



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

EELIS AHONEN

# **Ydinvoimalaitoksen automaation koestuslaitteiston dokumentointi ja käyttötarkoituksen selkeyttäminen**

SÄHKÖ-JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN  
KOULUTUSOHJELMA  
2020

Tekijä Ahonen, Eelis	Opinnäytetyö, AMK	Huhtikuu 2020
Toimeksiantaja Teollisuuden Voima Oyj Valvoja: Savolainen, Ville Ohjaaja: Saarinen, Jari	Sivumäärä 39 Liitteitä 13	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Ydinvoimalaitoksen koestuslaitteiston dokumentointi ja käyttötarkoituksen selkeyttäminen.</b>		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Opinnäytetyö tehtiin Teollisuuden Voima Oyj:lle. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkentaa ja luoda dokumentaatio pakkoalasohjausautomaatiikan 313-8, 313-8, sekä ulospuhallusjärjestelmän ohjauspiirien koestuslaitteistolle 314-10. Pää tarkoituksena oli saavuttaa dokumentaation taso, joka edesauttaa testauslaitteiston käytössä ja selkeyttää käyttötarkoitusta. Dokumentaatiota voidaan käyttää tarvittaessa samankaltaisen testauslaitteiston rakentamisessa.		
<u>Asiasanat</u> automaatiojärjestelmät, testauslaitteet, dokumentointi, ydinvoimala		

<p>Author: Ahonen, Eelis</p> <p>Commissioned: Teollisuuden Voima Oyj</p> <p>Supervisors: Savolainen, Ville (TVO Oyj) Saarinen, Jari</p>	<p>Type of Publication Bachelor's thesis</p>	<p>April 2020</p>
	<p>Number of pages 39</p> <p>Appendices 13</p>	<p>Language of publication: Finnish</p>
<p>Title of publication <b>Specifying and documenting nuclear power plant testing equipment applications.</b></p>		
<p>Degree program Degree Program in Electrical and Automation Engineering</p>		
<p>Thesis was made for Teollisuuden Voima Oyj. The subject of my thesis was specifying and documenting nuclear power plant testing equipment's 313-8,313-8.1 &amp; 314-10. The main priority was the state of documentation, which supports the using of testing equipment and clarifies equipment's functions. The documentation will aid in a case of building a similar type of testing equipment's.</p>		
<p><u>Key words</u> automation systems, testing equipment, documenting, nuclear power plant</p>		

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ .....	8
2.1	Kiehutusvesireaktorin (BWR) pääprosessin esittely .....	9
3	COMBIMATIC AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	10
3.1	Yleiskatsaus CombiFLEX & Combitrol.....	10
3.2	Elektroniikkakaapin rakenne ja RTXA- ,RTXG-moninapaliittimet.....	11
4	KOESTUSKÄYTÄNNÖT .....	13
5	PAKKOALASOHJAUSAUTOMATIIKAN KOESTUSLAITEET 313-8 & 313-8.1.....	14
5.1	Käyttötarkoitus.....	14
5.2	Simulointilaitteiston 313-8 toiminnot ja statistiikka.....	15
5.3	Simulointilaitteiston 313-8.1 toiminnot ja statistiikka.....	17
6	PAKKOALASOHJAUSAUTOMATIIKAN KOESTUKSEN JÄRJESTELMISTÄ .....	20
6.1	Yleinen Alasohjauksen periaate.....	20
6.2	Reaktorin tehonsäätöjärjestelmä-535 yleiskuvaus.....	20
6.2.1	Pääkiertojärjestelmän-313 yleiskuvaus .....	21
7	PAKKOALASOHJAUKSEN SIMULOITAVAT LAUKAISUEHDOT .....	22
7.1	Alasohjausehdot, Ryhmä A .....	22
7.2	Ryhmä C .....	24
7.3	Ryhmä D .....	24
7.4	Ryhmä E.....	25
8	ULOSPUHALLUSJÄRJESTELMÄN OHJAUSPIIRIEN KOESTUSLAITE 314-10.....	26
8.1	Käyttötarkoitus.....	26
8.2	Simulointilaitteiston 314-10 toiminnot ja statistiikka.....	26
9	ULOSPUHALLUSJÄRJESTELMÄN OHJAUSPIIRIEN KOESTUKSEN JÄRJESTELMÄSTÄ .....	30
9.1	Ulospuhallusjärjestelmän ohjausehdot ja automatiikka.....	30
9.2	Avaussignaalit.....	33
9.3	Simuloitavat mittapisteet .....	30
9.3.1	Ohjauspiirien sijainnit ja venttiilityypit.....	32

10 JATKUVUUSMITTAUS 313-8, 313-8.1 & 314-10.....	34
10.1 Fluke 1587 FC eristysvastus- ja yleismittari.....	34
10.2 Koestuslaitteiston jatkuvuusmittaus.....	35
10.3 Epävarmuustekijät.....	37
10.4 Johtopäätökset.....	37
11 YHTEENVETO .....	38
LÄHTEET .....	39
LIITTEET	

## Lyhenteet

Lyhenne	Selite
APRM	(Average power range monitoring) Neutronivuonmit- tausalue 0-130 %
Bar	Bari 1 bar = 100 kilopascal
BWR	Kiehausvesireaktori (Boiling Water Reactor)
BÅFR	Laskennallinen reaktoriteho(Börvärde ånga från reaktorn)
DVM	Digitaalinen volttimittari
ER	Tehosäätö
FAT-testi	Factory acceptance test
MPa	Megapascal
MW	Megawatti
OL1	Olkiluodon ydinvoimalaitosyksikkö 1
OL2	Olkiluodon ydinvoimalaitosyksikkö 1
OL3	Olkiluodon ydinvoimalaitosyksikkö 1
RMS	Root mean square
RTXA	Moninapa-/Pistoliitin
RTXG	Moninapa-/Pistoliitin
SAT-testi	Site acceptance test
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
VR	Kierroslukusäätö

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selkeyttää kahden eri koestuksen laitteiston käyttötarkoitusta. Koestuslaitteet 313-8 ja 313-8.1 ovat rakennettu helpottamaan Olkiluoto 1 ja 2 voimalaitosten pakkoalasohjauksen automatiikan koestusta. Lisäksi opinnäytetyössä käsitellään, myös 314-10 pakkopuhalluksen koestuslaitetta. Ilman järjestelmien, mittapisteiden ja raja-arvojen simulointilaitteistoja, koestusten toteuttaminen suoritettaisiin haastavilla kytkennöillä elektroniikkakaapeissa.

Laitteistoille luodaan kytkentälista, layout-kuva, piirikaavio ja tietolehti. Tietolehdet sisältävät koestuslaitteiston yleisiä tietoja, kytkentäohjeistuksen ja simuloitavien kytkentöjen selitykset. Dokumentaatio liitteet puuttuvat yleisestä julkaisusta niiden tietosuojanvuoksi.

Tulevaisuudessa dokumentaation puute voisi aiheuttaa ongelmia laitteiston vikojen korjaamisprosessissa tai uuden laitteiston kehittämisessä. Dokumentaatio päämääränä on mahdollistaa vastaavanlaisten testauslaitteistojen rakentaminen, sekä tarkentaa laitteistojen käyttötarkoitusta. Testauslaitteistojen toimintaperiaatteen esittely rajoitetaan koskemaan koestettavan järjestelmän pääpiirteitä, eikä itse ohjattavan automatiikan komponentteihin syvennyttä. Dokumentaation todenmukaisuus varmistetaan riippumattomalla varmennuksella ja laitteistojen kytkennät tarkastetaan jatkuvuusmittauksella.

## 2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ



Valokuva 1. (TVO, Yhtiöesittely 2019.)

Teollisuuden Voima Oyj toimii opinnäytetyön toimeksiantajana. Ohjaajana Teollisuuden Voima Oyj:llä toimii Ville Savolainen ja Satakunnan ammattikorkeakoulun ohjaavana opettajana toimii Jari Saarinen.

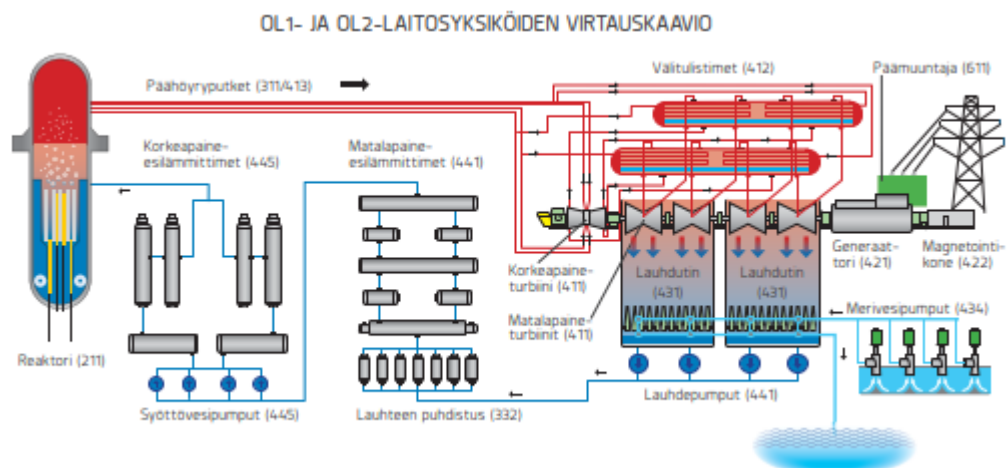
Teollisuuden Voima Oyj (TVO-Konserni) on vuonna 1969 perustettu julkinen osakeyhtiö, jonka omistavat suomalaiset teollisuus- ja voimayhtiöt. Suurin omistus on Pohjolan Voima Oy:llä, joka omistaa 58,5 prosenttia. Toiseksi suurimpana on Fortum Power and Heat Oy 25,8 prosentin omistuksella. TVO tuottaa osakkailleen sähköä ydinvoimalla. Sähkön myynti tapahtuu Mankala-periaatteella, eli sähkö myydään tuoton omakustannushinnalla.

