

Kasper Väinölä

REAKTORIN SÄÄTÖVENTTIILIIEN MOOTTORIOHJAUKSEN
KYTKINKOMPONENTTIEN SOVELTUVUUDEN ARVIOINTI

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2019

REAKTORIN SÄÄTÖVENTTIILIEN MOOTTORIOHJAUKSEN KYTKINKOMPONENTTIEN SOVELTUVUUDEN ARVIOINTI

Väinölä, Kasper
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Syyskuu 2019
Sivumäärä: 38
Liitteitä: 0

Asiasanat: ydinvoimalaitos, toimilaitte, moottorilähdöt, esiselvitys

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutkia ydinvoimalaitoksella tapahtuvaa venttiilien toimilaitteiden uusinnasta johtuvaa muutostyön suunnitteluprosessia ja syventyä käyttöön suunniteltavien moottorilähtöjen komponenttien valintaan.

Työssä perehdyttiin verkkoaineistojen ja TVO:n omien dokumenttien avulla laitosten sähköverkkoon, ydinvoimalaitoksille vaadittuihin ohjeisiin ja vaatimuksiin, säätöventtiileihin, toimilaitteisiin ja moottorilähtöjen komponentteihin. Lopulliset komponenttien valinnat tehtiin laitoksella aiemmin tehdyn pienjännitekojeistojen uusintaprojektia varten laadittujen ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti.

Lopputuloksena syntyi esiselvitys uusien moottorilähtöjen komponenttien valinnasta, jota voidaan käyttää hyödyksi komponenttien kelpoistamisessa sekä yleisesti kun muutostyöt toimilaitteiden vaihtamisesta tulevat ajankohtaiseksi.

SUITABILITY EVALUATION OF REACTOR CONTROL VALVE MOTOR CONTROL SWITCH COMPONENTS

Väinölä, Kasper

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Program in Electrical and Automation Technology

Month 2019

Number of pages: 38

Appendices: 0

Keywords: nuclear power plant, actuator, switchgear outputs, feasibility study

The purpose of this thesis was to examine the design process for the modification of the valve actuators at the nuclear power plant and to delve deeper in to selecting the most compatible switchgear output components to be used.

Online material and TVO's own documentation was familiarized with to get a better understanding of plant's power grid, instructions and requirements for nuclear power plants, control valves, actuators and components of switchgear outputs. The final component choices were made with instructions and requirements from a previous low voltage switchgear replacement project.

As a result came a feasibility study of new switchgear output components that can be used for component validation and more generally when modifications to actuators replacement become more topical.

SISÄLLYS

1	LYHENTEET JA TERMIT.....	6
2	JOHDANTO	7
2.1	Teollisuuden Voima Oyj	7
2.2	Työn tavoitteet	7
3	OHJEET JA VAATIMUKSET.....	8
3.1	YVL-ohjeet ja turvallisuusluokat.....	8
3.2	Säteilyturvallisuusvaatimukset	9
3.3	Ympäristöolosuhdevaatimukset	9
3.4	Verkon jännitteelle asetetut vaatimukset.....	10
3.5	Kelpoistaminen	11
4	SÄHKÖVERKKO	12
4.1	Yleistä.....	12
4.2	664-järjestelmän tehtävät ja toiminta	13
4.2.1	664 UPS-laite	15
5	TARKASTELTAVAT LAITTEISTOT	16
5.1	Venttiili 312V14	16
5.2	Venttiilit 314V21/22	16
5.3	Käytössä olevat toimilaitteet.....	17
5.4	Korvaavat toimilaitteet	19
5.4.1	Teknistä tietoa	19
6	MOOTTORILÄHDÖT.....	21
6.1	Moottorilähtökeskuksien rakenne	21
6.2	Nykyisten toimilaitteiden moottorilähdöt.....	22
6.3	Lähtöjen komponentit.....	22
6.3.1	Kytkinvaroke	24
6.3.2	Kontaktori	25
6.3.3	Puolijohdekontaktori	25
6.3.4	Lämpörele	26
6.3.5	Ohjausvirtapiirin oikosulkusuoja	26
7	KOMPONENTTIEN VALINTA.....	27
7.1	Komponentteja koskevat turvallisuusmääräykset	27
7.2	Oikeiden komponenttien valinta	27
7.2.1	Kytkinvarokkeen valinta	27
7.2.2	Kontaktorien valinta	28

7.2.3 Lämpöreleen valinta	30
8 OHJAUSTAPA JA LOGIIKKA	32
8.1 Nykyinen ohjausyksikkö ja toiminnot venttiilin ohjauksessa	32
8.2 Uusi ohjaustapa ja logiikka.....	33
9 TULOKSET JA POHDINTA	34
9.1 Kontaktoreilla toteutettu ohjaus	34
9.2 Puolijohdekontaktoreilla toteutettu ohjaus	35
10 YHTEENVETO	36
LÄHTEET	37

1 LYHENTEET JA TERMIT

ABB	Sähkölaitteiden -ja komponenttien valmistaja
AC	Vaihtosähkö
AUMA	Toimilaittevalmistaja
DC	Tasasähkö
EYT	Ei ydinteknisesti turvallisuusluokiteltu
IEC	engl. International Electrotechnical Commission
OL1	Olkiluoto 1. laitosyksikkö
OL2	Olkiluoto 2. laitosyksikkö
OL3	Olkiluoto 3. laitosyksikkö
PLC	engl. Programmable logic controller
STUK	Säteilyturvakeskus
SULZER	Toimilaittevalmistaja
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
UPS	engl. Uninterruptible Power Supply, katkeamaton tehonsyöttölähde
YVL	Ydinvoimalaitos
312	Syöttövesijärjestelmä
314	Ulospuhallusjärjestelmä

2 JOHDANTO

2.1 Teollisuuden Voima Oyj

Teollisuuden Voima Oyj (TVO) on energiayhtiö, joka tuottaa sähköä Eurajoen olkiluodossa sijaitsevassa ydinvoimalaitoksessa ja sen kahdessa laitosesikössä (OL1 ja OL2). Teollisuuden Voima Oyj toimii myös Olkiluoto 3 (OL3) rakennuttajana. Olkiluodossa sijaitsevat ydinvoimalaitokset tuottavat tällä hetkellä noin 17 prosenttia kaikesta koko Suomessa käytettävästä sähköstä. Olkiluoto 3 laitosesikön valmistumisen ja käynnistymisen myötä tuotto nousee noin kolmannekseen kaikesta Suomessa käytettävästä sähköstä.

Yhtiö toimii listaamattomana julkisena osakeyhtiönä, jonka omistajina toimivat suomalaiset teollisuus- ja voimayhtiöt. Suurimpana omistaja toimii Pohjolan Voima Oyj, jolla on 58,5 prosentin omistajaosuus. (Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut 2019)

2.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä esiselvitystä vaihdettavien reaktorin säätöventtiilien toimilaitteiden uusien moottorilähtöjen komponenttien valintoihin. Syynä tähän toimenpiteeseen on vanhan toimilaittevalmistajan huono varaosien saatavuus. Ottamalla käyttöön uudet eri valmistajan toimilaitteet, saadaan varaosien saanti jatkossakin varmistettua.

Ensimmäisenä tavoitteena on tutustua ja selvittää työhön liittyvien sähköjärjestelmien, säätöventtiilien ja toimilaitteiden toimintaa, jonka jälkeen opinnäytetyössä syvennetään moottorilähtöjen komponenttien valitsemiseen.

3 OHJEET JA VAATIMUKSET

Ydinvoimalaitoksilla on otettava tarkasti huomioon turvallisuuteen ja standardeihin liittyviä seikkoja. Tässä luvussa esitellään muutostyöhön vaikuttavia oleellisia ohjeita ja vaatimuksia.

3.1 YVL-ohjeet ja turvallisuusluokat

Muutostyön suunnittelussa korvataan alkuperäisiä osia uudentyyppisillä osilla. YVL-ohjeen mukaan kyseessä on silloin muutostyö. ”801. [...] Muutostöiksi katsotaan myös laitoksen tai sen varaosan korvaaminen muulla kuin alkuperäisellä ja uuden laitoksen lisääminen ydinlaitokseen.”(YVL A.8, 2019.)

Muutostyön kannalta tärkeimmät YVL-ohjeet ovat YVL E.7 Ydinlaitoksen sähkö- ja automaatiolaitteet ja YVL E.8 Ydinlaitoksen venttiilit.

Muutostyön turvallisuusluokka yhdessä teknisen laajuuden kanssa määrittelee muutostyöluokan, jonka perusteella määräytyy tehtävän työn käsittelylaajuus. STUK:n ohjeen mukaisesti ydinvoimalaitosyksiköiden järjestelmät on luokiteltava turvallisuusluokkiin 1, 2, 3 ja EYT. Luokassa 1 ovat reaktorin turvallisuudelle tärkeät laitteet, joihin kuuluvat reaktorin primääripiirin painetta kantavat komponentit. Sähkö- ja automaatiolaitteita ei käytännössä koskaan luokitella turvallisuusluokkaan 1. Luokassa 2 ovat ydinvoimalaitoksen tärkeimmät turvallisuustoimintoja toteuttavat laitteet ja järjestelmät kuten pikasulkujärjestelmä (OL1/OL2: 354) tai apusyöttövesijärjestelmä (327). Luokassa 3 ovat muut turvallisuuden kannalta tärkeät laitteet. EYT-luokassa ovat laitteet, joilla ei ole ydinturvallisuusmerkitystä. (YVL B.2, 2019.)

