetaan näiden tilalle.

SmartPlant Foundation-ohjelmaa (SPF) käytetään sähköisessä muodossa olevan dokumentaation ja aineiston arkistointiin. SPF:ään tallennetaan mm. piirikaavioita ja kaappidokumentteja CAD-tiedostoina. Dokumentteja voi tarkastella ja varata muokattavaksi SPF:ään kautta.

5.1.2 Tietokannat

TVO:lla on käytössä erilaisia tietokantoja, joita käytetään laitostiedoille, kaapelireititykseen, muutosten hallintaan ja esim. turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän suunnittelussa. Näitä käytössä olevia tietokantoja ovat laitostietokanta, Cabsys, MUHA ja Microsoft Access.

Laitostietokannan tarkoitus on vastata laitosten nykyistä tilaa ja tietokantaan päivitetään ajankohtaiset tiedot muutosten yhteydessä. Laitostietokantaa käytetään muutostyön aikana mm. muutostöiden eri vaiheiden ja erotuslistojen laatimisessa. Laitostietokanta käsittää kaikkiin laitousyksiköihin liittyvää tietoa, kuten laitepaikat ja kaappien komponentit ja on yleisessä käytössä Olkiluodossa.

TVO:lla on käytössä lisäksi kaapelitietokanta Cabsys. Cabsysiin on reititetty Olkiluodon laitousyksiköiden kaapeloinnit. Uusien kaapelien reititykset suunnitellaan Cabsysin avulla tallentamalla tietokantaan tiedot järjestelmästä, SUB:sta, kaapelityypistä, kaapelointiluokasta ja päätepisteistä. Näiden tietojen avulla voidaan myös hakea vanhoja kaapeleita tietokannasta.

Muutostyön hallintaa ja seuraamista varten on erillinen muutostyön hallinnan tietokanta, MUHA. MUHA:n avulla ohjataan projektin etenemistä ja dokumentaatiomuutoksia.

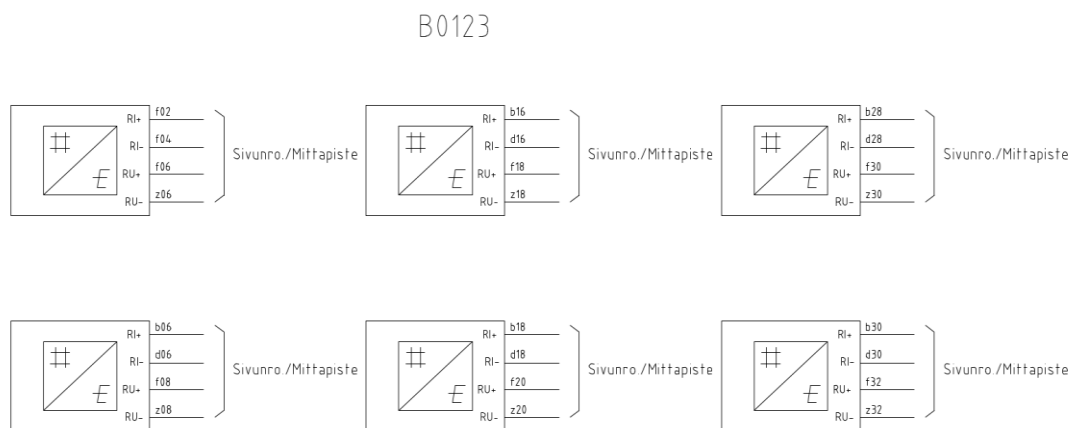
Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän muutostöitä varten on perustettu Microsoft Access-tietokanta. Access-tietokannan käyttö muutosprojekteissa ei ole yleinen käytäntö TVO:lla, mutta sitä hyödynnetään TXP/SPPA-T2000 automaatiojärjestelmien suunnittelussa.

Access-tietokantaan tallennetaan projektiin liittyvät raportit, dokumenttiluettelot ja taulukot. Projektin tietokannasta tehdään mm. varaukset projektissa tarvittaville mittapisteille.

5.2 Piirikaaviot

Piirikaaviot esittävät järjestelmien, osajärjestelmien ja laitteiden kytkentöjä ja asennuksia. TVO:n piirikaaviot on laadittu siten, että niitä luetaan yleensä vasemmalta oikealle. Poikkeuksena on kaappien sähkönsyöttöjen piirikaaviot, joita luetaan ylhäältä alas.

SPPA-T2000 järjestelmän I/O-kortteille, korttien vapaille kanaville, johdinpareille ja eri mittauksille on laadittu omat piirikaaviot (kuva 9).



Kuva 9. I/O-kortin käytössä olevat kanavat, viittaus piirikaavioon merkitään sivunumero/mittapiste (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

5.3 Kaappidokumentit

Kaappidokumentit käsittävät kaappiin liittyvän dokumentaation. Näihin kuuluu mm. layoutit, komponenttilistat, kytkentälistat ja XA-liitinkuvat.

Layout-kuva esittää kaapin ulkomitat, kaapin sisällön ja komponenttien sijainnit kaapissa.

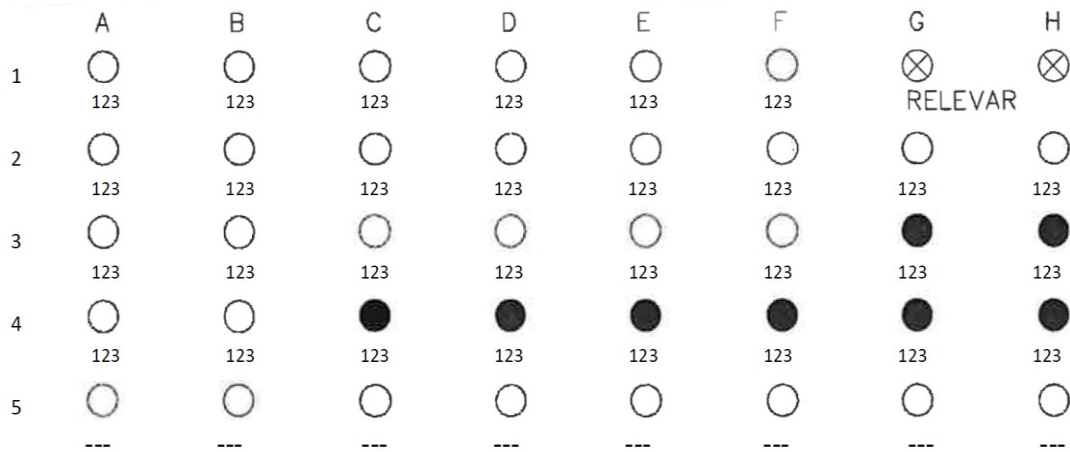
Komponenttilistat kertovat tarkempaa tietoa kaapin komponenteista. Komponenttilistassa esitetään komponentin tunnus, tyyppi, nimike ja viittaus piirikaavioon (kuva 10).

Paikka	Nimi	Tyyppi	Nimiketunnus	Kpl	Valmistaja/Huom.	Kaavio
xx	Paneeli			1		
xx	Tasavirtalähde 24VDC/20A			1		
xx	OT05 monitori	LP2065	10100-0010	1	Hewlett-Packard	123/1000

Kuva 10. Esimerkki komponenttilistasta (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

KytKentälistat esittävät kaapin sisäisiä kytkentöjä ja kaappien välisiä ulkoisia kytkentöjä. Kytkentälistoissa on esitettyä kaapelin tyyppi, numero, liittimet, päätepiisteet ja viittaus piirikaavioon.