TVO:n ydinvoimalaitosyksiköiden osuus Suomen sähkön hankinnasta oli 16 % vuonna 2018. Tulevaisuudessa tuotanto kapasiteetti nousee huomattavasti Olkiluoto 3 valmistumisen myötä ja nostaa Suomen sähköntuotannon omavaraisuutta. Jatkuvan teknisen kehitystyön myötä, myös Olkiluoto 1 ja 2 voimalaitoksien tuotantoteho, sekä käyttökerrointa on kasvatettu. Voimalaitoksien teho on kasvanut 40-vuoden aikana 660 megawattista 890 megawattiin. (Teollisuuden Voima, Yhtiöesittely 2019.)



## 2.1 Kiehausvesireaktorin (BWR) pääprosessin esittely

Reaktorin tehoa säädellään säätösauvoilla ja pääkiertopumpuilla. Kiehausvesireaktorissa vesi johdetaan reaktorisydämen polttoainepiirissä olevien polttoainesauvojen lävitse, jolloin vesi kuumenee ja höyrystyy. Höyry johdetaan neljää pähöyryputkea pitkin korkeapaineturbiinille. Osa höyrystä siirtyy suoraan energiaksi korkeapaineturbiinille ja osa jatketaan kuivattavaksi, sekä tulistettavaksi matalapaineturbiineille. Turbiinit sijaitsevat samalla akselilla generaattorin kanssa, joka tuottaa sähköä valtakunnan kantaverkkoon. Matalapaineturbiineilta tuleva höyry lauhdutetaan vedeksi merivesijähdytyspiirin avulla. Syntynyt lauhdevesi pumpataan lauhdepumpuilla takaisin reaktoriin puhdistimen, sekä esilämmittimen lävitse. Lämmennyt merivesi johdetaan takaisin mereen. (Teollisuuden Voima, Tekninen esite OL1 ja OL2)



Kuva x, OL1- ja OL2-laitosyksiköiden virtauskaavio. (Tekninen esite OL1 ja OL2.)

### 3 COMBIMATIC AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

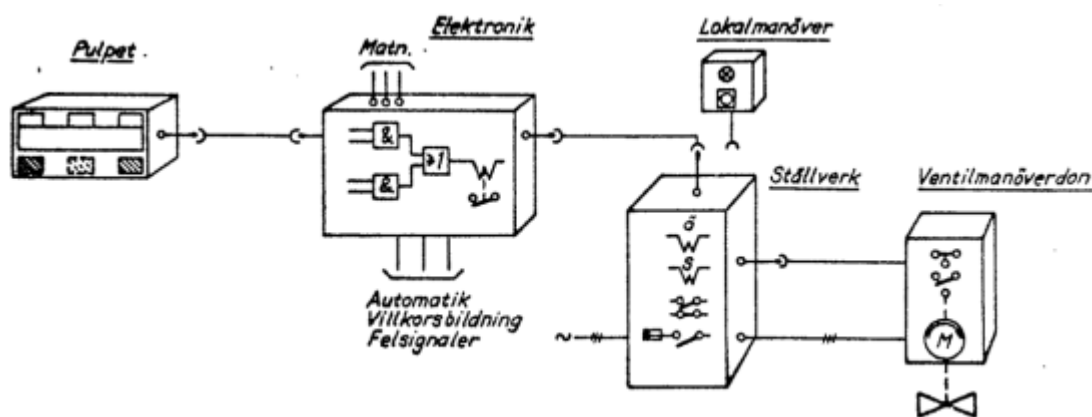
Tässä kappaleessa esitellään OL1 ja OL2 CombiFlex-automaatiojärjestelmää opinnäytetyön kannalta merkittäviltä osa-alueilta.

#### 3.1 Yleiskatsaus CombiFLEX & Combitrol

CombiFlex muodostuu Combimatic, Combitrol- ja Combilogic-järjestelmistä. Analogisten signaalien käsittely ASEA:lla on toteutettu Combitrol-järjestelmällä.

Combimatic-automaatiojärjestelmä on ASEA ATOM:n kehittämä ja valmistama staattinen hallintajärjestelmä, joka sisältää digitaalisten logiikkalaitteiden koostamiseen kohdennettuja piirilevyjä. Taajuusominaisuuksiltaan järjestelmä on hidas ja sen syöttöjännite on 24 V DC. Nykyisin järjestelmän valmistaja toimii ABB Atom.

Jokaiselle kohdetyypille on standardisoitu laitteisto ohjauspulpetissa (ohjauspaneeli), elektroniikkakaapissa ja kytkinlaitoksella (relekaappi). Nämä kolme osaa liitetään yhteen standardikaapeilla, joiden kummassakin päässä on tulppa/jakkiliitin. (Tietolehti KK 841-201, 1975)

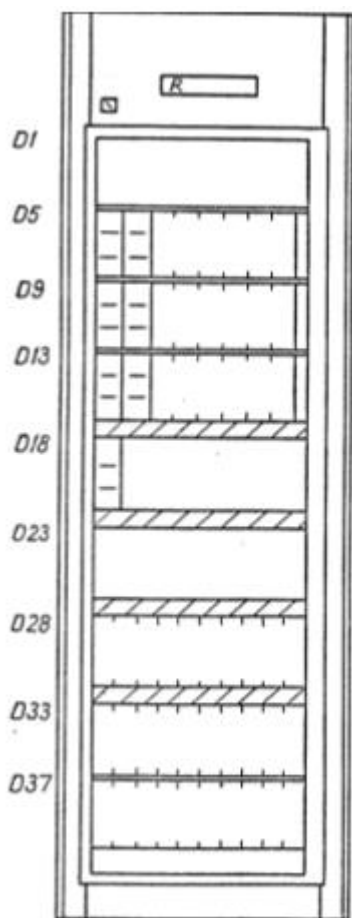


Kuva 1. Valvomon ohjauspulpetin ja kytkinlaitoksen välisen ohjaustien kuvaus. (Tietolehti KK 841-201, 1975.)

### 3.2 Elektroniikkakaapin rakenne ja RTXA-, RTXG-moninapaliittimet

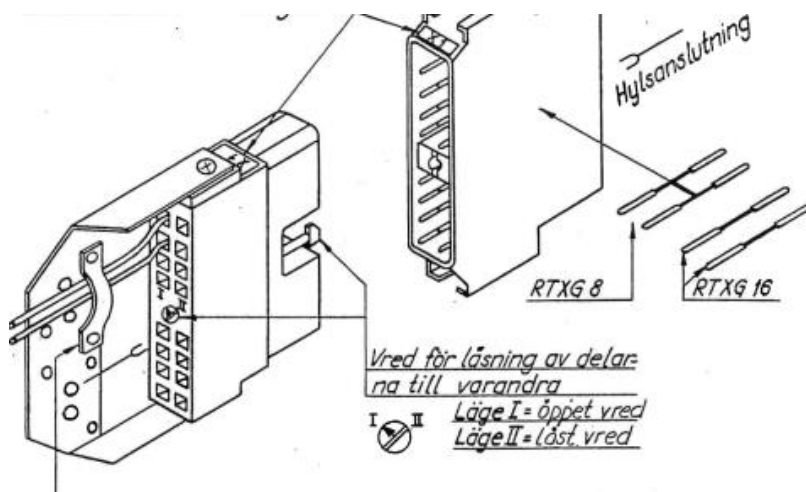
Kaappi on kosketussuojattu ja tippuvedenpitävä suojausluokan S 21 mukaan. Ilmanvaihto tapahtuu takalevyn raon ja oven alaosassa olevan ilma-aukon kautta. Tilaa on 9 laitetelineelle ja niiden välissä on jäähdytysilman ohjainlevyt. Kaapissa on kääntyvä laiterunko ja täysikokoinen peltiovi. Kaapin mitat ovat 2250 x 600 x 650 mm.

Kaapin ohjausjärjestelmän jännitesyöttö on + 24 – 0 DC. Järjestelmä on suojamaadoitettu ja ohjausjärjestelmän käyttörajat ovat 20 – 30 V DC.

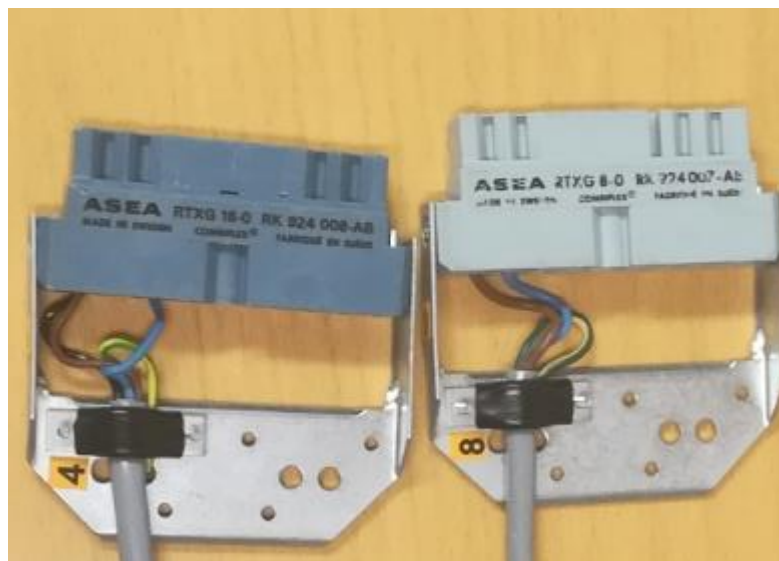


Kuva 2. Kuva elektroniikkakaapista ilman etuovea. (Tietolehti KK 841–202, 1975.)