Tässä muutostyössä tarkasteltavien venttiilien ja niiden ohjaukseen osallistuvien sähkö- ja automaatiolaitteiden toiminnallinen luokitus:

- 312V14: Turvallisuusluokka 3 (TL3)
- 314V21 ja 314V22: TL3

Mekaanisten laitteiden luokitus:

- 312V14: EYT
- 314V21 ja 314V22: TL3

3.2 Säteilyturvallisuusvaatimukset

Suunniteltaessa tulee ottaa huomioon laitepaikkojen säteilyturvallisuusvaatimuksia. Laitopaikka 312V14 sijaitsee turbiinihallissa niin korkealla, että se on säteilysuojaseinän antaman suojan raja-alueella. Laitopaikka on luokse päästävässä myös tehoajolla, mutta säteilyturvallisuus on kuitenkin huomioitava ja käytettävien komponenttien tulisi olla hyvin säteilyä kestäviä.

Laitopaikat 314V21 ja 314V22 sijaitsevat suojarakennuksessa. 314V22 sijaitsee erityisen lähellä sammutetun reaktorin jäähdytysjärjestelmän (321) putkilinjaa, joka säteilee merkittävästi. Kaikessa suojarakennuksessa tapahtuvassa työskentelyssä ja etenkin 321-linjan läheisyydessä tulee ottaa huomioon säteilyturvallisuus. Laitopaikoilla työskentelyssä tulee huomioida luvussa 3.3 kerrotut ympäristöolosuhdevaatimukset, joihin sisältyvät myös vaatimukset säteilykestoisuuden osalta. (TVO sisäinen asiakirja, 2019)

3.3 Ympäristöolosuhdevaatimukset

Kaikkien OL1- ja OL2-laitosyksiköiden käytössä olevien sähkö- ja automaatiolaitteiden tulee täyttää asiakirjan TE-Be-1e soveltuvat ympäristöolosuhdevaatimukset.

Ympäristövaatimukset on jaettu yhteen perusluokkaan, luokkaan 1 ja kahteen lisäluokkaan, luokkiin 2 ja 3. Komponentit ja laitteet ovat luokiteltu yhteen näistä luokista, jotka ovat sovellettu ydinvoimalaitoksen ehtoihin. Jos kyseessä olevaa esinettä ei voida luokitella kokonaan yhteen ympäristöluokkaan, eroavat vaatimukset määritellään erikseen.

Class 1: Sähkötiloissa ja relehuoneissa käytettävät laitteet. (TB1-1)

Class 2: Prosessitiloissa käytettävät laitteet. (TB1-2)

Class 3: Suojarakennuksessa käytettävät laitteet. (TB1-3)

(Olkidoc ohje 107231, 2018, 3.)

Sähkö- ja automaatiolaitteille, joiden tulee toimia myös onnettomuusolosuhteissa, on määritetty erityisympäristöolosuhdevaatimukset ja testausvaatimukset asiakirjassa TE-Be-2e. Vaatimukset on jaettu kahdeksaan luokkaan. Laitteen tulee täyttää luokan edellyttämät testausvaatimukset koska tahansa sen suunnitellun käyttöiän aikana. Luokka 7 (TB2-7) kuvaa olosuhteita, jotka voivat syntyä pienen onnettomuuden aikana (Extreme operation). Luokassa 7 laitteen tulee toimia normaalisti koko testin ajan. (Olkidoc ohje 107231, 2018, 3.)

Taulukko 1. Ympäristöolosuhdevaatimukset. (Olkidoc ohje 107231, 2018)

Laitteet ja komponentit	Luokka
312V14	TB1-2
314V21	TB1-3
314V22	TB2-7
Kytkinlaitos	TB1-1
Ohjauslogiikka	TB1-1

3.4 Verkon jännitteelle asetetut vaatimukset

Laitteet on suunniteltava teknisissä eritelmissä määritettyä syöttöjännitettä ja verkko taajuutta varten. Laitteet eivät saa vaurioitua, ja niiden on täytettävä määritellyt toiminta- ja tarkkuusvaatimukset, kun niitä käytetään ilmoitettua jännite- ja taajuusvaihtelua käytettäessä.

Jos verkkovirran syöttötaajuutta ei ole ilmoitettu teknisessä eritelmässä, tämän on oltava nimellisesti 50 Hz, ellei toisin ilmoiteta, sallitut jännite- ja taajuusvaihtelut ovat:

AC: Jännite -15 ja +10%
 Verkkotaajuus: +/- 5%

DC: Jännite -15 ja +10% (≥ 110 V)
 -5 ja +10% (≤ 48 V)

(Olkidoc ohje 129253, 2016, 5.)

3.5 Kelpoistaminen

Kelpoistuksella osoitetaan projektissa ulkopuolisena olevalle taholle (esimerkiksi tässä tapauksessa STUK:lle), että projektissa oleva lopputuote täyttää turvallisuuteen liittyvät vaatimukset. YVL-ohjeen E.7 mukaisesti kaikki turvallisuusluokitellut sähkö- ja automaatiolaitteet on kelpoistettava.

Kelpoistusta suoritetaan usealla eri tasolla esimerkiksi:

- Laitostason eri osa-alueiden kelpoistus
- Järjestelmien kelpoistus
- Laitteiden ja komponenttien kelpoistus

Kelpoistamiseen käytettävää materiaalia tuotetaan useissa eri vaiheissa esimerkiksi:

- Suunnitteluprosessien aikana
- Laitteiden valmistamisen ja testaamisen yhteydessä
- Testausorganisaatioiden suorittamien arviointien ja kokeiden yhteydessä

(TVO Koulutusmateriaali Viranomaisasiat muutostöissä, 2013)

Kelpoistusprosessista kerrotaan vain tärkeimmät osat ja yleiskuvausta, koska prosessin jokaista vaihetta ja tarkkaa läpikäyntiä ei otettu osaksi tätä opinnäytetyötä aiheen rajausta mietittäessä. Tässä opinnäytetyössä esiintyvät uudet kontaktorit ja lämpöreleet vaativat kelpoistuksen turvallisuusluokkaan 3. Näistä laaditaan vaadittavat kelpoistus-suunnitelmat sekä soveltuvuusarviot projektin edetessä.

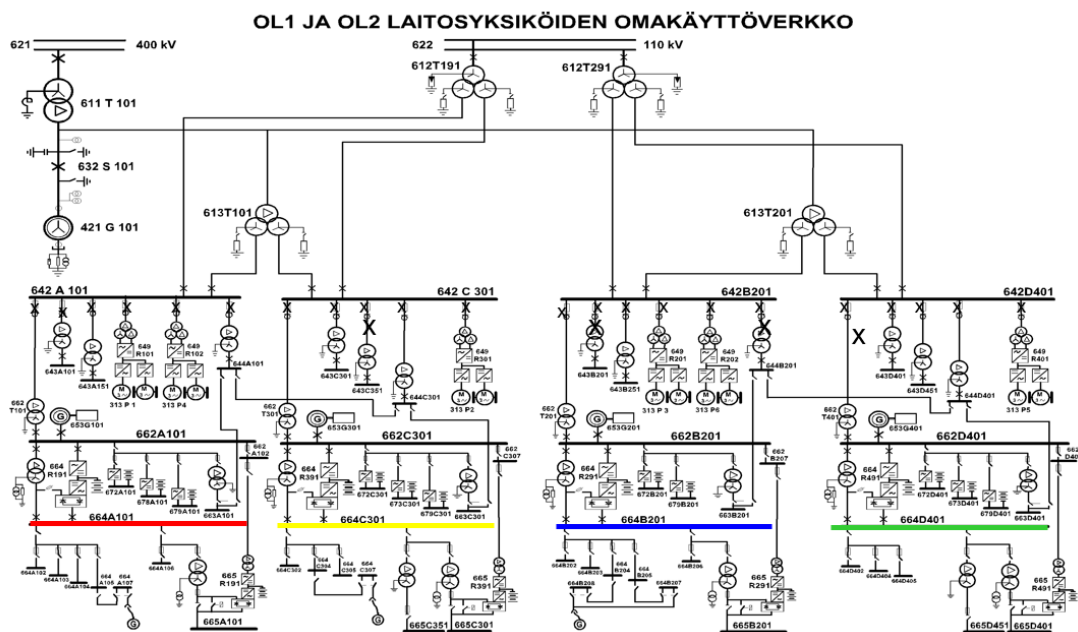
Yleisesti ottaen kelpoistusprosessin laajuus on riippuvainen uuden tai muokattavan kohteen laajuudesta ja turvallisuustoiminnoista.

