

Elina Arbelius

TESTAUSLAITE 476-04 KEHITYSTYÖ

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

2017

## TESTAUSLAITE 476-04 KEHITYSTYÖ

Arbelius, Elina  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Toimeksiantaja: Teollisuuden Voima Oyj  
Valvoja: Valtonen, Ari  
Huhtikuu 2017  
Ohjaaja: Asmala, Hannu  
Sivumäärä: 39  
Liitteitä: 1

Asiasanat: automaatiojärjestelmät, testauslaitteet, testaus, ydinenergia

---

Opinnäytetyö tehtiin Teollisuuden Voima Oyj:lle. Työn tarkoituksena oli kehittää Combimatic-järjestelmän QESM-yksiköiden testauslaitteen käyttöä eri testaustilanteissa ja parantaa testauslaitteen käytettävyyttä. Aluksi opinnäytetyössä perehdyttiin Combimatic-järjestelmään, jonka jälkeen aloitettiin etsimään ratkaisuja, miten testauslaite saadaan tehokkaampaan käyttöön ja mitä muutoksia on tarpeellista tehdä tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Näiden lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin myös testausohjeiden kehittämistarvetta. Työn tuloksena esitettiin ratkaisuja testaustilanteisiin ilmeviin ongelmiin, kehitettiin tietolehti testauslaitteelle, ehdotettiin muutosehdotuksia sekä testausohjeille että testauslaitteelle, jotta testaaminen olisi käyttäjälle helpompaa.

## THE DEVELOPMENT OF TESTING EQUIPMENT 476-04

Arbelius, Elina

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

Commissioned by Teollisuuden Voima Oyj

Supervisor: Valtonen, Ari

April 2017

Supervisor: Asmala, Hannu

Number of pages: 39

Appendices: 1

Keywords: automation systems, testing, testing equipment, nuclear power plant

---

The thesis was made for Teollisuuden Voima Oyj (TVO). The purpose of this thesis was to develop the use of the testing equipment for the QESM-units of the Combimatic system in different testing situations and improve the usability of the testing equipment. In the first phase of the thesis was to get acquainted with the Combimatic system before searching solutions to make the use of the testing equipment more efficient and what changes are needed to achieve this goal. In addition, the thesis also examined the need of developing the testing guidelines. The results of the thesis were the solutions to the problems encountered in testing situations, a data sheet was created for the testing equipment, suggestions were made for the testing instructions and the testing equipment to make testing easier for the user.

# SISÄLLYS

LYHENTEET .....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Testauslaitteen tietolehti .....	7
1.2 Eri käyttötilanteet ja käyttötilanteiden kytkentämahdollisuudet.....	7
1.3 QESM-yksiköiden testausohjeiden kehitys .....	8
1.4 Selvityksen aikana ilmenevät kehityskohteet .....	8
2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ .....	8
3 COMBIMATIC AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	9
3.1 Yleistä .....	9
3.2 Combi-family .....	11
3.2.1 Combitrol .....	11
3.2.2 Combilogic .....	12
3.2.3 Combiflex .....	12
3.3 QESM-yksikön moduulit .....	13
3.4 Elektroniikkakaappi .....	15
3.4.1 Yleinen rakenne.....	15
3.4.2 Liitäntä .....	16
3.4.3 Jännitteen syöttö .....	17
4 TESTAUSLAITE 476-04.....	18
5 TESTAUSLAITTEEN TIETOLEHTI .....	21
6 TESTAUSLAITTEEN MODIFIOINTI .....	21
6.1 Testauslaitteen etupaneelin modifiointi .....	22
6.2 Testauslaitteen jatkokehittäminen.....	25
7 TESTAUSLAITTEEN LIITTÄMINEN ELEKTRONIIKKAKAAPPIIN .....	25
8 QESM-YKSIKÖIDEN TESTAAMINEN .....	28
8.1 QESM-yksiköiden testaaminen kylmäseisokissa .....	30
8.2 QESM-yksiköiden testaaminen tehoajossa.....	31
8.3 Testaus muissa käyttötiloissa.....	33
8.4 Määräaikaistarkastus .....	33
9 QESM-YKSIKÖIDEN TESTAUSOHJEET.....	34
9.1 Ohjeisiin tehtävät muutokset.....	34
9.1.1 Käännös .....	34
9.1.2 Lisätietoja ohjeisiin .....	35
9.1.3 Uusi pohja .....	35
9.2 Peilaus .....	36
10 YHTEENVETO .....	36