Kaikki tulevat kaapelit kytketään kaapin takapaneeliin tyypin RTXA- tai RTXG-liittimien avulla (valokuva 1). Pistokeosa on asennettu kiinteästi kaappiin ja tulppaosa on kiinni kaapelissa. Elektroniikkakaapin ja koestuslaitteen välinen kytkentä toteutetaan plug-in-tyyppisillä kaapeleilla. (Tietolehti YLDC 841 762, 1973.)



Kuva 3. (Combimatic / Combitrol maintenance training kokoelma.)



Valokuva 1. Liittimet RTXG 16-0 RK 924 008-AB & RTXG 8-0 RK 924 007-AB. (Ahonen, 2019.)

## 4 KOESTUSKÄYTÄNNÖT

Koestuksella tarkoitetaan asiakirjoihin, määräyksiin ja erittelyihin verrattavaa vastaavuuden tarkistamista. Järjestelmän tai laitteen toiminta tulee varmistaa niin tarkasti, kuin on mahdollista.

Koestus suoritetaan kojeluettelon, kilpiluettelon, piirikaavion, erittelyjen eli spesifikaatioiden, kytkentälistojen ja logiikkakuvioiden perusteella. Koestuksessa tulee varmistua inhimillisten riskien hallinnasta, jota kutsutaan HU-menettelyksi. Täten varmistutaan, että kaikki kaapeloinnit, kytkennät, toiminnot ym. tulevat koestetuksi. (Olkidoc ohje 107692, KVD 76-157 Laitoskoestusohje, 2008, 2.)

Voimassa olevassa STUK Y/1/2018 6§ Turvallisuuteen liittyvien inhimillisten tekijöiden hallinta määräyksessä vaaditaan, että inhimilliset tekijät tulee huomioida ydinlaitoksen kunnossapitotoimissa. Huomioinnin tulee tapahtua työn laadukasta toteuttamista hankaloittamatta ja varmistaen laitos turvallisuuden. "Inhimillisten virheiden välttämiseen, havaitsemiseen, vaikutusten rajaamiseen ja korjaamiseen on kiinnitettävä huomiota." (Inhimillisten tekijöiden huomiointi laitosmuutoksissa, Liite 3, Sivut 5, 2019.)

Koestuslaitteita koskevat määräykset:

Ydinvoimalaitosyksiköiden rakenteet, järjestelmät ja laitteet on luokiteltava 1,2,3 ja EYT-turvallisuusluokkiin STUK:n (säteilyturvakeskus) ohjeen mukaisesti. YVL B.2 2019 EYT luokkaan kuuluvat laitteet, joilla ei ole ydinturvallisuusmerkitystä.

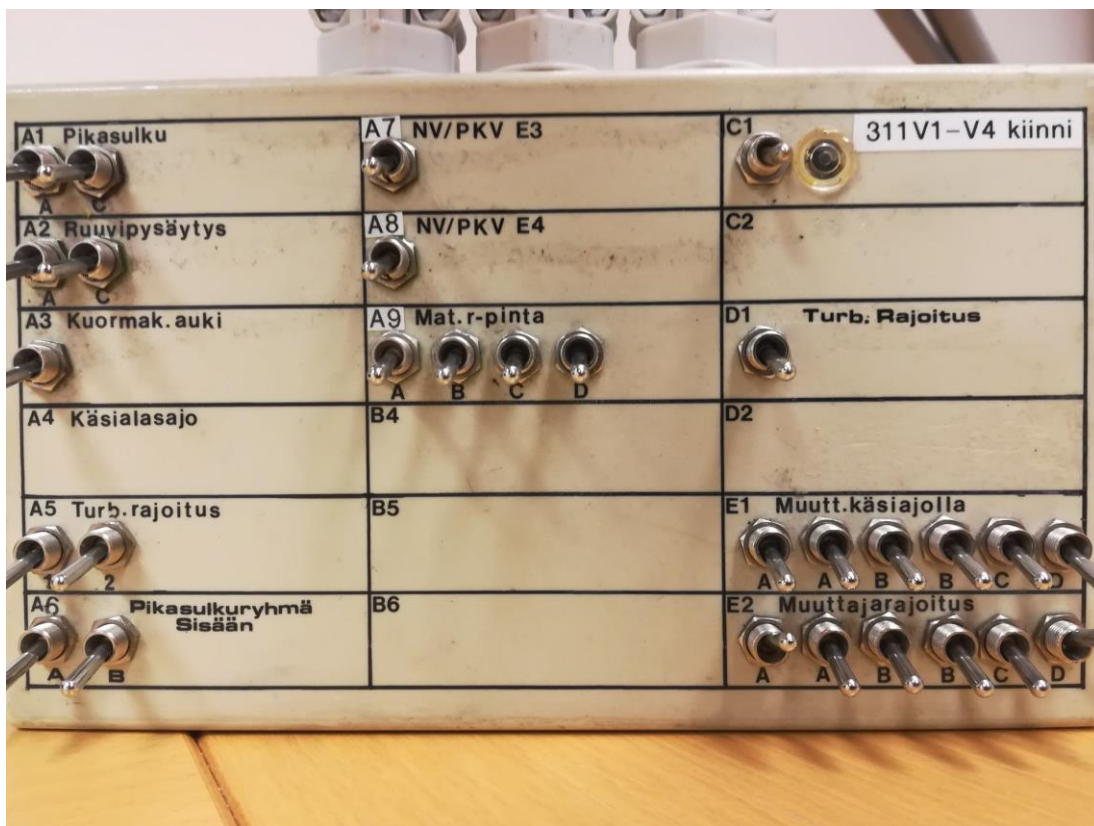
## 5 PAKKOALASOHJAUSAUTOMATIIKAN KOESTUSLAITEET 313-8 & 313-8.1

### 5.1 Käyttötarkoitus

Koestuslaitteistoilla 313-8 & 313-8.1 suoritetaan vuosittain kylmäseisokin aikana pakkoalasohtausautomaatiikan simulointi. Sen aikana toistetaan alasohtoja 535-järjestelmässä. Järjestelmä on esitelty kappaleessa 7.2. Koestus tehdään yleisesti kesäseisokin aikana. Normaalin käytön aikana pakkoalasohtausjärjestelmä toimii jatkuvasti. Koestuslaitteistot esitellään valokuvissa 2, 5 ja toimintojen nimitykset ovat selvennetty taulukoilla 1 ja 3. Pakkoalasohtausautomaatiikan koestus tulee suorittaa reaktorin ollessa sammutettuna ja käytössä olevat pääkiertopumput ovat pysähtyneinä tai käyvät matalilla kierrosluvuilla. Alasohtojen laukeaminen koestetaan eri sisäänmenokompennoilla ja sisäänmenokombinaatioilla.

Koestuksen suorittamiseksi on tehty kenttäohje E6/313-8, mikä havainnollistaa suoritettavat koestus toimenpiteet yksityiskohtaisesti. Simulointi laitteistot 313-8, 313-8.1 kytetään elektroniikkakaappiin ja sen ohella suoritetaan kenttäohjeen mukaisia toimintoja valvomon ohjauspulpetista.

## 5.2 Simulointilaitteiston 313-8 toiminnot ja statistiikka



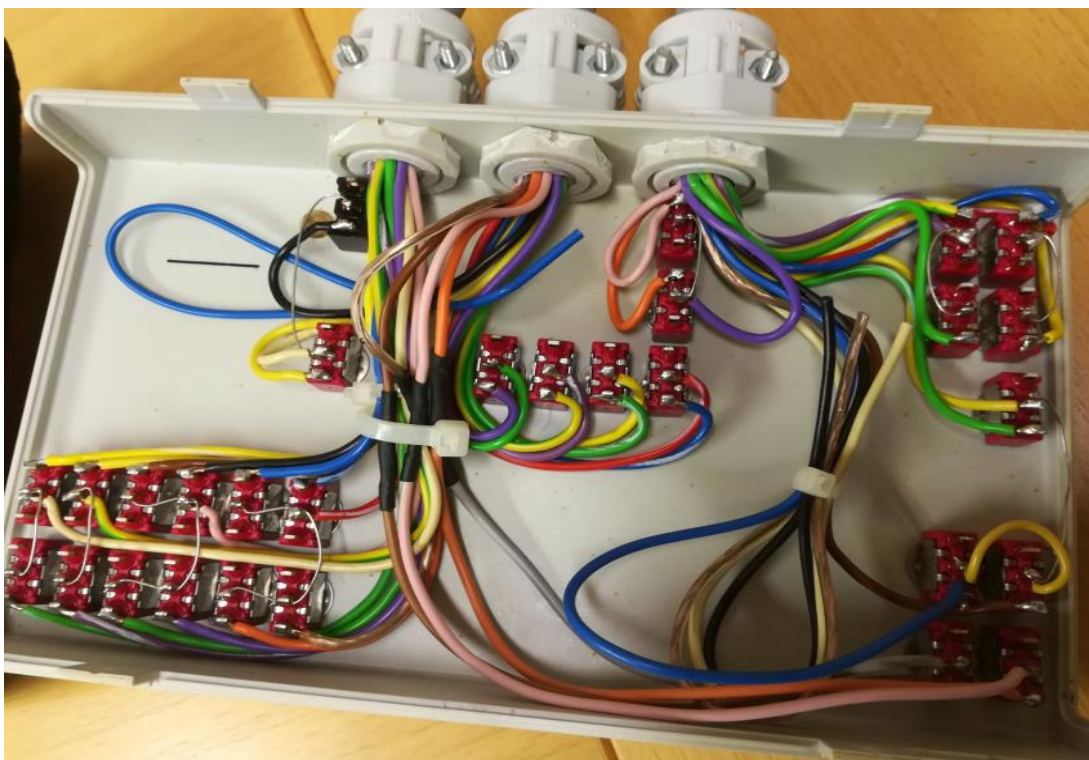
Valokuva 2. Koestuslaite 313-8. (Ahonen, 2019.)