XA-liitinkuvat näyttävät liittimen tyhjät ja käytössä olevat pinnit sekä valmiiksi kytketyt vapaana olevat johdinparit (kuva 11). Liitinkuvissa on viittaukset piirikaavioon, jos liitin on käytössä. Vapaista johdinpareista on erilliset piirikaaviot, joita voi hyödyntää suunnittelussa. (Teollisuuden Voima Oyj, Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän suunnittelu)

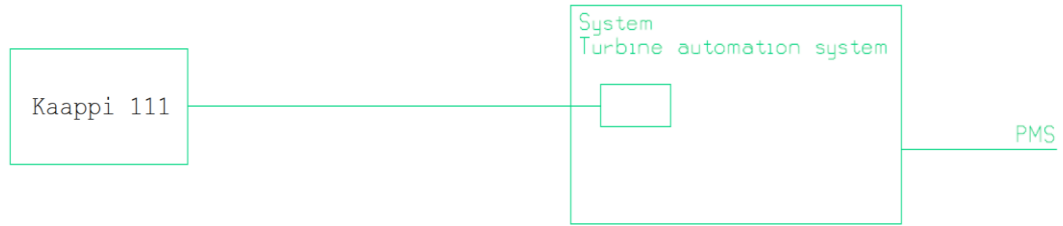


Kuva 11. Esimerkki XA-liitinkuvan rakenteesta ja pinnien merkintätavoista (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

Tyhjä on käytössä oleva pinni ja sen alla on viittaus piirikaavion sivuun. Täytetty on vapaana oleva johdinpari, jonka voi ottaa käyttöön. Täytetyn liittimen alla viittaus piirikaavioon. Rasti merkitsee RELEVAR/VAR:ia. "---" käytetään tyhjän pinnin merkitsemiseen.

5.4 Mittapistespesifikaatiot, datablad

TVO:n omaa dokumentaatiota ovat mittapistespesifikaatit eli databladit. Datablad esittää mittapisteketjua ja siihen liittyviä laitteita sekä komponentteja (kuva 12).



Mittapiste	Sijainti		Tyyppi				
123K123	Huone/Kaappi	TXP bin. Input Computer to PMS	FUM210				

Kuva 12. Esimerkki databladin perusrakenteesta (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

Databladin yläosassa on esitettyä mittapisteen periaatekaavio yksiviivaesityksenä ja sen alapuolella on taulukko. Taulukossa on listattuna mittapisteketjun järjestelmät, laitteet ja komponentit. Databladin komponenttien tulee vastata laitostietojärjestelmässä ja virtauskaaviossa olevien komponenttien tunnuksia.

5.5 Ohjelmointityökalut

SPPA-T2000 automaatiojärjestelmän ohjelmoinnin suunnittelu tapahtuu ES-suunnitteluasemilla OM-editorin ja Tec4function editorin avulla.

OM-editoria käytetään prosessinäyttöjen suunnitteluun ja ohjelmointiin OM-näytöille. Tec4functionia käytetään toimintakaavioiden suunnitteluun sekä ohjelmointiin.

Toimintakaaviot voidaan siirtää Tec4function editorilta OM-editorille. Tätä varten OM-editorilla ja Tec4functionilla on yhteinen hakemisto toimintakaavioiden siirron hallintaa varten.

Toimintakaavioita käytetään prosessin valvontaan ja häiriöanalysointiin. Toimintakaaviolla esitetään toimintalohkot, joiden kautta voidaan tarkastella I/O:n tilatietoja.

5.6 Suunnitteluperiaatteet

Muutostyön suunnitteluun liittyy suunnitteluperiaatteita. Suunnitteluperiaatteet ohjaavat miten järjestelmää voidaan lähteä kehittämään ja mitä suunnittelussa tulee huomioida.

Tässä luvussa esitellään turbiinin ohjausjärjestelmään liittyviä suunnitteluperiaatteita.

5.6.1 Mittaukset

Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän kerää tietoja prosessista mittauksien avulla ja tuottaa näistä mittauksista saatujen tietojen perusteella sähkömoottorien, moottorilaitteiden ja magneettiventtiilien ohjaukset. Järjestelmä saa signaaleja neljästä eri lähteestä: valvomosta tulevista ohjauksista, ylemmän tason automatiikasta sekä analogista ja binäärisistä mittauksista. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

Automaatiojärjestelmä saa analogisia signaaleja lämpötila-, virtaus- ja painemittauksista. Binäärisiä signaaleja taas saadaan lämpötila-, paine- ja rajakytkimiltä.

Binäärisiä mittauksia ovat prosessista, sähkökeskuksista ja automaatiokaapeista luettavat tiedot. Prosessimittaukset luetaan välireleen kautta, jonka kosketin on sulkeutuva ilman valvontavastusta. Sähkökeskuksista ja automaatiokaapeista tulevat mittaukset luetaan suoraan ilman välireleitä.

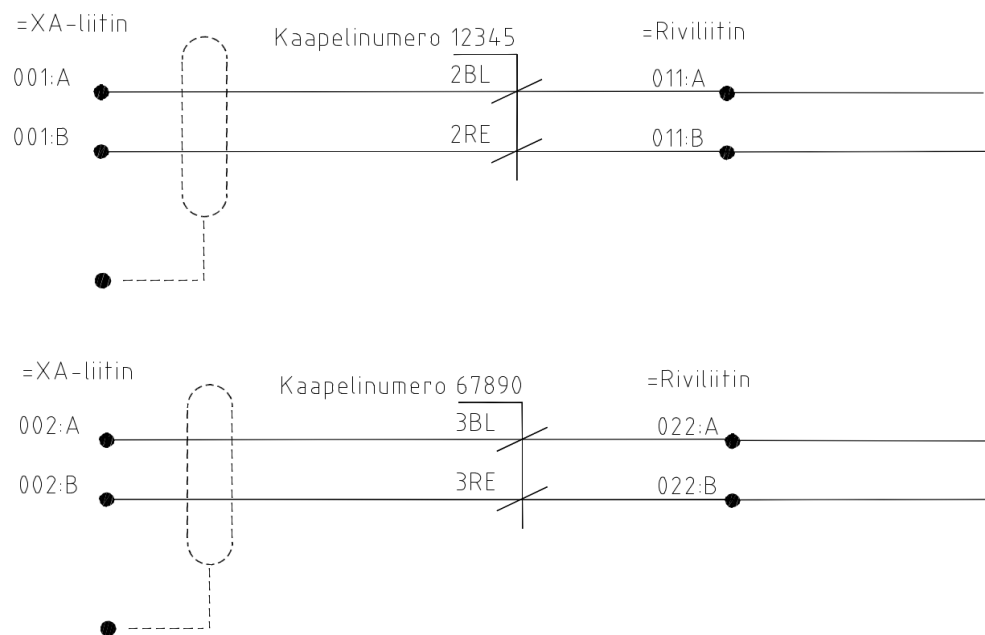
Puretuista ja muutetuista mittauksista on jäänyt valmiita kytkentöjä, joita kannattaa ensisijaisesti hyödyntää muutostöissä. Käytöstä poistetuista

mittauksista ja varalle lisätyistä relekytkennöistä on RELEVAR/VAR piirikaaviot. Nämä piirikaaviot toimivat mittauksien suunnittelussa apuna.