4 SÄHKÖVERKKO

4.1 Yleistä

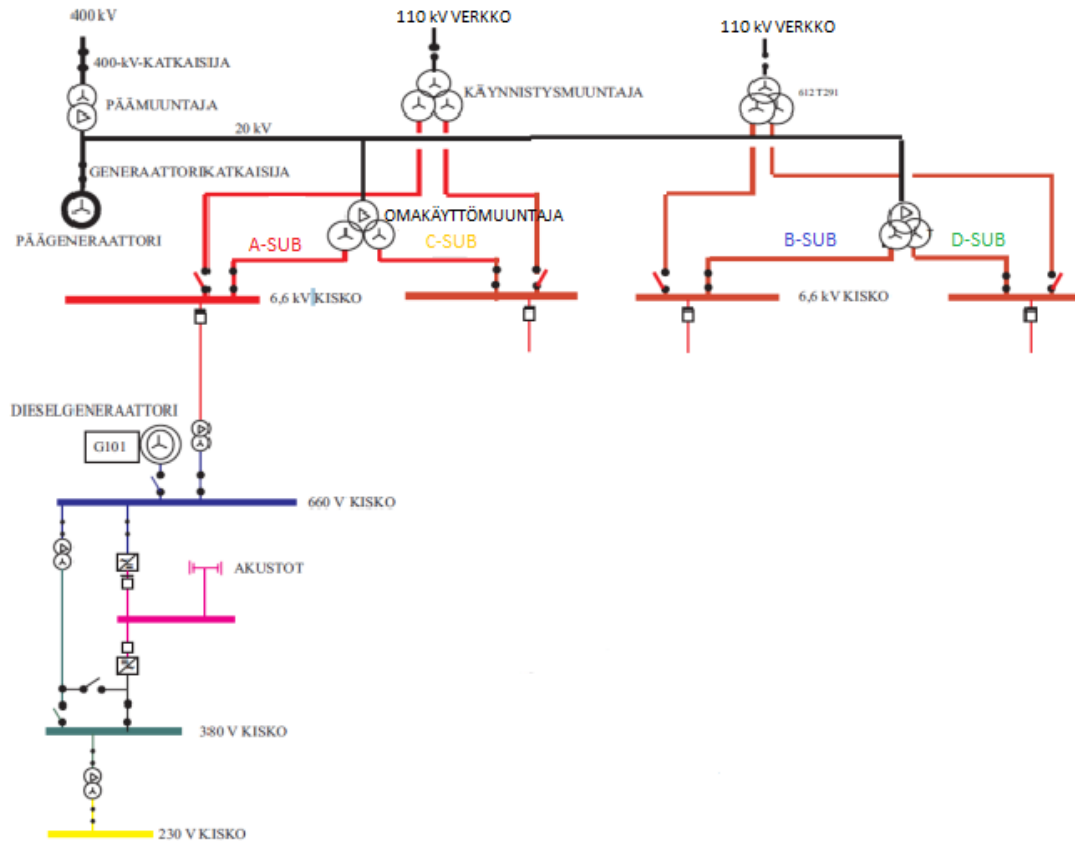
Ydinvoimalaitosten sähköjako- ja verkot Olkiluodossa on jaettu laitosten toimintoihin liittyen erilaisiin järjestelmiin sekä osajärjestelmiin. Järjestelmien tarkoituksena on sähkön tuotto ja sen siirto eteenpäin ulkoiseen valtakunnanverkkoon, sekä laitoksen omakäyttösähkön syöttö normaaleissa ja häiriötilanteissa.

Valtakunnanverkon sähkönsyöttöön kuuluu generaattori, generaattorikisko ja katkaisija, päämuuntaja, 400kV linja ja kytkinkenttä. Omakäytön sähkönsyöttöön ja jakeluun kuuluvat omakäyttömuuntajat ja omakäyttöverkon sähköjakojärjestelmät. (TVO Koulutusmateriaali OL1 ja OL2, 2008)



Kuva 1. OL1 ja OL2 laitosesyksiköiden omakäyttöverkko. (TVO Koulutusaineisto 664 Paristovarmennettu 380V verkko, 2008)

Laitosesyksiköiden sisäinen verkko on jaettu neljään toisistaan riippumattomiin ja fyysisesti eroteltuihin osajärjestelmiin. Osajärjestelmiä on neljä, A-, B-, C- ja D-osajärjestelmät (Kuva 2), joita TVO:lla yleisesti puhuttaessa kutsutaan ”subeiksi” (SUB-system).



Kuva 2. Omakäyttöverkko OL1 ja OL2 (TVO Koulutusmateriaali OL1 ja OL2, 2008)

Tämän opinnäytetyön osalta olennaisimmat järjestelmät ovat ohjaus- ja venttiilien moottoritoimilaitteiden järjestelmät, jotka yleisesti saavat syöttönsä tasasähköjärjestelmästä tai tässä tapauksessa akkuvarmennetusta (UPS) vaihtosähköjärjestelmästä, jota seuraavassa luvussa kuvaillaan tarkemmin.

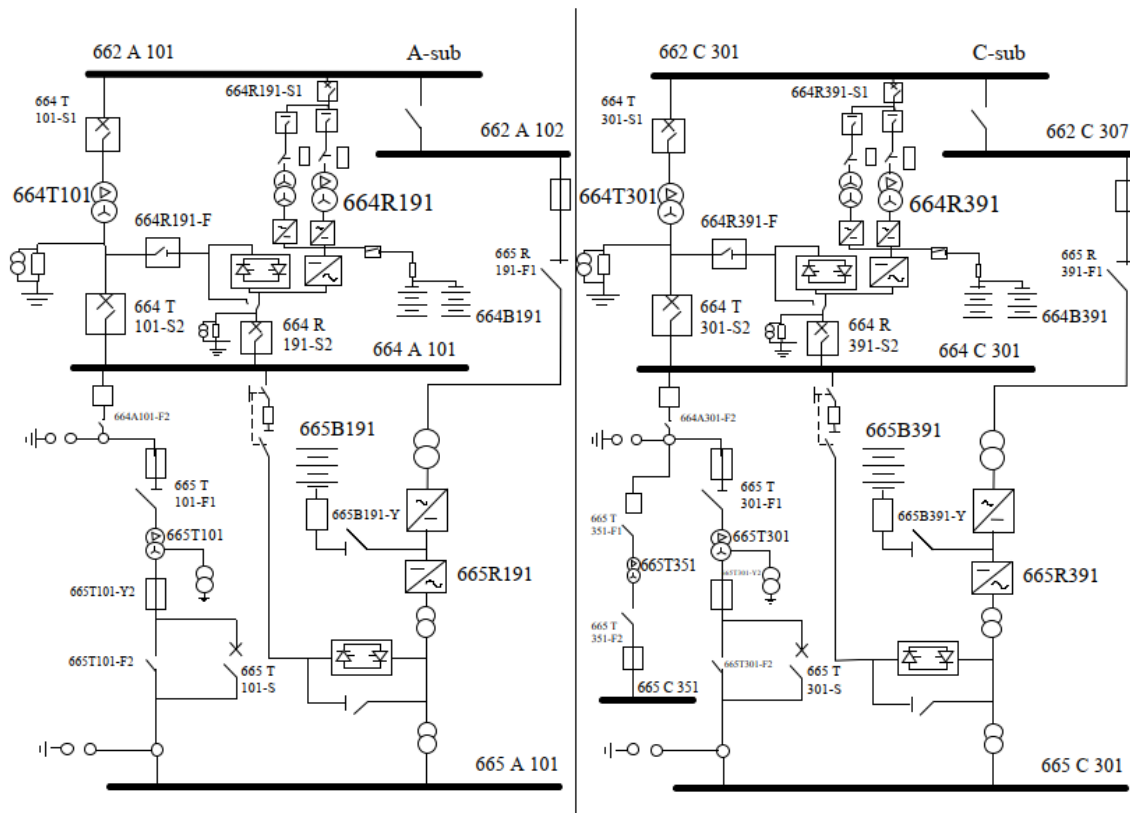
4.2 664-järjestelmän tehtävät ja toiminta

Ydinlaitoksilla tyypillinen tapa varmistaa turvallisuuden kannalta tärkeiden sähkönsyöttöjen katkeamattomuus on käyttää UPS-järjestelmää. Tässä muutostyössä pääsähkönsyöttö tullaan toteuttamaan laitoksen 664-järjestelmästä (UPS-varmennettu 380 VAC, maasta erotettu 3x400/230 VAC järjestelmä). Järjestelmä saa syöttönsä UPS-laitteiden kautta 662-järjestelmästä (660 VAC sähköverkko).

Mahdollisen UPS-vian varalta järjestelmässä on siirtyminen katkottomasti staattisen kytkimen kautta muuntajasyötölle. 6,6kV häiriön sattuessa ja I-eristyksessä (suojarakennuksen eristäminen suuren putkikatkon takia) 662-kiskon jälleenkäynnistysjärjestelmä 684 pysäyttää tasasuuntaajat 6 minuutin ajaksi, jolloin 664-vaihtosuuntaaja ottaa syöttönsä 664-akuista. 664-järjestelmä myös toimii 665-muuntajien kautta näiden varasyöttönä tilanteissa, jossa 665 UPS akku on tyhjentynyt tai 665 UPS:n vaihtosuuntaaja on vioittunut.

Järjestelmän 664 päätehtävänä on syöttää turvallisuuspiirien eristysventtiileitä, turpiinin laakeriöljyjärjestelmän hätäöljypumppua ja laitteita, jotka vaativat häiriötöntä toimintaa 6,6kV jännitekatkoissa ja joiden käytön täytyy olla riippumattomia muista omakäyttöverkon vaihtosähköhäiriöistä.

Laitoshäiriötilanteessa järjestelmän tehtävänä on varmistaa sähkön saanti laitteille, joiden toiminta ei saa häiriintyä dieselien käynnistyksistä johtuvien noin 10 sekunnin katkojen aikana. Myös valvomot ja relehuoneet saavat valaistuksen syöttönsä 664-järjestelmästä muuntajien kautta.