LÄHTEET.....	38
LIIKTEET	

## LYHENTEET

Lyhenne	Selite
Bar	Baari, paineen yksikkö
BWR	Kiehutusvesireaktori (Boiling Water Reactor)
EPR	Eurooppalainen painevesireaktori (European Pressurized Water Reactor)
GWh	Gigawattitunti
ISO 9241-11	Käytettävyysstandardi
MI-yksikkö	Manöver-Indigering yksikkö
MW	Megawatti
OL1	Olkiluodon ydinvoimalaitosyksikkö 1
OL2	Olkiluodon ydinvoimalaitosyksikkö 2
OL3	Olkiluodon ydinvoimalaitosyksikkö 3
RTXA	Combiflex järjestelmän liitintyyppi
RTXG	Combiflex järjestelmän liitintyyppi
SAT-testi	Käyttöönottotesti (Site Acceptance Test)
SFS 2487	Yleinen asiakirjastandardi
SFS-EN 82079-1	Standardi käyttöohjeiden suunnitteluun
TTKE	Turvallisuustekniset käyttöehdot
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
QESM	Combimatic-järjestelmän ohjaus- ja osoitusyksikkö

# 1 JOHDANTO

TVO:lla on meneillään Pilot-projekti, jonka aikana TVO:lle tilattiin SAT-testien testauslaite. Testauslaite pohjautuu ja on identtinen 1960-luvulla toteutettuun testauslaitteeseen ja sillä testataan Combimatic-automaatiojärjestelmän QESM-yksiköitä. Pilot-projektissa toteutetaan uusia elektroniikkakaappeja, jotka eroavat olemassa olevista elektroniikkakaapeista. Tarkoituksena on käyttää testauslaitetta uusien kappien lisäksi myös vanhoissa kaapeissa.

Opinnäytetyön tarkoitus on kehittää testauslaitetta sekä sen käyttöä, jotta testauslaite saadaan mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön SAT-testien lisäksi. Tarkoitus on siis selvittää ja tutkia, onko tarve tehdä muutoksia testauslaitteeseen tai Combimatic-järjestelmän elektroniikkakaappeihin, miten kehitetään testauslaitteen käyttöä ja tarvittaessa tunnistaa muita mahdollisia kehityskohteita. Tarpeen vaatiessa opinnäytetyössä esitetään muutosehdotuksia.

Opinnäytetyössä on tarkoitus toteuttaa ja tutkia seuraavissa kappaleissa esitetyjä kohteita.

## 1.1 Testauslaitteen tietolehti

Kehittää yleiseltä tasolta testauslaitetta kuvaava tietolehti, josta selviää eri lamppujen, valintakytkimien ja painonappien selitykset. Tietolehden liitteenä olisi mukana mm. testauslaitteen omat sähköpiirikaaviot.

## 1.2 Eri käyttötilanteet ja käyttötilanteiden kytkentämahdollisuudet

Testauslaitetta tullaan käyttämään erilaisissa kohteissa, joissa kytkentätavat voivat erota toisistaan. On tarve tutkia, miten testauslaite saadaan kytkettyä, kun kyseessä on seuraavanlaisia tilanteita:

- uusi elektroniikkakaappi
- uusi tyyppiipiiri vanhassa kaapissa

- vanhan tyyppiin muutos
- määräaikaistestaus
- vian selvitys

Opinnäytetyössä pitää myös selvittää miten mainitut käyttötilanteet vaikuttavat testauslaitteen kytkentöihin (esim. moninapaliittimiin) ja miten näitä kytkentöjä voisi kehittää käytön laadun parantumiseksi.

### 1.3 QESM-yksiköiden testausohjeiden kehitys

Tutkitaan onko tarvetta kehittää testausohjeita selkeämmiksi ja vaikuttavatko testauslaitteelle tai elektroniikkakaapeille tehtävät muutokset ohjeiden pätevyteen. Tarkastellaan myös, miten ohjeet toimivat eri testaustilanteissa.