RELEVAR-kaavio esittää mittausta, jolla on rele ja VAR mittausta, jolla ei ole relettä. RELEVAR/VAR tieto kirjoitetaan piirikaavioissa dokumentin nimikenttään ja XA-liitinkuvissa RELEVAR/VAR tieto merkataan rastilla.

RELEVAR/VAR:ja voi ottaa käyttöön uutta mittausta suunniteltaessa. Tällöin mittaukselle lisätään I/O-kortti ja kenttälaite. Kun kytkentä otetaan käyttöön, se siirretään omaan piirikaavioon ja muutokset lisätään myös muihin dokumentteihin ja piirikaavioihin. (Teollisuuden Voima Oyj, Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän suunnittelu)

SPARE-kuvissa on esitettyinä valmiiksi kytketyt vapaat johdinparit (kuva 13). XA-liittimistä lähtevät vapaat johdinparit ovat merkitty SPARE-kuviin.



Kuva 13. Esimerkki valmiiksi kytketyistä, vapaana olevista kytkennöistä (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

5.6.2 Yksittäisohjaus

Yksittäisohjaus käsittää yksittäisen laitteen toimintaan ja valvontaan tarvittavat laitteistot. Yksittäisohjaustasolla toteutetaan manuaalisesti tai automaattisesti annettuja ohjaukskomentoja. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

Yksittäisohjauksen tarkoitus on hyväksyä ryhmäohjauksilta tai ylemmän tason ohjauslaitteilta tulevat ohjaukskäskyt, ohjata kontaktoreita sähkökeskuksissa sekä tuottaa selkeää tietoa jokaisen laitteen tilasta käytettäväksi ryhmäohjauksissa ja tilatietojen näyttäminen. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

SPPA-T2000 järjestelmässä on kolme vakiomoduulia seuraaville laitteille:

- moottoriohjaus
- moottoritoimilaitteiden ohjaus
- magneettiventtiiliohjaus

5.6.3 Ryhmäohjaus

Ryhmäohjaus muodostetaan, kun joukko samankaltaisia tehtäviä hoitavia ja toisistaan riippuvaisia laitteita voidaan ryhmittää yhteen. Ryhmäohjauksen logiikka ohjaa yksittäisten laitteen toimintaa prosessilta, yksittäisohjaustasoilta ja ylemmän tason ohjauslaitteilta saatujen signaalien avulla. Monimutkaiset ryhmäohjaukset voidaan joskus jakaa alaryhmiin (alaryhmäohjaukset). (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

Ryhmäohjauksella ohjataan yksittäisohjauksia. Kaikki yksittäisohjaukseen liittyvät toiminnot on koottu yhdeksi ryhmäksi. Ryhmän laitteiden manuaalinen ohjaus on normaalisti aina mahdollista riippumatta ryhmäohjauksen tilasta. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

5.6.4 Sähkönsyötöt

Automaatiojärjestelmän sähkönsyöttö toteutetaan kahdennettuina siten, että yksittäisvika ei estä järjestelmän toimintaa. Tästä syystä AS prosessiasemat syötetään kahdesta eri SUB:sta.

SPPA-T2000 kaapin sisälle on sijoitettu diodit, jotka estävät jännitteen menettämisen, jos toiseen jännitesyöttöön tulee vika. I/O-korttien syöttöä varten jokaisella kortilla on omat sulakkeensa. I/O-korttien binäärisiä lähtöjä käytetään kenttäpiirien syöttöön ja nämä lähdöt ovat oikosulun kestäviä. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

OM690-järjestelmän palvelimet ovat sijoitettu serverikaappeihin osajärjestelmäkohtaisesti ja kaappeja syötetään keskeytymättömällä 220 VAC jännitesyötöllä. (Teollisuuden Voima Oyj, FSAR)

5.6.5 KytKentäkaapit

SPPA-T2000 automaatiojärjestelmässä on kytKentäkaapit AS-kaappien rinnalla. AS-kaapeista on vaikea tehdä erotuksia, joten erotusten helpottamiseksi järjestelmässä on ristikytKentäkaapit, joiden kautta AS-kaapit saavat signaalit kentältä.

RistikytKentäkaappi sisältää Maxi Termi Point-ristikytKentäyksikön ja riviliittimiä, jotka on johdotettu AS-kaappiin. Kun järjestelmään tehdään muutoksia, erotukset tehdään pääasiallisesti ristikytKentäkaapista.

5.6.6 Apujännitekaapit

Automaatiojärjestelmässä hyödynnetään kytKentäkaappien lisäksi apujännitekaappeja. Apujännitekaapit syöttävät AS-kaappeja. Apujännitekaappeja on kahdenlaisia: 24/48 VDC ja 110 VDC.

- 24/48 VDC:n sähkönsyöttökaappi syöttää AS-kaapeille 24 VDC ja kentälaitteille 48 VDC.
- 110 VDC sähkönsyöttökaapin johdonsuojakatkaisijoilta saatavaa syöttoa hyödynnetään magneettiventtiileiden sähkönsyöttönä.

5.6.7 Erottelu

Erotteluperiaatteena käytetään ensisijaisesti osajärjestelmäjakoja, jossa osajärjestelmät on erotettu toisistaan toiminnallisesti ja fyysisesti (esim. sähkönsyötöiltään). Laitoksilla fyysinen erottelu on toteutettu SUB-jaolla. Täydellinen fyysinen erotus ei kuitenkaan ole mahdollista, sillä tietyt toiminnot tulevat yhdestä paikkaa, esim. valvomosta.

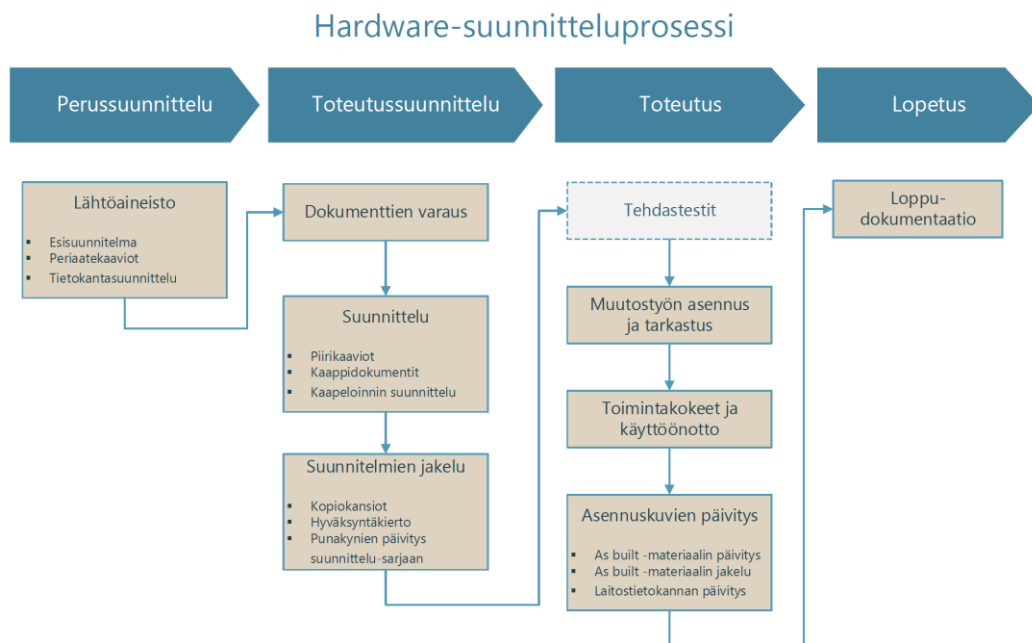
Laitoksilla on neljä redundanttista osajärjestelmää, joita kutsutaan SUB:ksi (A, B, C, D). Kaapelointireitit noudattavat tätä SUB-jakoa ja jokaisella SUB:lla on omat kaapelit prosessiasemakaapeille asti. (Teollisuuden Voima Oyj, Yleiset suunnitteluperusteet)