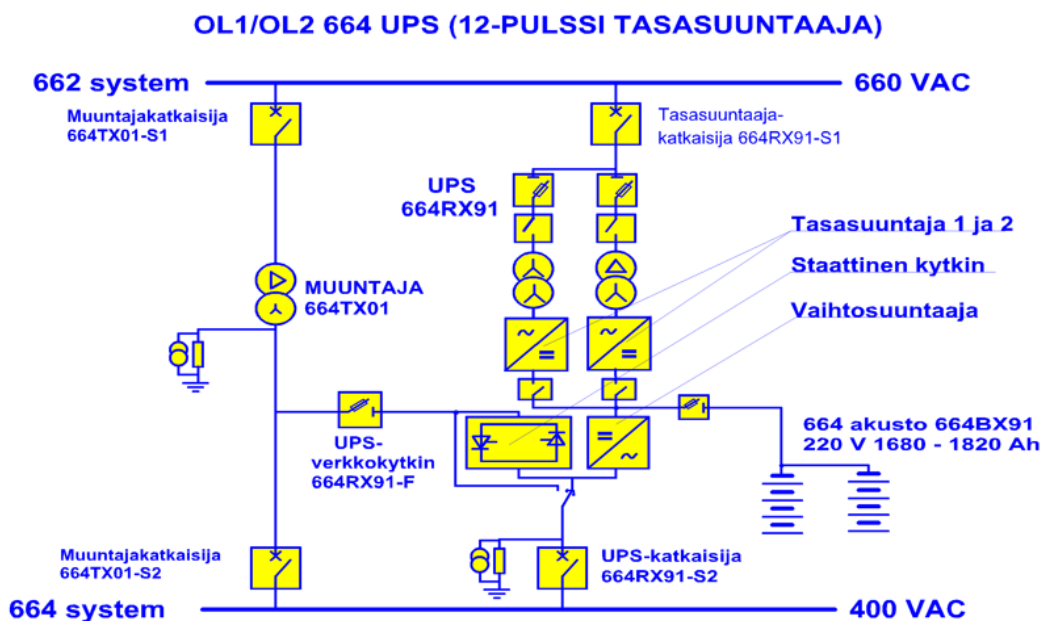


Kuva 3. OL1 ja OL2 omakäyttöverkko. (TVO sisäinen materiaali, 2019)

664-järjestelmään kuuluu 664-syöttömuuntaja ja -kisko, muuntaja ja UPS-katkaisijat, muuntajan syöttökatkaisija ja tasasuuntaajakatkaisija, mittauskenno ja UPS-yksikkö. Muuntajan syöttökatkaisijat ja tasasuuntaajakatkaisijat ovat paikallisesti ohjattavia tehoerottimia. (TVO Koulutusaineisto 664 Paristovarmennettu 380V verkko, 2008)

4.2.1 664 UPS-laite

Järjestelmän UPS-laite johon kuuluu tasasuuntaajat 1 ja 2, vaihtosuuntaaja, staattinen kytkin, mekaaninen ohituskytkin, akuston liitäntäyksikkö ja itse akusto (220 V 1680–1820 Ah/10h). Normaalitilanteissa 664 UPS syöttää 664-kiskoa ja 664 tasasuuntaajat pitävät 664-akuston kestovarauksessa ($U=242$ VDC). (TVO Koulutusaineisto 664 Paristovarmennettu 380V verkko, 2008)



Kuva 4. OL1 ja OL2 laitosyksiköiden omakäyttöverkko. (TVO Koulutusaineisto 664 Paristovarmennettu 380V verkko, 2008)

5 TARKASTELTAVAT LAITTEISTOT

Tässä luvussa kerrotaan opinnäytetyöhön liittyvien muutostöiden kohteena olevien laitepaikkojen venttiileistä, toimilaitteista ja niiden käyttötarkoituksista.

5.1 Venttiili 312V14

Venttiili 312V14 on istukka tyyppinen luistiventtiili, joka toimii säätöventtiilinä syöttöveden virtauksen säädölle. Käytössä syöttövesivirtauksen säätöön reaktorin matalalla tehotasolla. Tehojolla venttiili on täysin auki.

Syöttövesijärjestelmän 312 tehtävänä on kuljettaa vettä turbiinilaitoksen syöttövesijärjestelmästä reaktorin paineastiaan. Järjestelmä osallistuu veden pinnan pitämiseen reaktorin paineastiassa ennalta määrättyjen raja-arvojen sisällä. (Olkinet dokumentti, Syöttövesijärjestelmä 312, 2019.)

5.2 Venttiilit 314V21/22

Muutostyössä kohteena olevat V21 ja V22 venttiilit toimivat 542/314 -paineensäätöjärjestelmässä säätöventtiileinä. Venttiilit puhaltavat höyryä lauhdutusaltaaseen (seuraavan tehtävälistan kohdat 1 ja 2).

Ulospuhallusjärjestelmän 314 tehtäviä ovat:

1. Puhaltaa höyry reaktoripaineastiasta (paine pidetään vakiona tai sitä lasketaan), kun höyrynpääsy turbiinilaitokseen on estynyt. Tällä tavoin reaktorin jälkiteho ja rakenteisiin varastoitunut energia johdetaan lauhdutusaltaaseen.
2. Turvata reaktorin ylipainesuojaus puhaltamalla höyryä suojarakennuksen lauhdutusaltaaseen.
3. Varmistaa reaktorin automaattinen paineenalennus puhaltamalla höyry lauhdutusaltaaseen (pakko-puhallus eli TB).

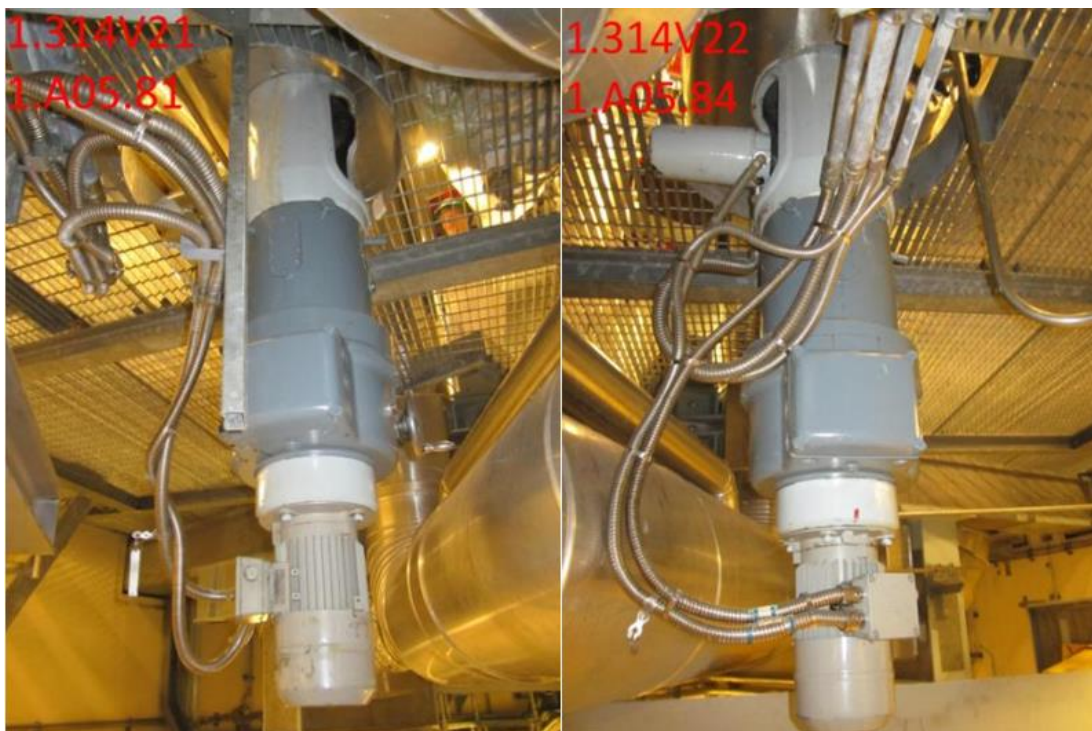
4. Myös vesiympäristössä toimivien venttiilien 314 V4 ja V5 avulla on manuaalisin toimenpitein mahdollista estää reaktorin paineistuminen ylitäyttötilanteessa. (Olkinet dokumentti, 314 Ulospuhallusjärjestelmä, osa 1, 2009)

5.3 Käytössä olevat toimilaitteet

Venttiileissä on tällä hetkellä toimilaitteina seuraavat kuvissa näkyvät Sulzerin sähkömekaaniset SMR 6.3-toimilaitteet, jotka koostuvat kolmivaiheisesta induktiomootorista, planeettavaihteistosta, lineaariliikkeen luovasta motoruuvista ja tukirungosta.



Kuva 5. Sulzer toimilaitte (Olkinet dokumentti, 2012)



Kuva 6. Sulzer toimilaitteet (Olkinet dokumentti, 2012)

Alla olevassa taulukossa 2 on kuvattu venttiilin asettamia vaatimuksia toimilaitteille sekä nykyisiä arvoja.

Taulukko 2. Toimilaitteiden vaatimuksia ja nykyisiä arvoja (Sulzer, 1979 ja 1980)

Vaatimukset/nykyiset arvot	Yksikkö	312V14	314V21/V22
Toimilaitteelta vaadittu ohjausvoima	[kN]	50	100
Toimilaitteelta vaadittu avausvoima	[kN]	60	100
Toimilaitteen suurin sallittu voima	[kN]	500	400
Iskun pituus	[mm]	80	80
Toiminta-aika	[s]	28	13
Toimilaitteen tuottama maksimivoima ($U_n = 100\%$)	[kN]	140	350
Teho	[kW]	0,25	0,25

5.4 Korvaavat toimilaitteet

Käytössä olevat toimilaitteet tullaan korvaamaan AUMA:n valmistamilla SARN16.2-F16B1/22 ja SARI16.2-F16B1/45 toimilaitteilla. Toimilaitteet tuottavat kierto liikettä ja käytössä olevat venttiilit vaativat lineaariliikkeen, joten toimilaitteiden asennuksen yhteydessä tulee käyttöön myös AUMA:n LEN 200.1-100 lineaarivaihteita.



Kuva 7. AUMA toimilaitteet SARN 16.2 ja SARI 16.2 (AUMA 2016)

5.4.1 Teknistä tietoa

TVO:lla sähkötoimisia moottoritoimilaitteita käytetään sulk- ja säätöventtiilien ohjauksessa. Toimilaitteiden suoritusarvot, laitepaikalla oleva venttiili, käyttöolosuhteet sekä toimilaitteita syöttävän sähköverkon suorituskyky luovat suunniteluperusteet moottoritoimilaitteille.

OL1 ja OL2 laitoksilla on yhteensä noin 530 moottoritoimilaitetta, joista noin 440 ovat näissäkin muutostöissä käytettäviä AUMA:n valmistamia laitteita. Näistä 440 toimilaitteesta noin 250 on AUMA:n kolmannen sukupolven laitesarjaan kuuluvaa toimilaitetta. Nyt käyttöön tulevat toimilaitteet ovat AUMA:n uusimman neljännen sukupolven toimilaitteita. (Olkidoc ohje 115507, 2019, 3.)