### 1.4 Selvityksen aikana ilmenevät kehityskohteet

Jos selvityksen aikana ilmenee muita kehityskohteita, jotka liittyvät testauslaitteen tai sen käyttöön muttei ole edeltävissä alakappaleissa huomioitu, niistä ilmoitetaan tilaajalle ja yhdessä arvioidaan mitä niille tehdään. Oletuksena voidaan kuitenkin pitää, että ilmenneitä kehityskohteita ei suoraan lähdetä tutkimaan tässä opinnäytetyössä.

## 2 TEOLLISUUDEN VOIMA OYJ

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Teollisuuden Voima Oyj. Ohjaajana Teollisuuden Voima Oyj:llä toimii Ari Valtonen. Satakunnan ammattikorkeakoulun ohjaavana opettajana toimii Hannu Asmala.

Teollisuuden Voima Oyj (myöhemmin TVO) on vuonna 1969 perustettu julkinen osakeyhtiö, jonka omistavat suomalaiset teollisuus- ja voimayhtiöt. Suurin omistaja on Pohjolan



Voima Oy, joka omistaa TVO:sta 58,5 prosenttia. TVO tuottaa ydinvoimalla sähköä osakkailleen Mankala-periaatteella, eli myy tuottamansa sähkön omakustannushintaan osakkailleen. Yritys sijaitsee Olkiluodossa Eurajoella, jossa sijaitsevat yrityksen kolme ydinvoimalaitosyksikköä: Olkiluoto 1 (OL1), Olkiluoto 2 (OL2) ja Olkiluoto 3 (OL3).

Ydinvoimalaitosyksiköt OL1 ja OL2 ovat identtisiä kiehutusvesireaktoreita (BWR) ja kummankin laitoksen nykyinen nettosähköteho on 880 megawattia (MW). OL1-yksikkö alkoi tuottaa ensimmäisen kerran sähköä yhteiskunnalle syyskuussa 1978 ja OL2-yksikkö helmikuussa 1980. Vuonna 2016 OL1:n nettotuotanto oli 7 048 gigawattituntia (GWh) ja käyttökerroin 91,4 prosenttia. Samana vuonna OL2:n nettotuotanto oli 7 301 GWh ja käyttökerroin 94,6 prosenttia. (Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut.)

OL1 ja OL2 rinnalle on rakenteilla kolmas ydinvoimalaitosyksikkö, OL3. OL3 on painevesireaktori, European Pressurized Water Reactor (EPR). Valmistuttuaan laitoksen arvioitu nettosähköteho on noin 1600 MW. Uuden laitoksen toimittaa konsortio (laitostoimittaja), jonka muodostavat AREVA GmbH, AREVA NP S.A.S ja Siemens AG. (Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut.)

### 3 COMBIMATIC AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Tässä kappaleessa esitellään opinnäytetyöhön liittyvää ja TVO:lla käytössä olevaa Combimatic-automaatiojärjestelmää.