Ylemmän turvallisuusluokan järjestelmien ja SUB:ien välisissä liitynnöissä käytetään 2kV:n erotuskykyä. Prosessiasemien toinen jännitesyöttö tuodaan erotusmuuntajan kautta, jolla on yli 2kV:n erotuskyky. (Teollisuuden Voima Oyj, Yleiset suunnitteluperusteet)

6 HARDWARE-SUUNNITTELU

Muutostyön suunnitteluprosessi jakautuu eri vaiheisiin: perussuunnittelu, toteutussuunnittelu, toteutus ja lopetus. Suunnitteluprosessi alkaa muutostyön esisuunnitelman laatimisella ja lähtöaineiston keräämisellä, ja prosessi päättyy asennetun muutoksen käyttöönottoon ja loppudokumentaation laatimiseen.

Hardware-suunnitteluprosessi on rakenteeltaan alla olevan vuokaavion mukainen (kuva 14).



Kuva 14. Hardware-suunnitteluprosessin vuokaavio

Suunnitteluprosessin aikana tulee varmistaa, että suunniteltu muutostyö vastaa esisuunnitelman asettamia vaatimuksia. Muutostyön etenemistä eri vaiheissa hallitaan muutostöiden hallinnan -tietokannasta (MUHA).

6.1 Perussuunnittelu -vaihe

Suunnitteluprosessin alussa laaditaan esisuunnitelma, johon määritellään, mitä muutostyö käsittää sekä laaditaan vaatimukset, mitkä muutostyön tulee

täyttää. Esisuunnittelu-vaiheessa tunnistetaan ja konsultoidaan muutostyön suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä organisaatioita parhaimman ratkaisun määrittelemiseksi.

Projektia varten kerätään lähtöaineisto, joka tarkastellaan ja päivitetään niiltä osin, kuin tarpeellista projektin toteutusta varten. Lähtöaineiston perusteella tuotetaan dokumentaatio uusittavasta osuudesta ja sen toiminnasta. Näiden lisäksi laaditaan STUK:lle mahdollinen ennakkotarkastusaineisto. (Teollisuuden Voima Oyj, Yleiset suunnitteluperusteet)

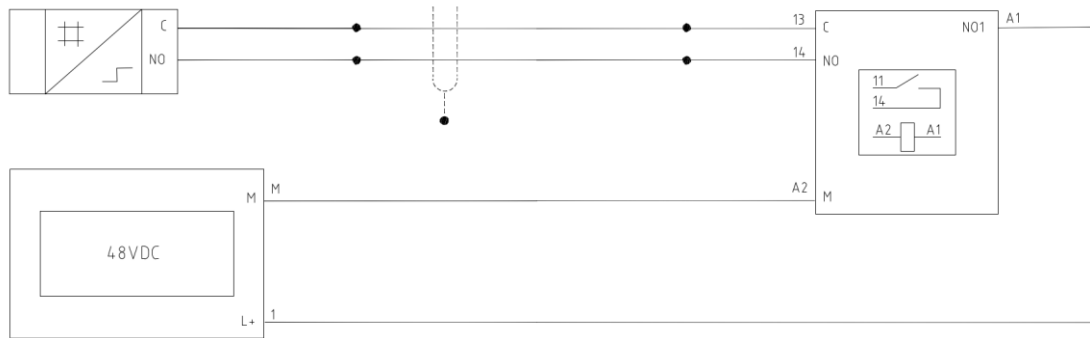
Perussuunnittelu-vaiheessa projektille perustetaan Access-tietokanta. Tietokantaan tallennetaan projektiin liittyvät raportit, selvitykset, dokumenttillistat ja taulukot. Tietokantaa ylläpidetään koko projektin ajan.

Laitostietokantaan tehdään tarvittavat nimikemuutokset ja tarvittaessa perustetaan uusia nimikkeitä. Nimikkeille kerätään tarvittavat tiedot, kuten tuotteen tyyppi ja valmistaja, sekä dokumentit. Nimikkeiden nimiin lisätään myös laitteiden hardware- ja firmware-versioiden numerot.

Perussuunnittelun valmistuttua, sille haetaan hyväksyntä. Kun perussuunnittelu on hyväksytty, muutostyön projekti siirtyy toteutussuunnittelu-vaiheeseen.

6.1.1 Tyypikuvat

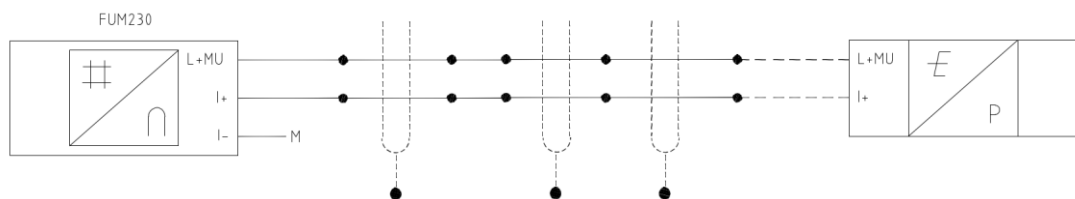
Muutostyötä varten suunnitellaan ja testataan muutostyökohteen tyypipiirit. Perussuunnittelussa tulee testata ne tyypipiirit, joita aiotaan soveltaa toteutussuunnitteluun, sillä vain testattuja tyypipiirejä saa soveltaa. Eri mittaus- ja ohjaustyypeille tehdään toimintokaaviot ja HW-piirikaavioiden tyypikuvat (kuva 15). Tyypikuvissa ovat esitettyinä I/O-korttien signaalit ja tulojen sekä lähtöjen kytkennät.