Taulukko 1. Koestuslaite 313-8 laukaisuehdoista (Ahonen, 2019.)

A1 Pikasulku	A7 NV/PKV E3	C1 311V1-V4 Kiinni
A2 Ruuvipysäytys	A8 NV/PKV E4	C2
A3 Kuormak. auki	A9 Mat. r-pinta	D1 Turb. rajoitus
A4 Käsi alasajo	B4	D2
A5 Turb. rajoitus	B5	E1 Muutt. käsi ajolla
A6 Pikasulkuryhmä sisään	B6	E2 Muuttajarajoitus

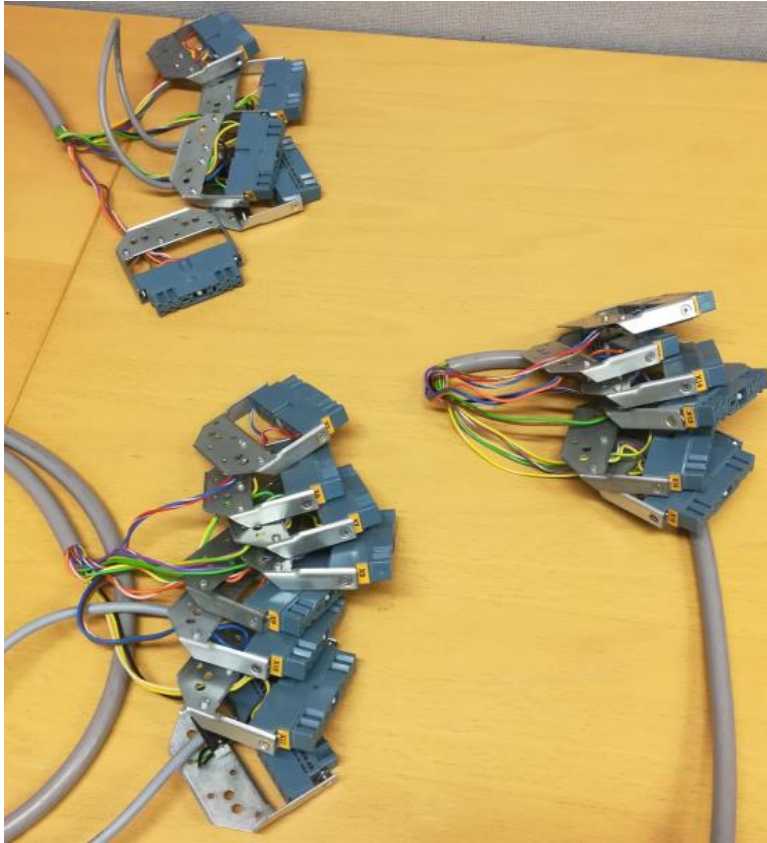
Taulukko 2. Osaluettelo 313-8. (Ahonen, 2020.)

Komponentti	Valmistaja	Malli	Tyyppi	Määrä
Kytkin	C&K UK	7101	ON-ON 5A/120VAC 2A/250VAC SPDT	28
Kytkin	-	MTS-102	ON-ON 6A/125VAC 3A/250VAC SPDT	1
Moninapa- /Pistoliitin	ASEA	16-0 RK 924 008- AB	RTXG	18



Valokuva 3. Koestuslaite 313-8 sisäpuolelta. (Ahonen, 2019.)





Valokuva 4. Koestuslaite 313-8:n liittimet. (Ahonen, 2019.)

### 5.3 Simulointilaitteiston 313-8.1 toiminnot ja statistiikka



Valokuva 5. Koestuslaite 313-8.1. (Ahonen, 2019.)

Koestuslaitteisto 313-8.1 sisältää kytkimiä, jotka eivät ole käytössä. Nämä kytkimet sijaitsevat 445P303 KÄY merkinnän alla ja D2 merkinnän yläpuolella. 445P303 on OL1-voimalaitoksen syöttövesipumppu.

Taulukko 3. Koestuslaite 313-8.1 Laukaisuehdoista. (Ahonen, 2019.)

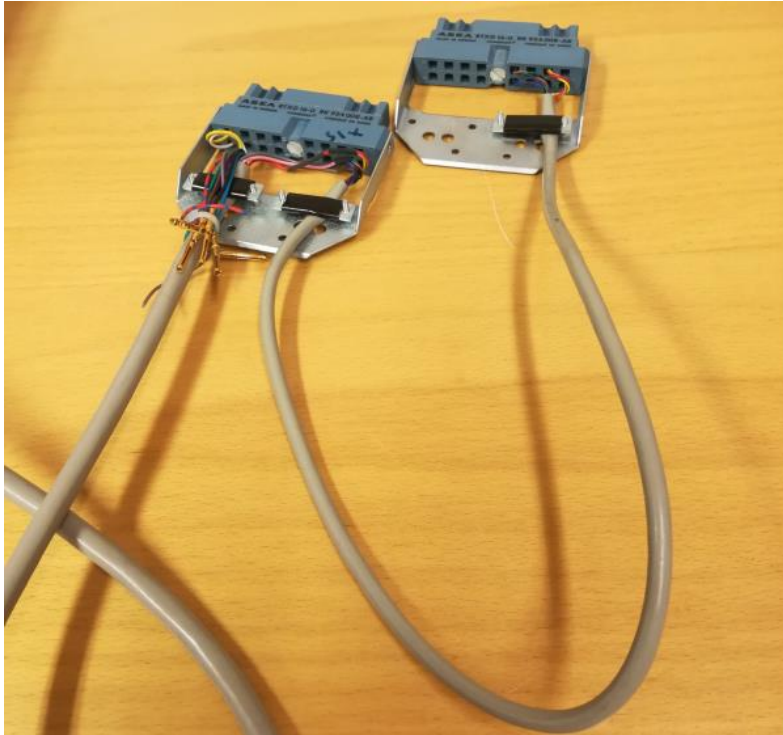
D2 S1	APRM>95%	APRM>108%	445P303 KÄY
D2 S2			

Taulukko 4. Osaluettelo 313-8.1. (Ahonen, 2020.)

Komponentti	Valmistaja	Malli	Tyyppi	Määrä
Kytkin	-	MTS-102	ON-ON 6A/125VAC 3A/250VAC SPDT	6
Moninapa- /Pistoliitin	ASEA	16-0 RK 924 008- AB	RTXG	2



Valokuva 6. Koestuslaite 313-8.1 sisäpuolelta. (Ahonen, 2019.)



Valokuva 7. Koestuslaite 313-8.1:n liittimet. (Ahonen, 2019.)

## 6 PAKKOALASOHJAUSAUTOMATIIKAN KOESTUKSEN JÄRJESTELMISTÄ

Kappale sisältää katsauksen koestuslaitteistoilla 313-8 ja 313-8.1 koestettavan järjestelmän toimintaan.

### 6.1 Yleinen alaosohjauksen periaate

Alaosohjauksen päätoiminto on prosessin poikkeavissa käyttötilanteissa tai vikatapauksissa ohjata pääkiertovirtaus alas, välttämällä reaktorin pikasulku. Pääkiertovirtaus on esitelty kohdassa 6.2.1 Pääkiertojärjestelmä. Reaktorin pikasulku tarkoittaisi prosessin nopeaa pysäyttämistä. Reaktorin säätösauvat työnnetään reaktoriin hilliten fissioketjureaktiota ja täten laskien reaktorin tehoa. Käyttämällä erilaisia ehtoryhmiä (A - F) alaosohjauksen kesto ja nopeus voidaan asettaa tilanteen mukaiseksi. (Paasikivi, O Reaktorin suojajärjestelmä 2014.)

### 6.2 Reaktorin tehonsäätöjärjestelmä-535 yleiskuvaus

Järjestelmän-535 päätehtävä on pitää reaktorin kokonaisteho asetellussa arvossa säätösauvojen liikkeillä tai pääkiertovirtausta muuttamalla. Järjestelmän pääsäättäjä antaa arvon kohdesäättäjille, jotka ohjaavat pääkiertopumppujen kierrosnopeutta. Pääsäättäjä käsittää neutronivuosisäätäjän ja tehosisäätäjän. Neutronivuo tarkoittaa neutronia pinta-alaa ja aikayksikköä kohden [ $1/\text{cm}^2\text{s}$ ]. Järjestelmän lohkoavaio on liitteessä 2.