Taulukko 3. AUMA toimilaitteiden tekniset tiedot. (TVO laitostiedot, 2019)

Arvot/tiedot	AUMA SARN16.2-F16B1/22 (Laitapaikka 312V14)	AUMA SARI16.2-F16B1/45 (Laitapaikat 314V21/22)
Vetolaiteliitäntä	ISO 5210 F16 / DIN 3210 G3	ISO 5210 F16 / DIN 3210 G3
Moottori	VDNR112-2-H40	ADIR112-4-P50
Jännite	380 VAC	380 VAC
Kierrosluku	2800 rpm	1400 rpm
Akseliteho	1,40 kW	3,00 kW
Sähköteho	1,8 kW	3,8 kW
Nimellisvirta	3,3 A	7,9 A
Käynnistysvirta	28,0 A	46,0 A
Tehokerroin	0,83 (cos fii)	0,73 (cos fii)
Kytkeä	TPA00R1AA-0A0-000 (Sisältää potentiometrin)	TPA00R1AA-0A0-000 (Sisältää potentiometrin)
Potentiometri	500 Ohm	500 Ohm
Karakierrokset auki-kiinni	(22kierrosta/60s)x27,3s=10 kier- rosta	(45kierrosta/60s)x13,3s=9,8 kier- rosta
Asettelualue	500 - 1000 Nm	500 - 1000 Nm
Käyttöluokka	S4 - 25 %	S4 - 25 %

6 MOOTTORILÄHDÖT

6.1 Moottorilähtökeskusten rakenne

Tässä opinnäytetyössä kohteena olevat keskukset ovat rakenteeltaan lattialla pystyssä olevia ABB:n MNS-kennokeskuksia. Keskusten perusrakenne koostuu teräksisestä rungosta, rungon koteloinnista ja sisäisistä rakenteista.

Keskusten lähtöyksiköiden vakiorakenteet voidaan jakaa eri tapoihin, suoraan kokoomakiskostoon liitettävät yksiköt, kiinteät yksiköt, ulosotettavat yksiköt, ulosvedettävät yksiköt ja ohjausyksiköt tai -kennot.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltavissa moottorilähdöissä käytetään kiinteitä lähtöyksiköitä. Kiinteän lähtöyksikön vaihto onnistuu ainoastaan kyseisen lähdön ollessa jännitteetön. Liitännät toteutetaan kaapeleita tai kiinteitä kiskoja käyttäen. Mikäli kennosta halutaan vaihtaa kytkinvaroke on koko keskus tehtävä jännitteettömäksi. Rivi-liittimet ja ohjauspiirinkojeet ovat helposti luokse päästävissä. Syötön navat ovat kosketussuojattuja. Kytkinvarokkeen jälkeen sijaitsevat komponentit ovat vaihdettavissa, kunhan kennon jännite on katkaistu kytkinvaroke nolla-asentoon kääntämällä. (ABB, MNS Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje, 2016)

6.2 Nykyisten toimilaitteiden moottorilähdöt

Toimilaitteet on tällä hetkellä liitetty kytkinvarokelähtöihin ja toimilaitteiden ohjaaminen tapahtuu tyristorikytkimellä, jonka avulla suunnanvaihto toteutetaan vaihtamalla kahden vaiheen järjestystä. Uudet toimilaitteet tullaan kuitenkin kytkemään suunnanvaihdollisiin kontaktorilähtöihin. Kontaktoreita valitessa tulee kiinnittää huomiota riittävään kytkentäkertojen keston.

Koska kytkinvarokelähdöt tullaan vaihtamaan suunnanvaihdollisiin kontaktorilähtöihin, täytyy syötöt mahdollisesti siirtää toiseen lähtökenttään. Samassa yhteydessä voidaan joutua myös vaihtamaan syöttökiskoja, sillä nykyiset käytössä olevat kiskot sijaitsevat suhteellisen kaukana toimilaitteista. Lisäksi vapaita paikkoja moottorilähdöille on tällä hetkellä käytössä olevissa kiskoissa tarjolla rajoitetusti.

Kontaktorilähtöjen suunnittelussa käytetään pohjana jo tehdyssä muutostyössä M3284 (pienjännitekojeistojen uusintaprojekti) laadittua lähtöä. Uuteen lähtöön tulee paikallisohjausmahdollisuus, kuten muissakin tyyppikytkennän mukaisissa moottoriventtiileissä. Kontaktorilähtöihin on lisäksi valittava sulakkeet, joita käyttäen vaatimukset sähkönsyötön selektiivisyydelle voidaan täyttää.

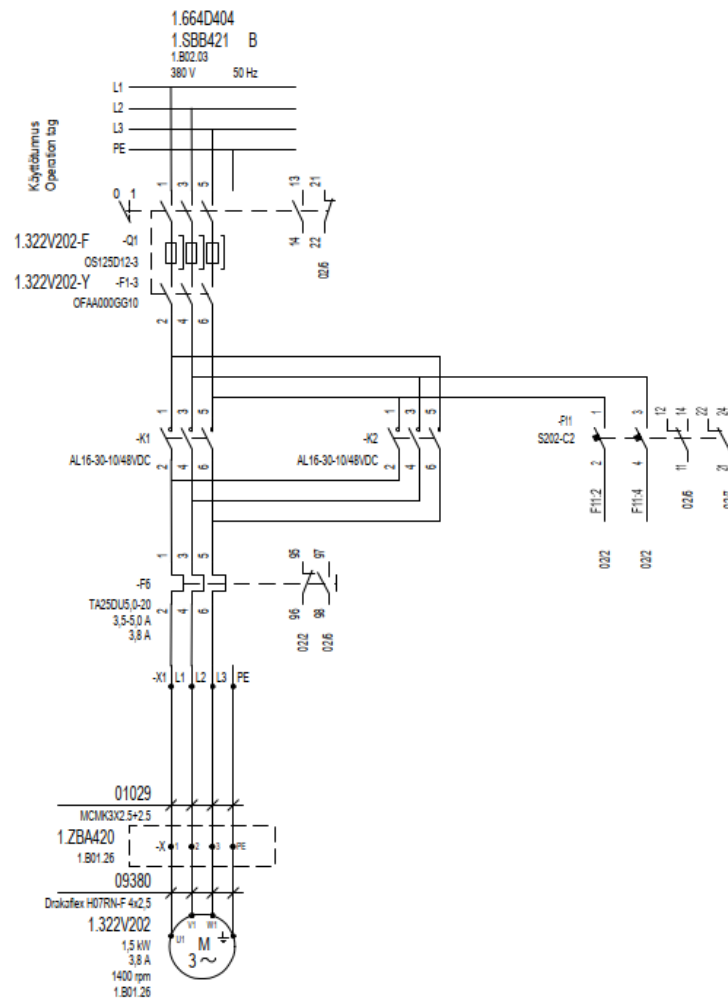
6.3 Lähtöjen komponentit

Tyypillisiä moottorilähtöjen pääkomponentteja:

- Kytkinvaroke
- Kontaktori
- Lämpörele
- Ohjausvirtapiirin oikosulkusuoja

Keskukselta tarvitaan joissain tapauksissa erilaisia mitta- ja tilatietoja, silloin keskukselta löytyy myös mittauksiin vaadittavia komponentteja, joita voivat olla esimerkiksi apu- ja valvontareleet, mittamuuntajat ja erilaiset sensorit.

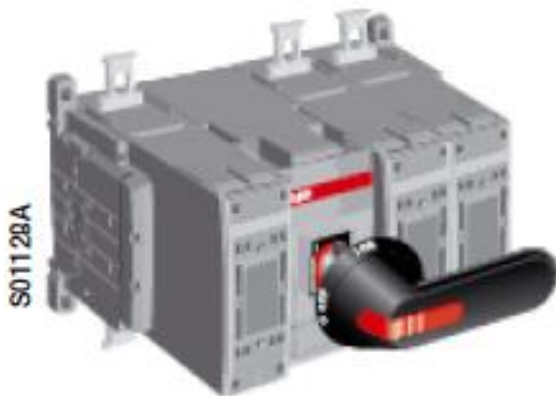
Seuraavassa kuvassa 8 on esiteltynä opinnäytetyön suunnittelupohjana käytettävä suunnanvaihtokytken mukainen päävirtapiiriin piirikaavio.



Kuva 8. Suunnanvaihdollinen moottorilähtö (TVO:n sisäinen materiaali 2019)

6.3.1 Kytkinvaroke

Kytkinvarokkeen avulla saadaan erotettua moottorien pääpiirit syöttävästä verkosta. Kytkinvaroke koostuu kuormankytkimestä ja varokealustasta. Yleisesti käytössä moottorikäynnistimien oikosulkusuojauksessa sekä keskusten lähtöjen pääkojeena.



Kuva 9. ABB OS125D-sarjan Kytkinvaroke (ABB:n tuoteluettelo 2016)

Varokkeessa on väännin joka kiinnittyy lähtöyksikön kanteen. Kun lähdön kytkin on kiinni eli se on jännitteinen, ei yksikön kantta saa auki. Kun kytkin avataan, erottaa sen mekanismi sulakkeet, lähtöliittimet ja veitsikoskettimet jännitteettömiksi. Tämän jälkeen kennon kansi on jälleen aukaistavissa ja sulakkeiden vaihtaminen mahdollista. (Paananen 2014, 20.)