Kuva 15. Esimerkki HW-tyyppikuvasta. Kuvassa binääritulo FUM210-kortti, 48 VDC syöttö ja välirele (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

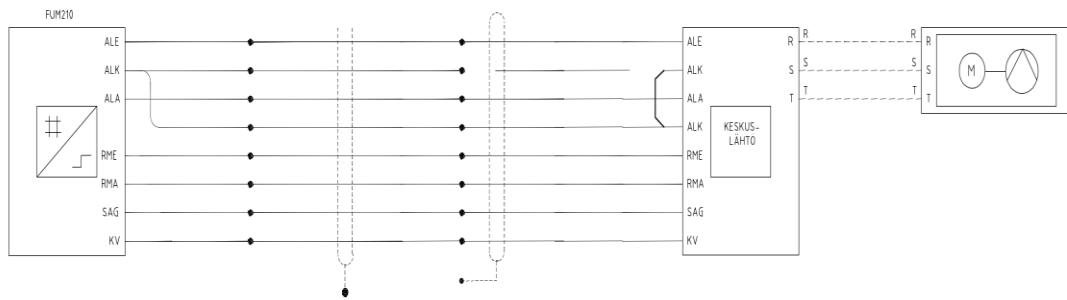
Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän dokumentaatiosta löytyy tyyppikuvat binääritulolle, analogiatulolle, moottorille, toimilaitteelle, pneumaattisten toimilaitteiden redundantiselle ohjaukselle, pneumaattisten toimilaitteiden säätöventtiilin asennolle, magneettiventtiilille, termoelementille ja PT100-lämpötilanturille. Binääritulon tyyppikuva on esitettyä ylhäällä (kts. kuva 15) ja muut tyyppikuvat esitellään tässä luvussa alkaen analogiatulosta.

Analogiatulossa FUM230-kortti toimii virtalähteenä (kuva 16), joka syöttää lähetintä, josta kortti saa mittaussignaalin (esim. paine). Analogiatuloa voidaan käyttää jännite- tai virtamittauksissa.



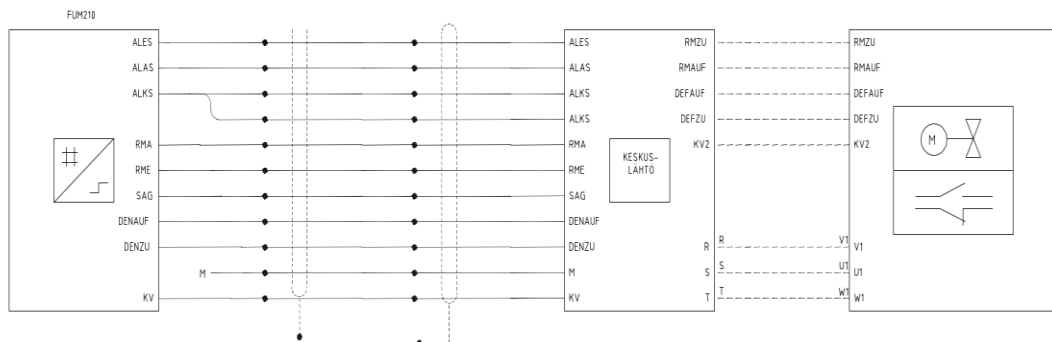
Kuva 16. FUM230-kortin analogiatulon tyyppikuva. (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

Moottorin ohjauksessa käytetään FUM210-korttia. FUM210 on kytketty keskuslähtöön, josta lähtee kytkentä moottorille. Alla esitettyä moottorin ohjauksen tyyppikuva (kuva 17). Lähdöt ylhäällä (ALE, ALK, ALA) ja tulot alhaalla (RME, RMA, SAG, KV).



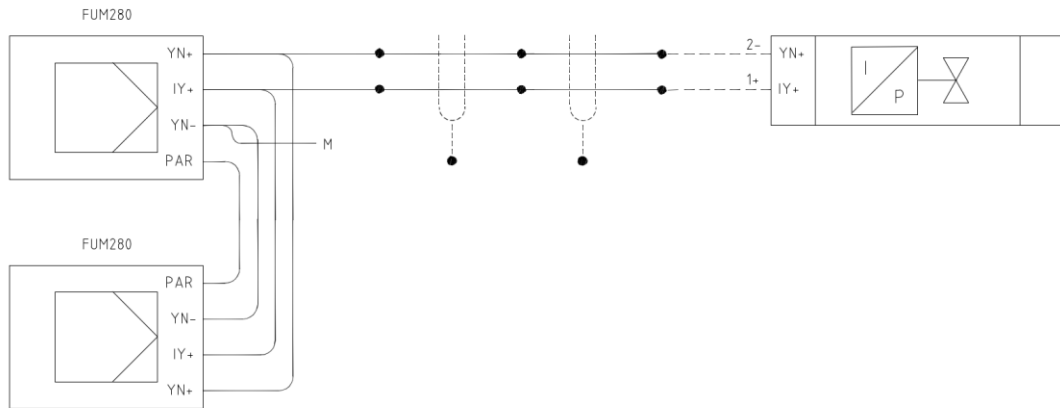
Kuva 17. Moottorin ohjauksen tyypik kuva. Keskuslähdön ja moottorin välinen kytkentä (katkoviiva) on esitetty prosessijärjestelmän piirikaaviossa. (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

Moottoritoimilaitteen ohjauksessa käytetään FUM210-korttia. Kortti saa ja lähettää signaaleja keskuslähdön kautta (kuva 18). Keskuslähtö on kytkettynä moottoritoimilaitteeseen, jolta tulee tilatietoja kortille.



Kuva 18. Moottoritoimilaitteen tyypik kuva (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

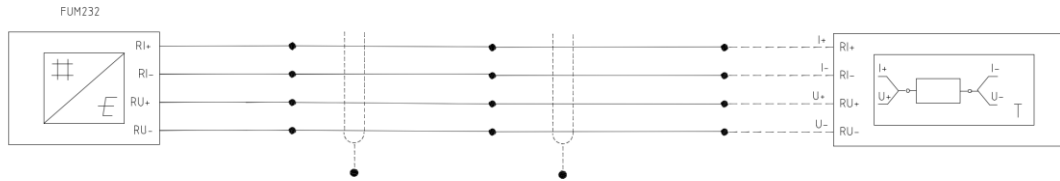
Pneumaattisten toimilaitteiden ohjaukseen käytetään kahta FUM280-korttia (kuva 19). Korttien kahdentaminen tekee ohjauksesta redundanttisen.



Kuva 19. Redundanttisen ohjauksen tyyppikuva (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

Pneumaattisten laitteiden säätöventtiilin asennon ohjauksessa käytetään yhtä FUM230-korttia. Kortin kytkentä on samankaltainen kuin analogiatulon tyyppikuvassa.

Magneettiventtiilien ja magneettiventtiiliohjattujen toimilaitteiden ohjauksessa käytetään FUM210-korttia (kuva 20). FUM210-kortti on kytketty ohjausreleeseen, jolla ohjataan magneettiventtiiliä. Ohjausrele ja toimilaitteen kytkimet saavat 110VDC:n syötön. Kytkimet ohjaavat apurelettä, jonka koskettimilta tulee auki/kiinni tiedot magneettiventtiilin ohjaukseen järjestelmän kautta.



Kuva 22. FUM232-kortin kanavaan kytketty PT100-anturi (Teollisuuden Voima Oyj, sisäinen materiaali).

Tyypikuvien kytkennöissä käytetään samaa merkintätapaa, kuin kaappidokumenteissa ja piirikaavioissa. Taulukossa 1 on selitettynä muutamia yleisiä tyypikuvien merkintöjä.