Tehonsäätöjärjestelmä mittaa generaattorin jälkeistä sähkötehoa (bruttoteho) ja vertaa sitä tehon asetusarvoon. Vika järjestelmässä voi aiheuttaa yhden tai useamman pääkiertopumpun kierrosnopeuden virheellisen ylös tai alas ohjauksen.

(Paasikivi, O, Reaktorin tehonsäätöjärjestelmä 2014.)

### 6.2.1 Pääkiertojärjestelmän-313 yleiskuvaus

Laitoksien Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 normaalikäytössä reaktoritehoa säädetään ensikädessä pääkiertovirtauksen avulla. Järjestelmä koostuu kuudesta pääkiertopumpusta, jotka ovat pystymallisia aksiaalisia märkämoottorikeskipakopumppuja. Pumput sijaitsevat reaktorin paineastian pohjassa ja niiden juoksupyörät ovat reaktorin paineastian sisäpuolella. Reaktorin paineastian sisäistä vedenkiertoa kutsutaan pääkiertovirtaukseksi. Pääkiertovirtaus 100 % saavutetaan, kun kaikki pumput ovat käytössä. Sama taso voidaan saavuttaa, myös yhden pumpun vikaantuessa.

Jokainen moottori saa syöttönsä omasta taajuusmuuttajasta (649). Pumppujen kierrosnopeutta säädetään muuttamalla syötön taajuutta ja jännitettä reaktorin tehonsäätöjärjestelmän (535) antaman ohjauksen mukaan. Taajuusmuuttajan ohjaustapa perustuu skalaariohjaukseen, jolloin nopeuden takaisinkytkentää pumppumoottorilta taajuusmuuttajalle ei normaalisti tarvita. Skalaariohjauksessa pätovirta ja jännitteen tulo on suoraan verrannollinen vääntömomenttiin. (Luttunen, E. & Lehtinen, L. 2019; Vähämäki, T & Lehti, L, sivu 12, 2019.)

## 7 PAKKOALASOHJAUKSEN SIMULOITAVAT LAUKAISUEHDOT

Kappaleessa on esitelty kuvaukset laukaisuehtojen järjestelmistä ja niiden taustalla vaikuttavista signaaleista. Esitetyt ehdot käynnistävät pakkoalasoehjauksen tai tehon säätöjärjestelmän käyttömuodon vaihtokytkennän.

Laukaisuehtojen ryhmät esitellään koestuslaitteistojen 313-8 ja 313-8.1 käyttöjen osalta. Useiden ryhmien signaalien yhtäaikaisen laukeamisen prioriteettijärjestys on A, C, D, E. Ehtoryhmät A-D aiheuttavat vaihtokytkennän kierroslukusäätöön samanaikaisesti alasoehjauksen kanssa.

Ryhmä B:n ohjausehdot ohjaavat pumppujen kierrosluvun alas. Tämä tapahtuu taajuusmuuttajien kohdesäätäjien maksiminopeudella. Ehto ei ole käytössä.

### 7.1 Alasoehjausehdot, Ryhmä A

Taajuusmuuttajien kohdesäätäjien mahdollisella maksiminopeudella säädetään pumppujen nopeus minimikierrosluvulle. "SS- ja V-ketjujen laukeaminen aiheuttaa taajuusmuuttajan kohdesäätäjän automaattisen sijaiskytkennän."(Paasikivi, O. Reaktorin suo-  
jajärjestelmä 2014.)

A1 Reaktorin pikasulku, SS-ketju lauenut:

SS-ketjun lauetessa saadaan alasoehjausehje, jonka seurauksena muun muassa säätösauvat ajetaan reaktorin sydämeen (SS14 V-ketju lauenut). Pikasulkuehdot SS1-SS15 sisältävät tapauskohtaisia toimenpiteitä ja ne laukaisevat SS-ketjun. Esimerkiksi ehto SS6 (korkea reaktorin paine) aiheuttaa 314-ulospuhallus ja paineensäädön käynnistymisen.

A2 Ruuvipysäytys, V-ketju lauenut:

V-Ketjun laukeaminen antaa myös alasoehjausehjeen. V-ketju laukeaa ehdoilla V1-V5. Ruuvipysäytys varmentaa, että säätösauvat jäävät yläasentoon ja varmistaa toimilaitteiden pysymisen reaktorissa pikasulun jälkeen.

### A3 Kuorman pudotus:

Generaattorinkatkaisijan tai 400kV:n katkaisijan avautuessa reaktorin tehon ollessa yli 25 % laukeaa osittainen pikasulku.

### A4 Käsialasajo:

Suoritetaan valvomon pulpetista (PA3).

### A5 Turbiiniehto A:

Signaali saadaan turbiinin suojajärjestelmästä. Ehto käsittää seuraavia tilanteita:

- Syöttöveden matala imupaine
- Turbiinin pikasulku (TS)
- Korkeapaine-esilämmittimen korkea pinta
- Korkeapainesäätöventtiili vikaantuu kun paineen/turbiinin säätöjärjestelmän laskennallinen reaktoriteho on yli 90 % tai OSS8 ehto (katso alla).

### A6 Järjestelmän 354 pikasulkuventtiili ja eristysventtiili sisään:

Järjestelmä sisältää pikasulkuryhmät OSS1-OSS8. Jokainen pikasulkuryhmä sisältää kaksi peräkkäistä venttiiliä. Venttiilien asentoa valvotaan rajakatkaisijoiden avulla. Ehto laukeaa, jos molemmat peräkkäisistä venttiileistä ovat avoimissa ryhmässä.

### A7 Neutronivuo/PKV ehto E3:

Korkea neutronivuo suhteessa jäähdytteen virtaukseen sydämen läpi laukaisee signaalin. Alasohjauksen tarkoituksena on estää pikasulkurajan saavuttaminen ja palauttaa reaktori sallitulle käyttöalueelle (Suodatettu raja). Suodattamalla otetaan huomioon, että polttoaineen lämpötila ei kasva samalla nopeudella kuin neutronivuo.

### A8 Neutronivuo/PKV ehto E4:

E3 ehdosta poiketen ehto E4 ei suodata sisäänmenosignaaleja.

### A9 Matala pinta L1 reaktoritankissa:

Matala pinta voidaan saada esim. varasyöttöpumpun käynnistymisen estyessä. Pinnasta L1 (katso 9.2) lasketaan reaktorintehoa ohjaamalla päävesikiertopumput minimikierroksille.

## 7.2 Ryhmä C

Ohjaa pumput alas määrätyle kierrosluvulle. Alasajo suoritetaan loppuun signaalin katoamisesta huolimatta.

C1 311V1-V4:

311V1-V4 yhdeltä tai useammalta eristysventtiililtä kiinnitieto ja neutronivuo yli 108 %.

## 7.3 Ryhmä D

Ohjaa pumput alas määrätyle kierrosluvulle. Alasohjaus keskeytetään signaalin häviössä ja pumppujen kierrosluku pysyy paikallaan. Alasohjaus käynnistyy uudelleen signaalin palatessa.

D1 Turbiinin rajoitus:

Signaali korkeasta lauhduttimen paineesta, signaaliviasta mittauksissa tai TNS-ehto (Turbine runback) laukeaa järjestelmässä 465. Ehto ohjaa pumppujen tehon 30 prosenttiin alkuperäisestä.

D2 vain OL1:

Signaali saadaan neutronivuon ollessa vähemmän, kuin 90 % ja alle neljä syve-pumpua on käytössä. Kolmen pumpun ajoon hyväksyttävä kuormitus on saavutettava maksimissaan 20 s kestäväällä alasohjauksella. OL2 voimalaitoksella asetusta D2 ei ole käytössä, sillä kolmen syöttövesipumpun kapasiteetti riittää täyteen tehoon.



#### 7.4 Ryhmä E

Vaihtokytkeä toteutuu kierroslukusäätöön vähentämättä kierroslukua. Vaihtokytken jälkeen ehdot A-D voivat toteuttaa alaosajauksen.

##### E1 Muuttajarajoitus:

Ehto laukeaa, jos reaktorin tehosäätöjärjestelmän (535) asetusarvo ylittää asetusarvon rajoituksen taajuusmuuttaja järjestelmässä (649). Ehto toteuttaa kytkennän kierroslukusäätöön vaikuttamatta kierroslukuun.

##### E2 Rajoitus taajuusmuuttaja järjestelmä:

Ehto laukeaa, jos reaktorin tehonsäätöjärjestelmän (535) asetusarvo ylittää asetusarvon rajoituksen taajuusmuuttaja järjestelmässä (649). Kytkeä tapahtuu kierrosluvunsäätöön ilman vaikutusta kierroslukuun.

## 8 ULOSPUHALLUSJÄRJESTELMÄN OHJAUSPIIRIEN KOEISTUSLAITE 314-10

### 8.1 Käyttötarkoitus

Laitteella koestettaessa kohteena ovat 314-järjestelmän pääventtiilien sähköisten ohjausventtiilien ohjauspiirien ja ohjauslogiikan toiminnan virheettömyyden todentaminen, sekä Start 314-signaalin toiminta. Koestus suoritetaan kahden vuoden välein ja sen aikana koestuslaite 314-10 kiinnitetään Ulospuhallusjärjestelmän automaatiokaapeihin moninapaliittimillä (hanskoilla). Ohjauspiirejä simuloidaan voimalaitoksen automaatioalue kerrallaan ja samanaikaisesti suoritetaan erinäisiä käyttötoimenpiteitä. Toimintojen oikeellisuus varmistetaan keston, tilan ja ajoituksen suhteen piirturilla tai digitaalisella volttimittarilla. Koestus voidaan suorittaa ainoastaan kylmäseisokissa eli reaktori on tehty paineettomaksi ja sen lämpötilan tulee olla laskettu. (Eklund, R. Ulospuhallusjärjestelmän ohjauspiirien koestus, 2011.)