Sulakkeiden tarkoituksena on suojata laitteen sähköosia ylikuormitukselta, sekä suojata myös sähköjohtoja liian kovalta kuormitukselta. Selektiivisyys on yksi sulakkeiden tärkeimpiä ominaisuuksia. Vikatilanteessa on verkosta pystyttävä erottamaan vain tarpeellinen osa. OL1 ja OL2 laitoksilla moottorinsuojauksissa on pääasiassa käytössä gG-tyypin sulakkeita. gG-tyypin sulakkeita on käytössä yleisesti muun muassa johtimien ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksessa, erilaisten laitteiden oikosulkusuojauksessa sekä tasavirtapiireissä.

Työssä tutuksi tulleita ABB:n kytkinvarokkeita on saatavilla 16-1250A väliltä ja ne ovat kytkettävissä enintään 1000V:n jännitteeseen. Ohjaus pystytään toteuttamaan käsin- sekä moottorilla ohjattuna.

6.3.2 Kontaktori

Kontaktori on sähkömekaaninen kytkin, jota ohjataan sähköisesti (Kuva 10). Toiminta periaatteeltaan se vastaa releitä. Eroavuus releeseen tulee käytettävien jännitteiden ja virtojen suuruudesta, yleensä kontaktorit ovat myös fyysiseltä suuruudeltaan releitä kookkaampia. Moottorin päävirtapiirien isoja jännitteitä ja virtoja ohjattaessa käytetään kontaktoreja, kun taas ohjauspiirien käytössä on vastaavasti releitä.



Kuva 10. ABB:n AF-sarjan kontaktori (Sähkönumerot [www](http://www.abb.com)-sivut 2019)

6.3.3 Puolijohdekontaktori

Puolijohdekontaktoreilla voidaan toteuttaa samat asiat kuin perinteisellä kontaktorilla. Puolijohdekontaktoreissa ei ole fyysisiä kuluvia osia ja sen kytkentäkertojen kestävyys on pitkä. Toiminta perustuu puolijohdekomponenttien kuten tyristorien ja transistorien toimintaan, joilla ohjataan piirien virtoja ja jännitteitä.



Kuva 11. Carlo Gavazzi:n puolijohdekontaktoreita (Carlo Gavazzi [www](http://www.carlogavazzi.com)-sivut 2007)

6.3.4 Lämpörele

Lämpöreileitä käytetään moottorin ylikuormituksen suojaamiseen. Lämpörele toimii samoin periaattein kuin moottorinsuojakytkin, mutta ilman avautuvia pääkoskettimia. Lämpöreleessä olevat pääkärjet kytketään kontaktorin pääkoskettimiin, sekä releen ohjauskoskettimen kautta ohjausjännite vietään kontaktorin kelaan. Kun lämpörele laukeaa, katkeaa kontaktorilta ohjausjännite.



Kuva 12. ABB:n EF-sarjan lämpörele (ABB:n katalogi 2014)

Lämpöreileitä on saatavilla kahta eri periaattein toimivaa tyyppiä. Sähkömekaanisia eli bi-metallielementeillä toimivia, sekä moottorin ottamaa virtaa mittaavia elektronisia lämpöreileitä. Kun moottori ottaa ylivirtaa aiheutuu lämpenemistä. Tämä lämpeneminen saa sähkömekaanisen lämpöreleen sisässä olevan bi-metalliliuskan taipumaan, jonka seurauksena rele havahtuu ja saa kontaktorin välityksellä virtapiirin katkeamaan. Elektronisten lämpöreleiden toiminta perustuu virran mittaamiseen ja kuormatilan määrittämiseen.

6.3.5 Ohjausvirtapiirin oikosulkusuoja

Ohjausjännitepiirien ja niiden laitteiden suojaukseen käytetään johdonsuojakatkaisijoita. Maa- tai oikosulkutilanteessa sulakkeen laukeaminen tapahtuu nopeasti, eikä virta pääse nousemaan vaarallisen korkeaksi. Katkaisijoiden laukaisunopeuksien valintaan on erilaisia toimintakäyriä, joita löytyy valmistajan tuotekatalogeista.

(Moilanen 2014, 13.)

7 KOMPONENTTIEN VALINTA

7.1 Komponentteja koskevat turvallisuusmääräykset

Kaikki käytettävät moottorilähdön komponentit valittiin IEC-standardien mukaisesti. Lisäksi TVO:n omat turvallisuusvaatimukset komponenteille oli otettava huomioon. Opinnäytetyön kohdassa: ”9 Tulokset ja pohdinta” selviää lopulliset tarkemmat vaatimukset sekä standardit, jotka toimivat perusteina komponenttien valinnoissa.

7.2 Oikeiden komponenttien valinta

Moottorilähtöihin komponentteja valitessa tärkein tekijä on kuorma jota ohjataan ja se että miten sitä halutaan ohjata. Lähtöjen komponenttien jännite- ja virrankesto tulee olla riittävä suhteessa käytössä olevaan kuormaan. Yleisesti ottaen jo komponentin fyysinen koko on verrattavissa ohjattavien kuormien suuruuteen.

Tässä opinnäytetyössä komponenttien valinta toteutettiin käyttämällä TVO:n käytössä olevia ABB:n laatimia kojekoordinaatiotaulukoita, joiden perusteella komponenttien valinta oli loppujen lopuksi melko yksinkertaista. Tosin osa taulukossa esiintyvistä komponenteista oli vanhaa mallia ja niissä tapauksissa selvitin valmistajan uuden vastaavan komponentin vanhan tilalle.

7.2.1 Kytkinvarokkeen valinta

Kytkinvarokkeen nimellisvirta tulee olla riittävä moottorin nimellisvirtaan nähden ja sen on pystyttävä kytkemään ja katkaisemaan moottorin käynnistysvirta käyttöluokassa AC 23, jonka tyyppiliseen käyttöön kuuluu moottorikuormitusten kytkentä ja katkaisu (AC3).

Taulukko 4. (ABB:n TTT-käsikirja, 2000, 7)

Virtalaji	Käyttöluokka	Tyypillinen käyttö
Vaihtosähkö	AC-20	Kuormaton päälle ja pois kytkentä
	AC-21	Resistiivisen kuorman kytkentä ja katkaisu
	AC-22	Resistiivisten ja induktiivisten sekakuormitusten kytkeminen
	AC-23	Moottorikuormitusten kytkentä ja katkaisu (AC3)

Kytkinvarokkeita valitessa on Suomessa tyypillisesti käytössä DIN-tyypin kahvasulakkeet. Tässä opinnäytetyössä päädyimme TVO:n kojekoordinaatiotaulukon mukaisesti käyttämään ABB:n OS125D-sarjan kytkinvaroketta sekä ABB:n OFAA-sarjan gG-sulakkeita, joiden koko määräytyi kojekoordinaatiotaulukon mukaan.

7.2.2 Kontaktorien valinta

Mietittäessä sopivien kontaktorien valintaa tulee ottaa selvää käyttöluokista, jotka ovat AC-1, AC-2, AC-3 ja AC-4. Käyttöluokka määräytyy ohjattavan kuorman induktiivisuuden ja ohjaustavan mukaan. Eri käyttöluokissa on käytössä samoja kontakteja, mutta käyttöluokka vaikuttaa kontaktorin nimellisarvoihin sitä mitoittaessa. Seuraavassa taulukossa 5 on kuvailtu IEC 60947-4-1 standardin mukaan eri käyttöluokkia ja niiden merkitystä.

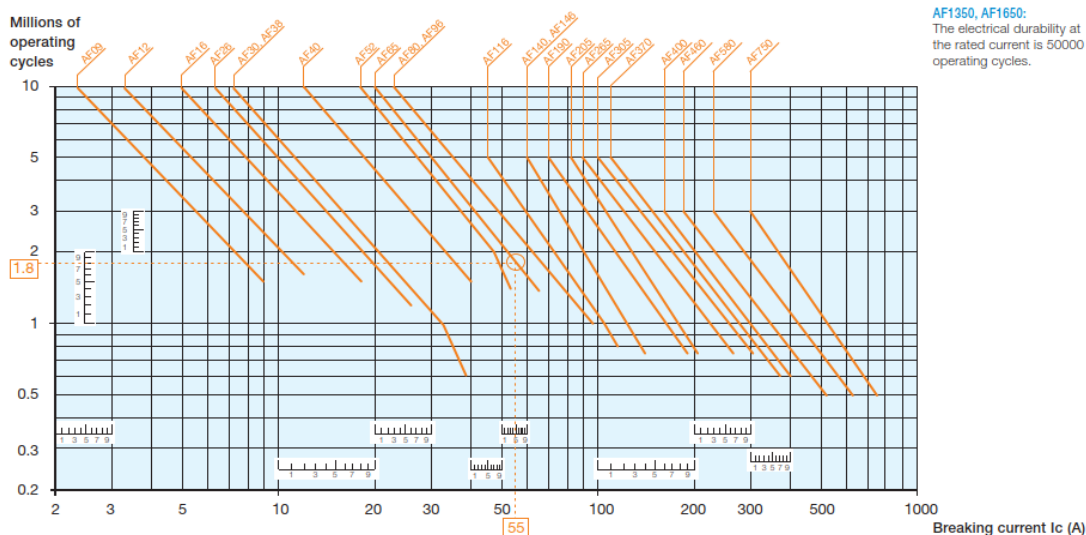
Taulukko 5. (ABB:n TTT-käsikirja, 2000, 7)

Virtalaji	Käyttöluokka	Tyypillisiä käyttötarkoituksia
Vaihtosähkö	AC-1	Ei induktiiviset tai lievästi induktiiviset kuormitukset, vastusuunit, sähkölämmitykset ja vedenlämmittimet
	AC-2	Liukurengasmootorit: käynnistys, pysäytys
	AC-3	Oikosulkumootorin käynnistys, pyörivän moottorin pysäytys (1)
	AC-4	Oikosulkumootorin tippakäynnistys (keskeytyvä käynnistys), suunnanvaihto ja vastavirtajarrutus

(1) AC-3-luokkaa voidaan käyttää satunnaiseen nykäyskäyttöön tai vastavirtajarrutukseen rajoitettuina ajanjaksoina, kuten koneen asennuksen yhteydessä.