Taulukko 1. Tyypikuvamerkintöjen selityksiä

Merkintä	Selitys
C	Connect, voidaan ohjelmallisesti valita tilaksi 0 tai 1
NC	Normally closed, normaalisti suljettu tai kiinni
NO	Normally open, normaalisti auki tai irti
M	Maa
I-/I+	Sähkövirta
U-/U+	Jännite
L	Teholähde
L+	Sähkönsyöttö
L+MU	Varateholähde, 2- ja 4-johdin muuntimille
RI-/RI+	PT100:n vakiovirta
RU-/RU+	PT100:n mittausjännite
TU-/TU+	Lämpöparin mittausjännite

6.2 Toteutussuunnittelu -vaihe

Hardware-muutoksen suunnittelua varten varataan tarvittavat dokumentit, joihin muutostyö kohdistuu. Näihin dokumentteihin suunnitellaan muutokset ja suunnitelmista jaetaan punakynäkopioidut suunnittelusarjaan.

Toteutussuunnittelussa laaditut dokumentit kerätään kansioon, joka laitetaan hyväksymiskiertoon suunnitelmien valmistuttua. Kun suunnitelmat ovat hyväksytyt, laaditaan mahdolliset pakettikansiot, jotka sisältävät kullekin asennuksien eri vaiheille tarvittavat dokumentaatiot.

Olkiluodon laitosyksiköiden OL1 ja OL2 välillä on eroja, joten toteutussuunnittelussa tulee huomioida laitosyksiköiden erot.

6.2.1 Dokumenttien varaukset

Suunnitteluprosessin alussa varataan muutostyöhön liittyvät ja tarvittavat dokumentit arkiston suunnittelusarjasta. Dokumentit varataan joko poistamalla tarvittavat sivut mapista tai leimaamalla sivuun merkintä, jossa näkyy missä projektissa kyseiseen sivuun ollaan tekemässä muutoksia. Sivujen poistamisen haittapuolena tosin on, että muut suunnittelijat eivät näin pysty näkemään kuka on tekemässä muutoksia tai missä muutosprojektissa sivu on käytössä. Tämän takia tulisi suosia sivujen leimaamista poistamisen sijaan varauksia tehdessä. Näin pystytään myös paremmin selvittämään eri projekteissa tehtävien muutostöiden väliset vaikutukset toisiinsa.

Access-tietokannasta tehdään suunnittelun aikana varauksia mm. I/O-korttikavalle, joihin muutostyön kohdistuu. Vapaat ja käytössä olevat kanavat on kerätty kanavajako-taulukkoon. Kanavajaoista voidaan nähdä kortin sijainti, käytössä olevat kanavat, kortin tyyppi ja mittapisteet.

Kanavajakojen lisäksi, Accessiin laaditaan signaalilistat. Signaalilistoista löytyy käytössä olevat mittaukset ja niiden signaalit. Listoissa on myös eriteltynä signaalien raja-arvot sekä apureleen ja I/O-kortin paikat.

I/O-korttien kanavavalinnat suoritetaan ES680-suunnitteluasemalla. Suunnitteluasemalla voidaan tarkastella korttikohtaisesti käytössä olevia ja vapaita kanavia.

Kanavavalinnoissa tulee huomioida, että tyhjät kanavat eivät välttämättä ole vapaana. FUM210-kortin kohdalla tyhjät kanavat ovat vapaita ja voidaan ottaa käyttöön muutostöissä. Venttiilejä ja säätimiä ohjaavien korttien kohdalla tyhjät kanavat saattavat olla jo käytössä, sillä venttiilien ja säätimien ohjaukset varaavat useamman kanavan.

6.2.2 Muutostyön suunnittelu

Hardware-muutoksien suunnittelu koostuu seuraavista osista: piirikaavioiden luonnostelusta sekä kaappidokumenttien ja kaapeloinnin suunnittelusta. Suunnittelu aloitetaan piirikaavioiden luonnostelulla ja kytkentöjen suunnittelulla. Piirikaavioihin täydennetään esim. komponenttien tunnuksat, kytkennät ja kaapelien tyypit, kun kaappidokumentaatio on laadittu ja kaapelointi suunniteltu.

Dokumentteihin muutoksia tehdessä uudet komponentit, kytkennät ja muutokset vanhoihin merkataan punaisella. Poistuvat komponentit, kytkennät ja sivut yliviivataan punaisella. Kun mittapiste poistuu, yliviivataan vanha laitepaikka mittapisteluettelosta ja lisätään RELEVAR/VAR.

Dokumenteissa suunnittelulle olennaisimmat tiedot ovat dokumentin nimi, piirtäjän puumerkki, laitousyksikkö, kansion tunnus, päivämäärä sekä piirustus-, sivu- ja muutosnumero. Muutosten yhteydessä, dokumenttiin merkataan uusi revisionumero, päivämäärä ja tekijä. Jos lisätään uusi sivu tai poistetaan vanha, sivunumerot tulee tarkistaa ja päivittää muissakin sivuissa.

Muutostyön aikaiset punakynät jaetaan arkistojen tarvittaviin dokumentaatio-sarjoihin. Arkistoissa on kolme dokumentaatio-sarjaa: originaalisarja (ORG), suunnittelusarja (SU) sekä käytön ja kunnossapidon jakelusarjat.

- ORG-sarja ja muut jakeluserjat näyttävät dokumentoidun tilanteen. Nämä sarjat päivittyvät dokumentoinnin yhteydessä ja ovat nykytilaa hieman jäljessä.
- SU-sarja näyttää suunnittelutilanteen. SU-sarjasta varataan dokumentit suunnittelua varten ja SU-sarjaan dokumentoidaan muutostyön punakynäkopiot.
- Käytön ja kunnossapidon jakeluserjoista näkyy koko ajan laitostilanne. Käytön ja kunnossapidon jakeluserjoissa ovat dokumentoitu laitostilanne sekä kopiot muutoksen punakynistä.

6.2.3 Kaapeloinnin suunnittelu

Kaapelointia varten laaditaan sisäiset ja ulkoiset kytkentälistat. Kytkentälistoissa tulee olla kaapelityyppi, -numero, määrä, päätepiisteet ja liitin. Listat laaditaan Excel-tiedostoihin ja toimitetaan kaapeloinnista vastaavalle organisaatiolle.

Kaapeloinnin suunnittelussa tulee huomioida runkokaapelien vapaat säikeet. Runkokaapelien vapaita säikeitä pyritään hyödyntämään aina kun mahdollista. Näin uusien kaapelien asentamisen tarvetta voidaan minimoida.

Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmään on jätetty kaapeleita puretuista järjestelmän osista ja mittauksista. Ennen uusien kaapeleiden lisäämisen suunnittelua, selvitetään, onko vanhoja kaapeleita mahdollista hyödyntää.

Mikäli muutostyössä on paljon kaappeja, laaditaan kaapeloinnin tueksi kaapelikaavio. Kaapelikaavio esittää kaappien välisiä ulkoisia kytkentöjä. Kaapelikaavioon merkitään laitosyksikkö, huonenumerot, kaappitunnukset, kaapelinumero ja kaapelien tyypit.

Kaapelien reitityksen suunnittelussa käytetään Cabsys-kaapelitietokantaa. Cabsysistä tarkemmin kohdassa 5.1.2.

6.2.4 Suunnitelmien jakelu

Kun muutostöiden suunnitelmat ovat valmiit, aineisto kopioidaan ja laitetaan hyväksyntäkiertoon. Suunnitelmat tarkastetaan ja muutossuunnitelmiin tehdään mahdollisesti tarvittavat muutokset. Kun kaikki muutokset on hyväksytty, suunnitelmat siirtyvät jakeluvaiheeseen.