Koestuksen suorittamiseksi on laadittu kenttäohje E6/314-10. Kenttäohje osoittaa liitettävät moninapaliittimet, DVM:n tai piirturin liitäntäpisteet ja koestuksen suoritusohjeet. Koestuslaitteiston piirikaavion pistoliittimet X1-X8 vastaavat kenttäohjeen testihanskoja A1-A8. Simulointilaitteiston kytkimien X merkinnät vastaavat kyseisen mittapisteen tai ehtoryhmän sisältämiä variaatioita.

### 8.2 Simulointilaitteiston 314-10 toiminnot ja statistiikka

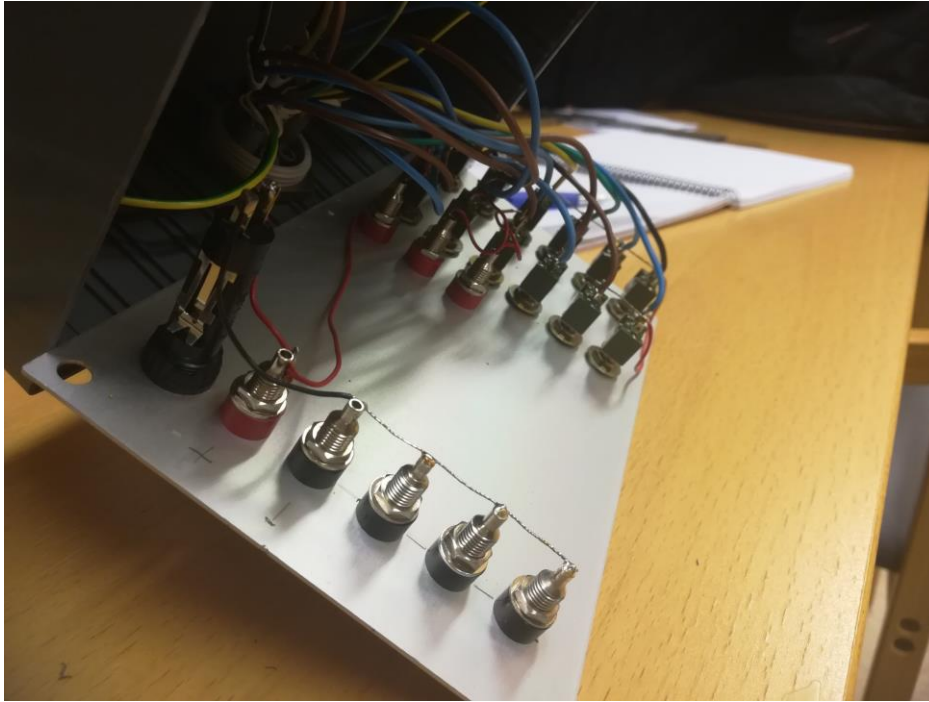
Koestuslaitteistoon voidaan liittää piirturin kanavia. Kenttäohje sisältää simulointiyksikön ja piirturin välisiä kytkentöjä 531 K95X XX & 211 K 10X H1 (50V) mittapisteen raja-arvoille, sekä TBX-signaalille (24 V). Erinäisissä tilanteissa +24V kytetään koestettavan kaapin moninapaliittimestä simulointiyksikköön. Valokuvassa 11 esitellään moninapaliittimet.



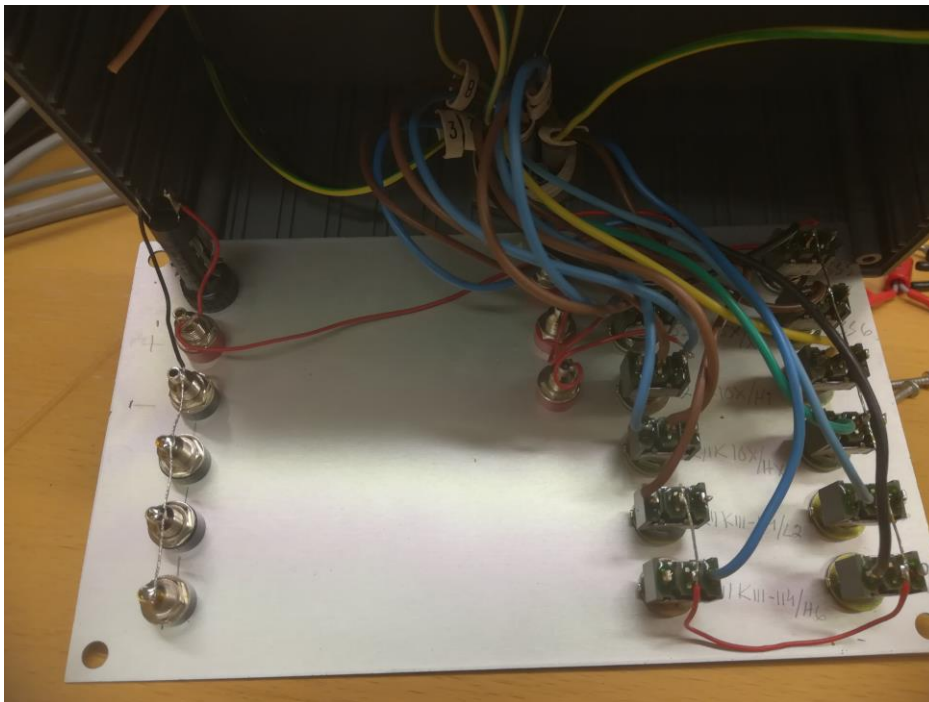
Valokuva 8. Koestuslaite 314-10. (Ahonen, 2019.)

Taulukko 5, 314-10 simulointiyksikön kytkintaulu. (Ahonen 2020.)

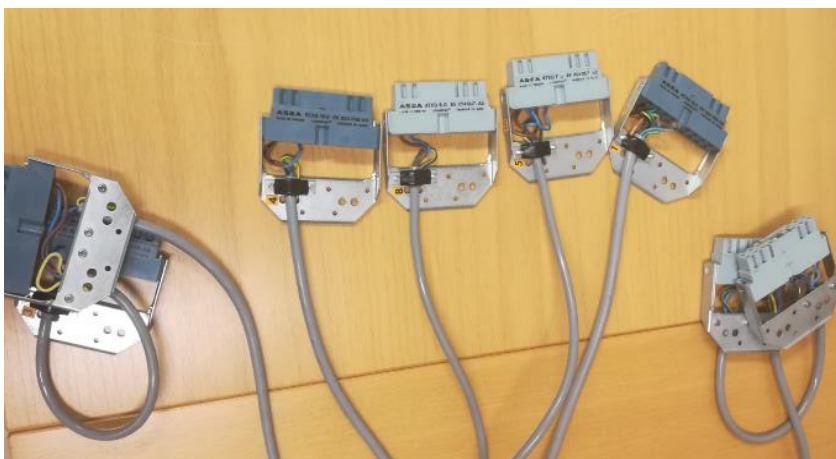
SS5	TBX	
SS6	531 K95X XX	Syöttö +24
I	211 K10X H1	-
A	211 K10X HX	-
SS	211 K111-114 L2	-
TSxD	211 K111-114 H6	-



Valokuva 9. Koestuslaite 314-10. (Ahonen, 2019.)



Valokuva 10. Koestuslaite 314-10. (Ahonen, 2019.)



Valokuva 11. Koestuslaite 314-10 Liittimet. (Ahonen, 2019.)

Taulukko 6, Osaluettelo 314-10 (Ahonen, 2020.)

Komponentti	Valmistaja	Malli	Tyyppi	Määrä
Kytkin	NKK Switches	M2013S2S1W01	ON-OFF-ON 6A/125VAC SPDT	12
LED-Lamppu	RAFI	1.65104.0411002	24V RED	1
Moninapa- /Pistoliitin	ASEA	16-0 RK 924 008- AB	RTXG	4
Moninapa- /Pistoliitin	ASEA	8-0 RK 924 007- AB	RTXG	4

Pole	Model	Toggle Position ( ) = Momentary			Connected Terminals			Throw & Schematics
		Down Keyway	Center	Up	Down Keyway	Center	Up	
SP	M2012 M2013 M2015 M2018	ON ON ON (ON)	NONE OFF NONE OFF	ON ON (ON) (ON)	2-3	OPEN	2-1	SPDT 

Kuva 4. Simulointilaitteiston 314-10 kytintyyppi, NKK M2013 (2019)

## 9 ULOSPUHALLUSJÄRJESTELMÄN OHJAUSPIIRIEN KOESTUKSEN JÄRJESTELMÄSTÄ

### 9.1 Ulospuhallusjärjestelmän ohjausehdot ja automatiikka

Järjestelmän käynnistyy reaktorin käyttöhäiriöistä. Tarkoituksena on puhaltaa höyry reaktorin paineastiasta, kun höyryn pääsy turbiinilaitokseen on estynyt. Tämä tapahtuu painetta laskiessa tai sen ollessa vakioidussa arvossa. Järjestelmä (314) ohjaa rakenteisiin varastoitunutta energiaa ja reaktorin jälkitechoa lauhdutusaltaaseen (pakkopuhallus). (Nenonen, S. Turbiinilaitoksen suojausjärjestelmä, 2016.)