Oikosulkumoottorien käyttöön on määritelty AC-3 ja AC-4 luokat. Luokassa AC-3 käynnistin joutuu kytkemään käynnistysvirran ja katkaisemaan nimellisvirran. Luokassa AC-4-käyttö vastaa nykäyskäyttöä, jolloin käynnistysvirtaa kytketään ja katkaistaan kontaktorin avulla. Kontaktorin koskettimet ovat tässä tapauksessa kovemmalla rasituksella ja niiden käyttöikä jää tällöin lyhyemmäksi kuin AC-3-luokan käytössä. (Paananen 2014, 22.)

Tässä opinnäytetyössä päädyttiin käyttämään AC-3-käyttöluokan mukaisia kontakteja. Valitessa kontaktoria tarkkaillaan tuotekatalogista sähköisiä arvoja sarakkeen AC-3 kohdalta. Huomiota oli myös erityisesti kiinnitettävä kontaktorin kytkentäkertojen keston. Seuraavassa ABB:n diagrammissa on esitetty AF-kontaktorien kestävyys kytkentäkertojen mukaan.



Kuva 13. AF-kontaktorien kytkentäkertojen kesto. (ABB:n tuotekatalogi 2016)

Kontaktorien ohjaukselan jännite määräytyy käytettävän ohjausjännitteen mukaisesti. ABB:n AF-sarjan kontaktoreilla on ohjauspuolella valittavissa neljä eri jännitealuetta.

Kontaktorin tarkka mallinimike määräytyy kontaktorityypin, ohjauksen jännitealueen ja koskettimien lukumäärän mukaisesti.

AF09...AF370 3-napaiset kontaktorit

AF09...AF38 4-napaiset kontaktorit



Kuva 14. AF-kontaktorin keläjännitekooditaulukko (ABB:n tuotekatalogi 2016)

7.2.3 Lämpöreleen valinta

ABB:llä on todella laaja valikoima erilaisia lämpöreleitä. Oikea malli määräytyy lämpöreleen asettelun alueen perusteella. AF-kontaktorisarjan kanssa yhteen sopivuus EF-sarjan lämpöreleille selvisi ABB:n tuotekatalogista.

Overload relays fitting details (1)

Contactors types	Thermal overload relays	Electronic overload relays
AF09 ... AF38	TF42 (0.10...38 A)	EF19 (0.10...19 A)
AF26 ... AF38	TF42 (0.10...38 A)	EF45 (9...45 A)
AF40 ... AF65	TF65 (22...67 A)	EF65 (20...70 A)
AF80, AF96	TF96 (40...96 A)	EF96 (36...100 A)

The addition of an overload relay on the contactor does not prevent fitting of many other accessories as shown above.

(1) Direct mounting - No kit required.

Kuva 15. Kontaktorien ja lämpöreleiden yhteensopivuus (ABB:n tuotekatalogi 2016)

Seuraavassa taulukossa 6 on listattuna elektronisen lämpöreleen EF19-tyypin mukainen valintataulukko. Oikea lämpörele valitaan moottorin nimellisvirran mukaan, jolloin sen nimellisvirta osuu asettelun alueen alkupäähän.

Taulukko 6. EF19-lämpöreleen mallin määräytyminen (ABB:n www-sivut 2019)

Tyyppi	Asettelualue
EF19-0.32	0.1-0.32A
EF19-1.0	0.3-1.0A
EF19-2.7	0.8-2.7A
EF19-6.3	1.9-6.3A
EF19-18.9	5.7-18.9A
EF45-30	9.0-30.0A
EF45-45	15.0-45.0A

Tässä opinnäytetyössä valinta tehtiin TVO:n ABB:n laatiman kojekoordinaatiotaulukon mukaisesti, jonka lämpöreleelle piti etsiä ABB:n vanhaa E-sarjaa vastaava lämpörele EF-sarjasta. Yleisesti ottaen pohdittaessa valintaa elektronisen ja perinteisen sähkömekaanisen lämpöreleen välillä tulee ottaa huomioon muutamia seikkoja. Elektronisten lämpöreleiden asettelualueet ovat huomattavasti laajemmat kuin sähkömekaanisten, jolloin niiden mitoittaminen moottorilähtöihin on myös helpompaa. Elektroniset lämpöreleet ovat myös erittäin tarkkoja ja säilyttävät tarkkuutensa myös korkeissa lämpötiloissa. Sähkömekaanisiin lämpöreleisiin verrattaessa kuitenkin häiriöalttius kasvaa, jos verkossa ilmenee riittävästi harmonisia yliaaltoja.

Elektronisista lämpöreleistä on tietyissä malleissa mahdollista valita laukaisuluokka 10, 20 tai 30 suoraan releen etupaneelistä, kun taas sähkömekaanista lämpörelettä käytettäessä ja halutessa vaihtaa laukaisuluokkaa on koko lämpörele vaihdettava.

Taulukko 7. Lämpöreleiden laukaisuaajat. IEC 60947-4-1 mukaisesti.

Laukaisuluokka	Laukaisuaika T_p [s]
10A	$2 < T_p \leq 10$
10	$4 < T_p \leq 10$
20	$6 < T_p \leq 20$
30	$9 < T_p \leq 30$

8 OHJAUSTAPA JA LOGIIKKA

8.1 Nykyinen ohjausyksikkö ja toiminnot venttiilin ohjauksessa

Säätöventtiilien käytössä on tällä hetkellä Sulzerin valmistama erillinen ohjausyksikkö ja siihen liittyvä relekaapissa sijaitseva muu ulkoinen ohjauslogiikka. Ohjausyksikön ollessa käsiasennossa, se ajaa toimilaitteen moottoria niin kauan kuin yksikköön tuleva ohjaussignaali (avaa/sulje) on päällä. Toimilaitteen suunnanvaihto (avaa/sulje) tehdään vaihtamalla kahden vaiheen järjestystä tyristorikytkimillä. Jokaisen paikoitus-
syklin lopuksi moottori jarrutetaan sähköisesti pysähdyksiin syöttämällä moottoriin DC-pulssi. Mekaaninen jarru on päällä moottorin ollessa pysähdyksissä (sähkönsyöttö jarruun on katkaistu).

Ohjausyksikkö mittaa moottorin ottaman virran yhdestä vaiheesta ja moottorille tulevan jännitteen kahden vaiheen välistä. Näitä mittauksia käytetään moottorin synnyttämän momentin arviointiin. Jos laskettu arvo ylittää asetetun raja-arvon, moottorin syöttö katkaistaan. Käynnistyksen ajaksi (jokaisen paikoitus-
syklin aluksi) raja-arvo nostetaan 8-kertaiseksi, jotta voidaan välttyä tarpeettomalta laukaisulta.

Venttiilin pehmeä sulkeutuminen saadaan aikaiseksi pienentämällä raja-arvo 80 %:iin nimellisestä arvosta, kun venttiili on auki alle 3 %:a ja on sulkeutumassa. Tehostettu avaaminen (cracking open) kiilaluistiventtiileille saadaan aikaiseksi nostamalla raja-arvo kaksinkertaiseksi, kun venttiili on auki alle 3 %:a ja on avautumassa. Kun Sulzer-ohjausyksikkö on käsiasennossa, ohjaaja ohjaa venttiilin haluttuun asentoon käyttämällä päävalvomon avaa ja sulje painonappeja.

Kun Sulzer-ohjausyksikkö on automaattiasennossa, se toimii venttiilin kohdesäätimenä. Käytännössä kyseessä on vertailija, joka vertaa asetusarvoa venttiilin todelliseen mitattuun asentoon. Jos säätöventtiili on liian auki, eli sen mitattu arvo on suurempi kuin asetusarvo, sulje-signaali aktivoituu. Vastaavasti jos mitattu arvo on pienempi kuin asetusarvo, avaa-signaali aktivoituu. Ohjaukseen liittyy myös kuollut alue, eli kun mitattu arvo on riittävän lähellä asetusarvoa, ei venttiiliä ohjata kumpaankaan suuntaan. (TVO sisäinen asiakirja, 2019)

8.2 Uusi ohjaustapa ja logiikka

Venttiilien (312V14 ja 314V21/22) ohjaukset toteutetaan ohjelmoitavalla logiikalla (PLC). Logiikka toimii rajapintana toimilaitteen moottorilähdön ja ylemmän tason automaatiojärjestelmän sekä valvomon pulpettiohjauksien välillä.

Logiikka säättää venttiilin asentoa automaatiojärjestelmästä tai käsiohjauksesta saadun ohjeen mukaisesti. Venttiilin toimilaitteissa on takaisinkytkentäpotentiometri, joka osoittaa venttiilin asennon. Logiikka säättää takaisinkytkennän perusteella venttiiliä ohjearvon mukaiseen asentoon.

Logiikan digitaalilähtökortin lähdöillä ohjataan toimilaitteen moottorilähdön suunnanvaihtokytkennän kontakteita. Logiikka toimii myös moottorilähdön indikointien rajapintana valvomon ohjauspulpettiin, hälytysjärjestelmään ja ylemmän tason automaatiojärjestelmään.

Venttiilien ohjaukseen käytettävän logiikan turvallisuusluokka on 3. Ohjelmoitavan laitteen kelpoistamiselle turvallisuusluokkaan 3 on asetettu vaatimukset YVL-ohjeen kohdassa E.7. Vaatimuksien lähtökohtana on laitteen luotettavuus, jonka vuoksi ohjelmoitavana logiikkana tullaan käyttämään Siemens S7-300 Failsafe turvalogiikkaa. Turvalogiikan turvallisuustaso on SIL3.