Suunnitelmien punakynät kopioidaan ja jaetaan sitten SU-sarjaan. Näin SU-sarjassa näkyy tämänhetkinen suunnittelutilanne.

6.3 Toteutus

Ennen laitokselle vientiä ja asennusten aloittamista pidetään aloituskokous, jossa käydään läpi asennusvalmiuden tarkastuslista asennuksiin osallistuvien TVO:n henkilöstön, ulkopuolisten urakoitsijoiden ja toimittajien kanssa. Aloituskokouksen jälkeen työnjohto hankkii työluvut ja toimittaa ne asennusryhmille. (Teollisuuden Voima Oyj, Laitosmuutosprojektien investointiprosessi)

6.3.1 Tehdastestit

Muutostöissä, joissa esim. keskuskaapit ovat tilattu laitetoimittajalta, uusille kaapeille suoritetaan tehdastestit. Tehdastestit suoritetaan toimittajan tehtaalla ennen kuin uudet kaapit toimitetaan laitokselle. Kaappien ja laitteiston toiminta testataan vielä laitoksella.

Tehdastestejä ei tehdä kaikissa projekteissa, joten tämä vaihe ei koske kaikkia muutostöitä. Tehdastestejä ei tehdä esim. pienemmissä projekteissa, joissa muutetaan nykyisiä jo olemassa olevia laitteita.

6.3.2 Muutostyön asennus ja tarkastus

Muutostöiden laajoissa muutoksissa, joissa tehdään muutoksia useassa kohteessa, tehdään mahdolliset pakettikansiot eri muutostyön toteutuksen vaiheita varten. Pakettikansiot sisältävät vaiheille tarpeelliset dokumentit.

Muutostöiden asennukset ajoitetaan vuosihuoltoon, kun laitos ei ole käynnissä. Osa asennuksista voidaan tehdä esiasennuksina etukäteen ennen vuosihuoltoa ns. tehoajolla. Nämä ovat tyypillisesti uusien laitteiden asennuksia, joita ei vielä kytketä prosessiin, eli ne voidaan asentaa valmiiksi häiritsemättä prosessia. Kaikki asennukset, jotka on mahdollista tehdä ennen vuosihuoltajaksoa ajoitetaan tehoajolle.

Kun muutostyöt on asennettu, muutostyö koestetaan osana käyttöönottoprosessia. Koestus tarkoittaa asennuksien tarkastamista ja laitteiston toiminnan varmentamista. Koestuksella varmistetaan esim. toteutuksen suunnitelman mukaisuus ennen käyttöönottoa. Koestus suoritetaan vertaamalla piirikaavioita ja kytkentälistoja asennettuihin muutoksiin.

Asennuksia varten suunnitelmista otetaan asennuskopiot, joihin koestuksessa merkataan vihreällä tarkastetut kytkennät. Piirikaavioissa merkitään koestuksen tarkastukset ja havainnot erillisiin koestuskopioihin. Näin syntyy toteutuskuvat, eli "as built" -materiaali, jonka pohjalta tehdään loppudokumentaatio.

SPPA-T2000 automaatiojärjestelmän I/O-korttien ja XA-liittimien kytkennöissä käytetään kiertoliitoksia eli räppäystä (wire-wrap). Johtimien räppääminen soveltuu juottamista paremmin edellä mainittujen kytkentöjen toteuttamiseen, sillä niitä voidaan muuttaa helpommin. Räppäyksien koordinaatit ovat merkitynä kytkentälistoihin, piirikaavioihin ja tyyppikuviin.

6.3.3 Toimintakokeet ja käyttöönotto

Kun asennukset ovat valmiit ja tarkastettu, suoritetaan toimintakokeet. Toimintakokeilla varmistetaan, että asennukset toimivat käytännössäkin. Toimintakokeilla myös varmistetaan, että muutostyö vastaa suunniteltua.

Hyväksytyjen toimintakokeiden jälkeen voidaan suorittaa käyttöönotto, jonka jälkeen suoritetaan käyttöönottotarkastus. Kun käyttöönottotarkastus on valmistunut, pidetään lopetuskokous ja projekti luovutetaan tuotannolle.

6.3.4 Asennuskuvien päivitys

Muutostöiden asennusvaiheessa syntyneestä as built -materiaalista otetaan ennakkokopiot, jotka jaetaan laitokselle sekä käytön ja kunnossapidon jakeluserjaan. As built -materiaalia ei jaeta suunnitteluserjaan.

Laitostietokantaan päivitetään uudet laitepaikat, komponentit ja mittapistet. Nimikkeiden varaosatiedot päivitetään myös laitostietokantaan. Muutostyön aikana käytöstä poistettujen laitepaikkojen ja komponenttien käyttötila muutetaan poistettu käytöstä -tilaan.

6.4 Muutostyön lopetus -vaihe

Kun muutostyön asennukset on tarkastettu ja toimintakokeet tehty, voidaan uusi järjestelmä, laitteisto ja/tai komponentti ottaa käyttöön.

Koestuksien aikana syntynyt as built-materiaali piirretään puhtaaksi, tarkastetaan ja jaetaan kaikkiin jakeluserjoihin.

6.4.1 Loppudokumentaatio

Projektin lopuksi as built-materiaali piirretään puhtaaksi dokumentointia varten. Puhtaaksi piirretyn materiaalin lopputuloksena on projektin

loppudokumentaatio, joka vastaa tehtyjä muutoksia. Loppudokumentaatio tarkastetaan, kopioidaan ja kopiot jaetaan arkiston eri sarjoihin ja tallennetaan SPF:ään. Samalla, kun loppudokumentaation kopiot jaetaan jakeluserjoihin, muutostyön aikaiset punakynäaineistot poistetaan jakeluserjoista

Muutostyön aineistoja (suunnitelmat, punakynät, jne.) säilytetään vähintään 3 vuotta arkistossa. Tämän jälkeen aineisto lähetetään mikrofilmaukseen.

7 HAASTATTELUT

Haastatteluissa haastateltiin Teollisuuden Voima Oyj työntekijöitä eri organisaatioista. Haastatteluiden tavoitteina oli hankkia tietoa TVO:n turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän historiasta ja TVO:n suunnitteluprosessista. Lisäksi työn aikana konsultoitii Siemens Energy Oy:n edustajaa TXP ja SPPA-T2000 järjestelmiin liittyvissä kysymyksissä.

Haastattelutyylinä oli avoin haastattelu. Haastatteluiden tavoitteena oli kerätä taustatietoa Olkiluodon turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmästä sekä tarkentavaa tietoa opinnäytetyön aiheeseen liittyen sekä haastateltavien kokemuksia suunnitteluprosessiin liittyen. Haastatteluiden avulla myöskin kerättiin tietoa suunnitteluprosessissa käytettävistä työkaluista.

Haastatteluista saatua tietoa vertailtiin Teollisuuden Voima Oyj:n sisäisiin suunnittelun ohjeistuksiin ja aineistoon. Vertailun perusteella pystyttiin vetämään johtopäätöksiä, joita voitiin soveltaa suunnitteluohjeiden laadinnassa.