Ulospuhallusjärjestelmän käynnistys- ja sulkupiirikaavio (Liite 1) havainnollistaa koestuslaitteiston kytkimillä suoritettavien komentojen, sekä ehtojen toimintaa.

### 9.2 Simuloitavat mittapisteet

#### 211 K111-K114:

Mittapisteet ovat reaktorin karkeapaineen mittapisteitä. Mittapisteet ilmaisevat yli 12 baaria suuremman reaktorin paineen ja aiheuttavat avautumiskiellon pakko-ohjausjärjestelmälle (321). Reaktorin paineen mittauksen katsotaan olevan käyttökunnossa, kun paineenmittaus 211K113 tai K114 on toiminnassa. Mittapisteet ovat osa reaktorin-paine järjestelmää 211.

#### Rajat H1-H4 ja L2:

Rajat lähettävät signaalin järjestelmään 314 (ulospuhallus). H1-H4 alle hystereesi 0.02 MPa. Hystereesi tarkoittaa ominaisuutta, joka hidastaa muutoksiin reagoimista tai estää systeemiä palaamasta alkuperäiseen tilaansa. Mittapisteiden merkinnät X on selvennetty kohdassa 8.1

#### 531K95X XX:

Mittapisteet 531 K951-954 mittaavat neutronivuon APRM oloarvoja mittausalueella 0 - 130 %. Mittapisteet ovat osa neutronivuon mittausjärjestelmää 531.

211K111-114 H6:

Reaktorin korkeapaine H6 avaa varoventtiilit V2 ja V3. Venttiilit sulkeutuvat normaalisti paineessa 6-9 bar.

(Eklöf, H. Ulospuhallusjärjestelmä, 2016.)

Taulukko 8, Paineen mittapisteluettelo (Ahonen, 2020.)

Kohde	Mittapiste	Raja	Arvo	Kuvaus
Hienopaine	211K101-104	H4,HT4	7.4 MPa	SS6  Normaali paine
		H3	7.3 MPa	
		H2	7.2 MPa	
		H1	7.1 MPa	
		L0	7.0 MPa	
		L1	6.9 MPa	
Karkea-paine	211K111-114	L2	6.6 MPa	Hystereesi 0.9 MPa
		L3	1.2 MPa	
		H6	8.5 MPa	
		L24	5.6 MPa	

### 9.2.1 Ohjauspiirien sijainnit ja venttiilityypit

Pakkopuhallus signaali avaa järjestyksessä yhteensä kahdeksan venttiiliä. Kuusi puhallusventtiiliä (V6, V10, V9, V12, V7 ja V13), sekä kaksi varoventtiiliä (V4 ja V5). Avautumisjärjestys on määritetty siten, että reaktorinpaineastian ja suojarakennuksen vapaan puhalluksen aiheuttamat rasitukset minimoidaan.

Venttiilit ovat servo-, pallo-, puhallus-, varo- tai istukkaventtiilejä.

Taulukko 9, Koestettavat venttiilit ja niiden sijainnit

Venttiili	Tyyppi	Pääventtiili	Tyyppi	Sub	Kaappi
314 V186	Servo	V11	Puhallus-	A	RF8
314 V188	Servo	V13	Puhallus-	A	RF8
314 V195	Servo	V5	Varo-	A	RF8
314 V53	Pallo	V19	Pika-/istukka-	B	RT8
314 V179	Servo	V2	Varoventtiili	B	RT8
314 V181	Servo	V6	Puhallus-	B	RT8
314 V185	Servo	V10	Pallo-	B	RT8
314 V182	Servo	V7	Puhallus-	C	RG8
314 V183	Servo	V8	Puhallus-	C	RG8
314 V194	Servo	V4	Varo-	C	RG8
314 V54	Pallo	V20	Pika-/istukka-	D	RU8
314 V180	Servo	V3	Varoventtiili	D	RU8
314 V184	Servo	V9	Puhallus-	D	RU8
314 V187	Servo	V12	Puhallus-	D	RU8



### 9.3 Avaussignaalit

Puhallusventtiilien avaussignaalit toteutuvat seuraavilla ehdoilla:

Taulukko 7, Avaussignaalit (Ahonen, 2020.)

Lyhenne	Ehto	Kuvaus
SS5	SS-ketjun lohko 5	Reaktoripaineastian pinnankorkeus (H2)
SS6	SS-ketjun lohko 6	Korkea reaktoripaineastian paine 74 bar (H4)
I	I-eristysketju lauennut	I1 Käsiajo I2 Matala pinta (L4) reaktorin paineastiassa.
A	A-eristysketju lauennut	A1: Käsiajo  A22: Reaktorin paineastian suojaus tilanteessa, jossa paine on alle sallitun 211K111L24 mittapisteen ja samanaikaisesti teho on isompi kuin APRM L1(8-10 %).  A23: Suojaa tilanteelta, missä esilämmittimen paine ylittää 0.95 MPa
TSxD	Turbiinin pikasulku ja dumpauskielto	Turbiinipikasulun yhteydessä tuleva dumpauskielto lähettää sähköisen signaalin, joka avaa puhallusventtiileitä puhallusjärjestelmään.
TB	Lauennut pakkopuhallus	Lähtösignaalin aiheuttaa matala pinta (L4) reaktorissa ja lauennut suojarakennuksen valvontajärjestelmän (546) huonekattilavahti. Vaihtoehtoisesti L4 ajoteho yli APRM L1 tai pinnan taso alle tason L4.

## 10 JATKUVUUSMITTAUS 313-8, 313-8.1 & 314-10

Tässä luvussa kerrotaan koestuslaitteistojen jatkuvuusmittauksen suorittamisesta Fluke 1587 FC eristysvastus- ja yleismittarilla. Kentälaitteita ei käytetä FAT-testauksissa, minkä takia laitteistoja on simuloitava. Mittauksilla selvitetään laitteisto virhekytkennän varalta, joka voisi päästää jännitteen sille kuulumattomaan osaan laitteiston kytkennässä. Laitteiston testin aikainen erottelukyky on esitetty alla oleva taulukossa 11 (Erottelukyky yleisesti ja testin aikana).

### 10.1 Fluke 1587 FC eristysvastus- ja yleismittari

Mittarissa on digitaalinen eristysvastusmittari ja digitaalinen true-RMS-yleismittari. True-RMS-yleismittarilla (root mean square) voidaan mitata yhtä tarkasti puhtaita siniaaltoja, että monimutkaisempia aaltoja. Mittarin ominaisuuksia koskien eristysvastus- ja resistanssin esitetään taulukoissa 10 ja 11. (Fluke Oy:n www-sivut, Mittauslaiteluettelo 2017–2018.)

Taulukko 10, Fluke 1587 FC:n Eristysmittaus (Fluke Oy:n www-sivut 2020.)

Eristysmittaus	
Mittausalue	0,01 M $\Omega$ - 2 G $\Omega$
Testijännitteet	+20 %, -0 %
Oikosulkuvirta	nimellisvirta 1 mA
Jännitteisen piirin havaitseminen	Estää testin yli 30 voltissa.

Taulukko 11, Fluke 1587 FC:n Erottelukyky yleisesti ja testin aikana. (Fluke Oy:n www-sivut 2020.)

	Erottelukyky	Tarkkuus+ (% lukemasta + numerot)
Resistanssi	0,1 $\Omega$ - 50 M $\Omega$	$\pm$ (0,9-1,5 % + 2-3)
Jatkuvuusmittauksen erottelu kyky	0,1 $\Omega$	$\pm$ (0,9 % + 2)

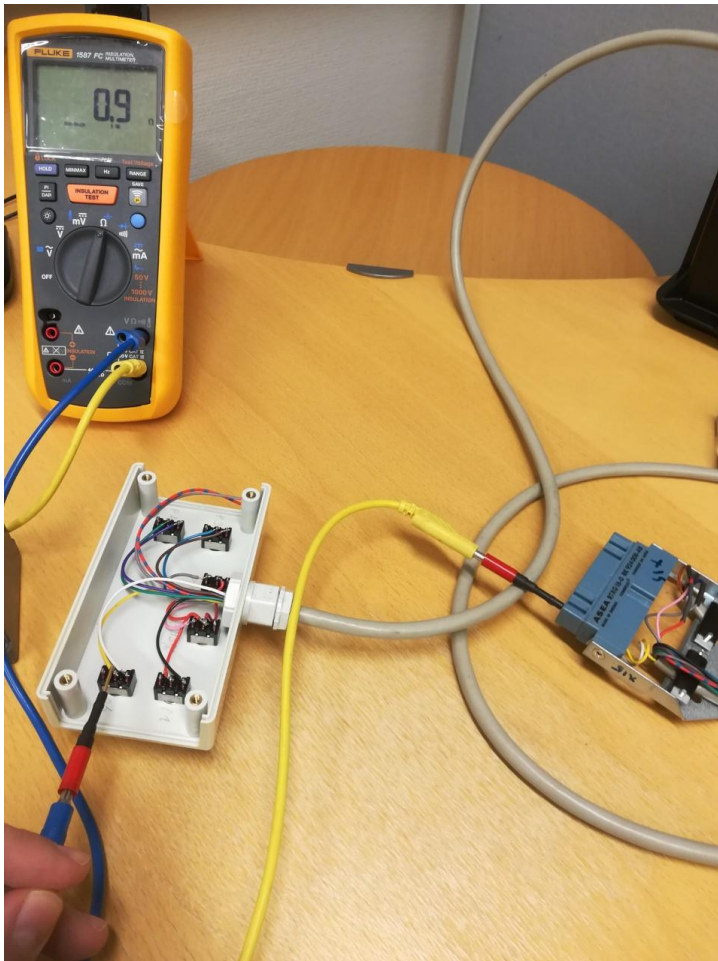
## 10.2 Koestuslaitteiston jatkuvuusmittaus

Ennen mittauksen aloittamista tulee varmistaa piirin jännitteettömyys. Tämän jälkeen tulee suorittaa silmämääräinen tarkistus puutteiden havaitsemiseksi. Näitä voivat olla esim. puristusvauriot sisäisissä johdotuksissa, rikkinäiset liittimet tai komponentit.