Logiikka käsittää seuraavat kortit:

- CPU315F-2 DP Keskusyksikkö
- SM 326 24 X DC 24V Turvadigitaalitulokortti
- SM 326 8 X DC 24V/2A PM Turvadigitaalilähtökortti
- SM 336 6 x AI Turva-analogiatulokortti
- SM 332 4xAO Analogialähtökortti

(Stahlström henkilökohtainen tiedonanto 3.12.2019)

9 TULOKSET JA POHDINTA

9.1 Kontaktoreilla toteutettu ohjaus

Venttiilin 312V14 toimilaitteen muutostyössä ei ajallisten syiden takia lähdetty toteuttamaan moottorilähtöjen suunnittelua uusilla ABB:n komponenteilla vaan päädyttiin käyttämään TVO:lla varastossa olleita tuttuja jo entuudestaan laitoksella käytössä olevia komponentteja.

Opinnäytetyön osalta tärkeämmäksi osaksi jäi venttiilien 314V21 ja V22 toimilaitteiden vaihtoihin liittyvät uusien moottorilähtöjen komponenttien valinnat.

314V21/22 moottorilähtöihin valittiin ABB:n valmistamat komponentit:

Kytkinvaroke:	OS125D
Sulakkeet:	OFAA gG 16 A
Kontaktorit:	AF16
Lämpörele:	EF19-18.9

Perusteena komponenttien valinnassa toimi M3284-pienjännitekojeistojen uusintaprojektia varten laaditut ohjeistukset sekä erilaiset vaatimukset. ”Toimittaja laatii nimellisjännitteiltään 660 V ja 380 V järjestelmille käytettävien moottoreiden kullekin valitulle tehoportaalalle testatut kojevalintataulukot ja mitoitusaulukot. Mitoitusaulukoita käytetään keskusten moottorilähtöjen koje- ja kaapelivalinnan perusteena. Kojeet valitaan virtojen ja tehojen perusteella. Laitekombinaatio ”kytkinvaroke-sulake-kontaktori-lämpörele” koestetaan IEC 60947-4-1 mukaan koordinaatio-luokkaan 2.” (Olkidoc dokumentti 133647, 2010, 2.)

Kytkinvaroke sekä gG-sulakkeet valittiin suoraan edellisen projektin käytössä olleen ABB:n kojekordinaatiotaulukon mukaisesti. Taulukon komponenttivalinnat perustuvat IEC-standardien vaatimukseen ja taulukko on laadittu TVO:n M3284-projektia varten.

Kontaktorit valittiin ABB:n sivuilta löytyvän moottorilähtöjen suunnitteluohjelman perusteella ja huomiota oli erityisesti kiinnitettävä kontaktorin käyttöikään kytkentäkertojen perusteella, kytkentäaikaan ja siihen kuinka monta sykliä kontaktori voi tunnin sisällä suorittaa. Valinnassa toimivat perusteina M3284-projektin komponentti-koordinaation perusteet joiden mukaisesti:

- Kontaktorit täyttävät standardin IEC 60947-4 vaatimukset.
- Pienin käytettävä kontaktorin AC 3-käyttöluokan nimellisvirta on 16 A.
- Kontaktorin tulee kestää vähintään yksi (1) miljoonaa käyttökertaa AC 3 virralla.

Lämpörele valittiin yhteensopivaksi siten, että se täyttää toimilaitemoottorin nimellisvirran mukaan vaadittavat virta-arvot ja on yhteensopiva kontaktorin kanssa. Laukaisuluokka elektronisessa lämpöreleessä on itse valittavissa. Lämpörele täyttää standardin IEC 60947-4 vaatimukset.

Lämpöreleiden oikosulkukestoisuus ilmoitetaan vähintään seuraavilla maksimivirroilla:

- Terminen oikosulkukestoisuus 1 s ja 10 s ajoille
- Dynaaminen oikosulkukestoisuus (vaihtoehtoisesti maksimi gG-tyypin sulake)

Lämpörele tulee asetella moottorin nimellisvirran mukaan ja testata primäärivirralla. (Olkidoc dokumentti 133647, 2010, 5.)

9.2 Puolijohdekontaktoreilla toteutettu ohjaus

Työn alussa pohdittiin moottorilähtöjen suunnittelussa käytettäväksi mahdollisesti puolijohdekontaktoreja. Vaihtoehtoa ei kuitenkaan näissä projekteissa oteta käyttöön. Potentiaalisena puolijohdekontaktoreina moottorilähdöissä olisi kuitenkin voinut toimia esimerkiksi Carlo Gavazzi:n valmistama RN3A40D15. Carlo Gavazzin www-sivuilla on kätevä kontaktorien valintatyökalu, johon arvot syöttämällä saadaan valittua oikeanlainen kontaktori vaatimusten mukaan.

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esiselvitystyötä laitoksilla tapahtuvien moottoritoimilaitteiden uusinnasta johtuvien uusien moottorilähtöjen komponenttien valintaan. Opinnäytetyössä perehdyttiin toimilaitteisiin, venttiileihin, turvallisuusvaatimuksiin, komponentteihin ja sähköverkkoihin.

Perehtymisen jälkeen valikoitiin sopivat komponentit standardien ja vaatimusten mukaisesti. Valituista komponenteista tehtiin myös Excel-pohjaan taulukko, jota myöhemmin komponenttien kelpoistamisessa laitokselle voidaan käyttää hyödyksi.

Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät ja työllä saatiin aikaiseksi perusteltu sekä vaatimukset täyttävä kokonaisuus uusien moottorilähtöjen komponenteista. Lisäksi työn aikana sain paljon tietoa eri laitteista ja toimintatavoista Olkiluodon ydinvoimalaitoksilla, josta on toivottavasti hyötyä tulevaisuudessani.

LÄHTEET

ABB Oy. MNS Asennus-, käyttö- ja huolto-ohje. 2016

ABB Oy. Lyhyt katalogi Moottorinohjaus ja sähköjakelu. 2014

ABB Oy. TTT-käsikirja. 2000. Viitattu 7.10.2019. www.oamk.fi/~kurki/Faumatomaatio-lab-rat%2FTTT%2F11_Tehomuuntajat.pdf&usg=AOvVaw2w_I3JCKp_JLVFk2RLC25B

ABB Oy. Tuotekatalogi. Motor protection and control, Contactors and overload relays. 2016

ABB Oy. Tuotekatalogi. Viitattu 2.10.2019. <https://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/kytkimet/kasiohjatut-kytkinvarokkeet>

ABB Oy:n www-sivut. 2019. Viitattu 18.10.2019. http://www.asennustuotteet.fi/catalog/22124/EF-sarja_FIN1.html

AUMA Finland Oy. Multi-turn actuators, Operation instructions. 2016

Carlo Gavazzin www-sivut 2019. Viitattu 7.11.2019. <http://www.productselection.net/table.php?LANG=UK&PG=270&FAMILY=000>

Moilanen. A. 2013. Pienjännitemoottorin suojaus voimalaitoksella AMK-insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Viitattu 3.10.2019. <https://www.theseus.fi/handle/10024/71967>

Olkidoc dokumentti 133647. M3284, SIMO-projekti, Komponenttikoordinaation perusteet. 2010. TVO. Eurajoki

Olkidoc ohje 107231. Environmental classes – Te-Be-1e. 2018. TVO. Eurajoki

Olkidoc ohje 115507. Moottoritoimilaitteiden suunnitteluperusteet. 2019. TVO. Eurajoki

Olkidoc ohje 129253. General electrical equipment. 2016. TVO. Eurajoki

Olkinet dokumentti. 314 Ulospuhallusjärjestelmä, osa 1. 2009. TVO. Eurajoki

Olkinet dokumentti. 664 Paristovarmennettu 380V verkko, Koulutusaineisto. 2008. TVO. Eurajoki

Olkinet dokumentti. Sulzerin SMR 6.3 toimilaitteiden varaosaongelmat. 2012. TVO. Eurajoki

Olkinet dokumentti. Syöttövesijärjestelmä 312. 2019. TVO. Eurajoki

Olkinet dokumentti. Viranomaisasiat muutostöissä, Koulutusaineisto. 2013. TVO. Eurajoki

Paananen, E. 2015. Teollisuuden moottorikeskukset AMK-insinööriyö. Lapin Ammattikorkeakoulu. Viitattu 3.10.2019. <https://www.theseus.fi/handle/10024/77977>

Setting data for the electronic torque monitor SALIO with SMR 6.3 actuators. Valve number 312 V 14. SK38/65673. 26.1.1979. Sulzer

Setting data for the electronic torque monitor SALIO with SMR 6.3 actuators. Valve number 314 V 21 und V 22. SK38/65672. 11.6.1980. Sulzer

Ståhlström, P. 2019. Sähköinsinööri, Teollisuuden Voima Oyj/Power Instruments Oy. Olkiluoto. Opinnäytetyöpalaveri 3.12.2019

Sähkönumerot www-sivut. Viitattu 2.10.2019. https://www.sahkonumerot.fi/3706599?ws_info=false

Teollisuuden Voima laitostiedot. Nimikeote 14040-0714. 2019. TVO. Eurajoki

Teollisuuden Voima laitostiedot. Nimikeote 14040-0715. 2019. TVO. Eurajoki

Teollisuuden Voiman www-sivut. Viitattu 17.9.2019. <https://www.tvo.fi/yhtio>

Teollisuuden Voima. Sisäinen asiakirja. M4550-Sulzerin säätöventtiilien ja ohjausyksiköiden uusinta, 314V21, 314V22 ja 312V14 – Periaatesuunnitelma. 2019

YVL A.8. Ydinlaitoksen ikääntymisen hallinta, 18.6.2019

YVL B.2. Ydinlaitoksen järjestelmien, rakenteiden ja laitteiden luokittelu, 18.6.2019