Suunnittelun keskeisimmiksi työkaluiksi tunnistettiin Microsoft Access-tietokanta, muutosten hallinta -tietokanta, laitostietokanta ja Cabsys-kaapelointitietokanta. Nämä työkalut sisällytettiin ohjeisiin.

Hyödylliseksi visuaaliseksi avuksi haastatteluissa nousi esiin vuokaavio, jossa olisi esiteltyä suunnitteluprosessin eri vaiheet ja niiden sisältö lyhyesti. Tämän opinnäytetyön suunnitteluohjeisiin laadittiin vuokaavio, jonka rakenne perustuu TVO:n ohjeistukseen, turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän yleisiin suunnitteluohjeisiin ja haastatteluiden perusteella tehtyihin johtopäätöksiin.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia hardware-suunnitteluohjeet, jotka perustuivat Olkiluodon automaatiojärjestelmiin perehtymisestä saatuun tietoon ja TVO:n suunnitteluprosessiin. Suunnitteluohjeita on tarkoitus hyödyntää TVO:lla koulutusmateriaalina. Opinnäytetyö tehtiin TXP automaatiojärjestelmän päivityksen suunnittelun rinnalla.

Opinnäytetyön aloittaminen vaati TXP ja SPPA-T2000 järjestelmään perehtymistä, sillä aiempaa kokemusta ja taustatietoa järjestelmästä oli vähän. Järjestelmiin perehtyminen tehtiin tutkimalla Siemensin manuaaleja ja ohjeita järjestelmiin liittyen sekä osallistumalla TVO:lla turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän päivityksen suunnitteluun. Samalla kertyi tietoa TVO:n suunnitteluprosessista käytännönkokemuksen kautta ja lisätietoa hankittiin haastatteluilla sekä tutustumalla TVO:n sisäiseen ohjeistukseen. Haastatteluista saatiin näkökulmia suunnittelusta eri organisaatioilta, jotka ovat mukana suunnittelussa ja muutostöiden toteutuksissa.

Opinnäytetyön tavoitteisiin päästiin ja TVO:n käyttöön laadittiin suunnitteluohjeet hardware-suunnitteluun liittyen. Opinnäytetyön laadinnassa huomioitiin työn tilaajaan toiveet suunnitteluohjeisiin liittyen ja ne sisällytettiin ohjeisiin. Opinnäytetyön alkuperäinen aikataulu ei toteutunut työn laajuuden takia vaan työn valmistuminen vaati hieman enemmän aikaa.

Opinnäytetyön tekemisen aikana opin järjestelmän laitteiston suunnittelusta sekä teoriassa että käytännössä. Ennen opinnäytetyön aloitusta, olin ollut mukana OL1 laitosesikön turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän päivitykseen liittyvissä koestuksissa ja vähän myöhemmin OL2 laitosesikön muutostyön suunnittelussa. Pystyin hyödyntämään näistä saatua taustatietoa suunnitteluohjeiden laatimisessa tutustuttuani SPPA-T2000 automaatiojärjestelmään syvemmin. Työn lopuksi minulle oli kertynyt kattava käsitys SPPA-T2000:n laitteistosta, laitteiston suunnittelusta ja suunnitteluprosessista.

Tämän opinnäytetyön suunnitteluohjeiden pohjalta aletaan kehittämään työn tilaajalle koulutusmateriaalia PowerPoint-esityksen muodossa. Koulutusmateriaalia tullaan käyttämään uusien työntekijöiden koulutuksessa sekä muutostöiden suunnittelun koulutusmateriaalina.

LÄHTEET

Teollisuuden Voima Oyj. TVO konserni. Haettu 05.01.2023: <https://www.tvo.fi/yhtio/hallintojajohtaminen/tvo-konserni.html>

Teollisuuden Voima Oyj. Käytetty ydinpolttoaine. Haettu 20.02.2023: <https://www.tvo.fi/tuotanto/ydinjatehuolto/kaytettyydinpolttoaine.html>

Teollisuuden Voima Oyj (2023). Vuosi- ja vastuullisuusraportti 2022. Haettu 10.03.2023: <https://www.tvo.fi/sijoittajat/talousjulkaisut.html>

Teollisuuden Voima Oyj (2023). Mankala-malli on suomalaisen energiantuotannon kulmakivi. Haettu: 02.02.2023: <https://www.tvo.fi/ajankohtaista/tiedotteetporssitiedotteet/2023/mankala-mallionsuomalaisenenergiantuotannonkulmakivi.html>

Wikipedia. Teollisuuden Voima. Haettu: 20.01.2023: https://fi.wikipedia.org/wiki/Teollisuuden_Voima

Ytimen ympäriltä, 30 tarinaa Olkiluodosta (2008). Eura Print Oy. Eura.

Wikipedia. Siemens (yritys). Haettu 15.04.2023: [https://fi.wikipedia.org/wiki/Siemens_\(yritys\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Siemens_(yritys))

Wikipedia. Siemens. Haettu 15.04.2023: <https://en.wikipedia.org/wiki/Siemens>

Siemens Oy. Siemens Suomessa ja Baltiassa. Haettu 16.04.2023: <https://www.siemens.com/fi/fi/yhtio/siemens-suomessa-ja-baltiassa.html>

Siemens Energy. Road to Siemens Energy. Haettu 15.02.2023: <https://www.siemens-energy.com/global/en/company/about/road-to-siemens-energy.html>

Virtanen Timo (2009). Redundanttiset sähköjärjestelmät. Haettu 05.01.2023: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200905102612>

Unisgroup. Siemens S5. Haettu 10.02.2023: <https://www.unisgroup.fi/siemens-s5/>

Wikipedia. Simatic. Haettu 10.02.2023: <https://en.wikipedia.org/wiki/Simatic>

Siemens. STEP7 from S5 to S7. Haettu 25.01.2023: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/547/45531547/att_53202/v1/s7_s5s7b.pdf

Siemens. 60 years of SIMATIC. Haettu 22.03.2023: <https://new.siemens.com/global/en/company/about/history/specials/60-years-of-simatic.html>

Wikipedia. Profibus. Haettu 21.03.2023: <https://en.wikipedia.org/wiki/Profibus>

Teollisuuden Voima Oyj. OM650 perustoiminnot. Sisäinen materiaali

Teollisuuden Voima Oyj. TELEPERM XP OM Prosessin ohjaus- ja valvontajärjestelmä. Sisäinen materiaali

Teollisuuden Voima Oyj. Turbiinilaitoksen käyttöautomaatio. Sisäinen materiaali

Teollisuuden Voima Oyj. Yleiset suunnitteluperusteet. Sisäinen materiaali

Teollisuuden Voima Oyj. FSAR. Sisäinen materiaali

Teollisuuden Voima Oyj. Turbiinilaitoksen ohjausjärjestelmän suunnittelu. Sisäinen materiaali

Teollisuuden Voima Oyj. Laitosmuutosprojektien investointiprosessi, menettelytavat TVO-konsernissa. Sisäinen materiaali

Kuva 1. Teollisuuden Voima Oyj. Haettu 25.02.2023: <https://www.tvo.fi/yhtiö/hallintojajohtaminen/tvo-konserni.html>

Kuva 3. Siemens. SIMATIC S7-1200. Haettu 10.03.2023: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>

Kuva 9. Siemens. Industry Mall. Haettu 28.03.2023: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/6AG4141-1AA14-0FA0>