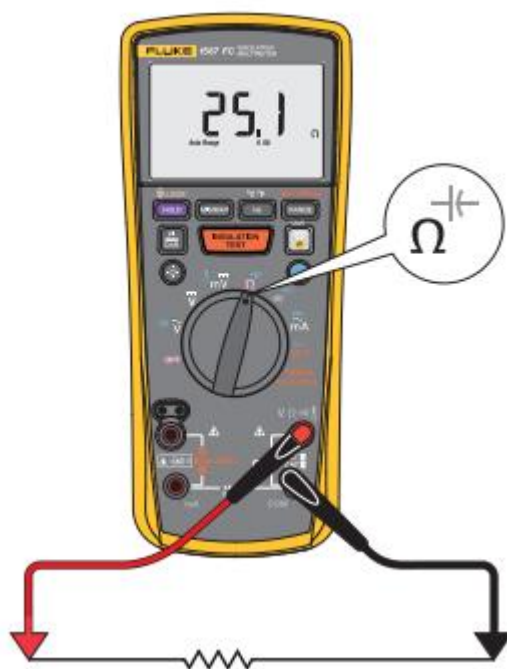
Mekaaniset asennonosoittimet ja lamput tarkistetaan silmämääräisesti. Kytkimet tarkistetaan vastusmittauksella koskettimien yli. Jokaiselle käytetylle koskettimelle tehdään tarkistus kytkimen jokaisessa asennossa. Sisäiset kytkennät tarkastetaan kytkentälistoja vasten soittamalla ja/tai silmämääräisesti. (Ohje, Koestus, KVD 76 157 Laitoskoestusohje).



Valokuva 12. Fluke 1587 FC mittausjohdot ovat kytkettyinä ja laitteisto on vastuksenmittaus valmiudessa. (Ahonen, 2020.)



Valokuva 13. Vastusmittaus kytkennälle. (Ahonen, 2020.)



Kuva 5. Vastusmittaus kytkennälle. (Fluke Oy:n käyttöohje 1587 FC:lle, 2020.)

### 10.3 Epävarmuustekijät

Epäselvien merkintöjen tai väärin tulkittujen kytkentöjen ehkäisemiseksi johdotuksen piirikaaviot tarkistetaan “viheriömällä”. Viheriöinnissä väripuukynällä merkitään tarkistetut kytkennät ja johdotukset erilliselle koestuskopiolle. Koestuskopio on esimerkiksi tuloste kytkentälistasta tai piirikaaviosta. Tarkastaessa tulee huomioida, että tarkastettu johdotus merkitään kohtisuoralla viivalla ennen liittintä ja vasta liittimen yli koestettaessa voidaan liitinosa viheriöidä. Virtapiirin tarkistuksessa menetellään ohjeen 107692 KVD 76-157 mukaisesti. (Taipale, S. 2008. Ohje, Koestus, Laitoskoestusohje KVD 76-157)

### 10.4 Johtopäätökset

Koestus suoritettiin vastusmittaamalla. Koestuksen aikana ei havaittu irronneita liittimiä ja piirien toimita oli yhtäläinen piirikaavion kanssa. Yhtäläisyyttä testattiin asettamalla kytkimiä eri asentoihin ja tarkistamalla piirin jatkuvuus tämän jälkeen. Vas-  
tuksen lukemat olivat lähes poikkeuksetta alle  $1\Omega$  (valokuva 13).

## 11 YHTEENVETO

Koestuslaitteistoille luotiin sovitusti piirikaaviot, kytkentälistat, layout-kuvat, ja tietolehdet. Tietolehtiöiden rakenne muodostui pääasiassa yleisestä osiosta, kytkennän ohjeistuksesta ja simuloitavan arvon, mittapisteen tai laukaisuehdon toimintojen selkeyttämisestä. Tietolehtiöt rakennettiin opinnäytetyötä varten kerättyjen tietojen pohjalta ja ne toteutettiin TVO:n omaan asiakirjapohjaan. Laitteistojen kytkimien viereen oli tarkoitus merkittä todellisuutta vastaavat tunnistetiedot, jotka ovat rinnastettavissa luotuihin piirikaavioihin, mutta laitteistojen luokse pääsy estyi vallitsevan Covid-19 epidemian vuoksi. Piirikaavioihin selkeytettiin 313-8 koestuslaitteistolla annettavien kytkinkombinaatioiden merkinnät. Dokumentaation kytkentälistoihin lisättiin kytkemättömät johdotukset, jotka kulkevat laitteistoilta moninapaliittimille.

Luotuja piirikaavioita ja kytkentälistoja pystytään käyttää pohjana uuden laitteen rakentamiseksi. Tietolehtiöt tukevat suoritettavan koestuksen ohjeistusta ja selkeyttävät koestuslaitteiston komentoja ja niiden vaikutusta järjestelmissä. Piirikaaviot ja koestuslaitteistojen layout toteutettiin AutoCAD 2019-ohjelmalla.

Laitteistot eivät ole kovinkaan käyttäjäystävällisiä muotoilultaan tai useilta johdotuksiltaan. Laitteistojen kytkimien ja moninapaliittimien merkinnät ovat osittain epäselviä ja osin poikkeavat dokumentaatiosta. Useiden lähekkäisten kytkinten rivistöt voivat aiheuttaa koestustilanteessa käyttäjävirheitä, jotka ilmenevät virhekomentojen muodossa. Muutosprosessin läpikäyminen laitteistolle olisi haasteellista, sekä aikaa vievää, mikäli koestustoimintoja haluttaisiin lisätä.

Mikäli tulevaisuudessa on tarpeellista rakentaa samankaltaisia koestuslaitteita, tulee laitteistojen standardisointiin sekä laitoshyväksyntään kiinnittää erityistä huomiota. Eksakti osaluettelo on yksi näistä vaatimuksista, sillä sen avulla kyetään vikatapauksissa tilaamaan vioittuneiden komponenttien tai johtojen tilalle vastaavat. Täten komponentit olisivat jo käyneet läpi laitoshyväksyntäprosessin. Koestusohjeistuksen kytkinkombinaatioiden nimet tulisi päivittää tarkennettuihin versioihin ja lisätä ne myös laitteistolle.

## LÄHTEET

Combimatic/Combitrol basic training for maintenance- and engineers

Combimatic / Combitrol maintenance training kokoelma, Combiflex

Eklund, R. 2011. 314-10 Ulospuhallusjärjestelmän ohjauspiirien koestus.

Eklöf, H. 2016. 314 - OL1/OL2 – Ulospuhallusjärjestelmä.

Fluke Oy:n www-sivut. 2020.

Käkelä, J. 2018 V10 E6/313-8 Pakkoalasohtausautomaatiikan koe (TTKE, Kenttä-ohje)

Lamminen, A. 2016. 211 - OL1/OL2 – Reaktoripaineastia

Lindberg, J. 2019. License renewal 2018 BISON Plant specific input data report

Lehti, L & Luttunen E. 2018. 354 - OL1/OL2 – Pikasulkujärjestelmä.

Luttunen, E. & Lehtinen, L. 2019. 313 - OL1/OL2 – Pääkiertojärjestelmä.

Mouser Electronics www-sivut, Viitattu 2019  
<https://eu.mouser.com/ProductDetail/NKK-Switches/>

Nenonen, S. 2016. 465 - OL1/OL2 – Turpiinilaitoksen suojausjärjestelmä.

Paasikivi, O. 2014. 516 - OL1/OL2 – Reaktorin suojausjärjestelmä.

Paasikivi, O. 2014. 535 - OL1/OL2 – Reaktorin tehonsäätöjärjestelmä

Taipale, S. 2008. Ohje, Koestus, Laitoskoestusohje KVD 76-157

Teollisuuden Voima Oyj, Olkinet dokumentti - Inhimillisten tekijöiden huomiointi laitosmuutoksissa. 2019.

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut, 2019.

Tuomaala, I. 2019. Reaktorin pikasulku (SS)

Vähämäki, T & Lehti, L. 2019. 649 - OL1/OL2 - Taajuusmuuttajat.

Westinghouse Electric Sweden AB - OL1 & OL2 License renewal 2018 BISON Plant Specific Input Data Report

## LIITE LUETTELO

- LIITE 1 Ulospuhallusjärjestelmän sulku- ja piirikaavio
- LIITE 2 Reaktorin tehonsäätöjärjestelmän lohkokaaavio
  
- LIITE 3 313-8 layout
- LIITE 4 313-8 piirikaavio
- LIITE 5 313-8 KytKentäkaavio
  
- LIITE 6 313-8.1 layout
- LIITE 7 313-8.1 piirikaavio
- LIITE 8 313-8.1 KytKentäkaavio
  
- LIITE 9 314-10 layout
- LIITE 10 314-10 piirikaavio
- LIITE 11 314-10 KytKentäkaavio
  
- LIITE 12 Tietolehtiö 313-8 & 313-81
- LIITE 13 Tietolehtiö 314-10