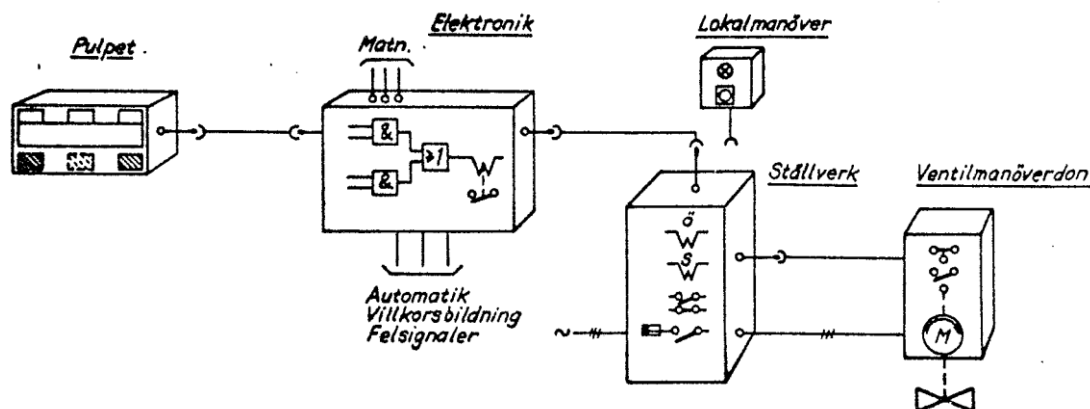
#### 3.1 Yleistä

Combimatic-automaatiojärjestelmän kehittäjä sekä valmistaja oli ASEA ATOM. Nykyisin järjestelmän valmistajana toimii ABB Atom. Combimatic on elektroninen ohjausjärjestelmä, jonka kehitys alkoi 1960-luvulla relepohjaisen automatiikka- ja ohjauslaitteiston rinnalle. Kehitystyö aloitettiin, koska kasvanut automatisointiaste kasvatti ohjauslaitteistojen määrää ja sen seurauksena releiden määrä oli suuri ja relekos-

kettimistä muodostui pitkiä ketjuja. Tämän lisäksi elektroniikkapohjaisen ohjausjärjestelmän standardisointi oli helpompaa, kuin relepohjaisen. Syy on se, että relejärjestelmässä tilasignaalia tulee edustaa kokonaan vapaa relekosketin joka kerta, kun sitä käytetään esimerkiksi estotoimintoon ja standardoinnissa on mahdotonta yleisesti määrittää kuinka monta ja minkä tyyppisiä relekoskettimia tarvitaan edustamaan kukin toimintoa. (Tietolehti KK 841-201, 1975.)

Combimatic soveltuu sellaisten teollisuus- ja voimalaitosten prosessien hallintaan, joita normaalisti voidaan käsitellä relepohjaisilla laitteilla. Ohjausjärjestelmän rakentaminen Combimatic-sarjan piirilevyillä on helppoa, koska levyjen pohjalta on suunniteltu valmiiksi kytkettyjä toimintoyksiköitä dokumentoituine yleispiirustuksineen ja kuvauksineen. Täydellinen laitteisto on helppo suunnitella näiden yksiköiden, erikoisten mikrokatkaisijayksiköiden, kytkinlaitosmoduulien jne. avulla. On kuitenkin huomioitavaa, että Combimatic-järjestelmään ei sisälly lainkaan yksiköitä analogisen signaalin, aritmeettiseen laskentaan tai suurien tietomäärien käsittelyyn. Näille tietotyypeille on omat järjestelmänsä, josta lisää jäljempänä. (Tietolehti KK 841-201, 1975.)

Kuva 1 esittää elektronisen ohjausjärjestelmän rakenteen peruseräatteen.



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

Kuva 1 mukaan jokaiselle kohdetyypille on standardisoitu laitteisto valvomon ohjauspulpetissa (ohjauspaneeli), elektroniikkakaapissa ja kytkinlaitoksella (relekaappi). Nämä kolme osaa liitetään yhteen standardikaapeleilla. Ohjattavaa kohdetta, esimerkiksi venttiiliä, kontrolloidaan ja valvotaan valvomon ohjauspulpetin ohjaus-osoitus-

yksikön (jatkossa MI-yksikkö) avulla. MI-yksikön asennonosoituslamppujen ja painikkeiden määrä riippuu ohjattavan kohteen elektroniikkayksikön QESM moduuleista. Järjestelmän signaalikäsittely tapahtuu elektroniikkakaapissa, jonka tiedoilla mm. ohjataan kytkinlaitoksen relekaappien toimintaa. Elektroniikkakaapissa Combimatic-järjestelmän komponentteja voidaan syöttää kahdesta redundantista syöttölähteestä +24, 0, -24 V, mikä takaa korkean varmennuksen apujännitteen menetystä vastaan. (Tietolehti KK 841-201, 1975.)

### 3.2 Combi-family

Combimatic on osa Combi-family tuoteperhettä, johon kuuluvat myös Combitrol, Combilogic ja Combiflex. Tilanteissa missä ei voida hyödyntää Combimaticia, kuten aritmeettinen laskenta tai analogisen signaalin käsittely, käytetään Combi-familyn järjestelmäratkaisuja. (Tietolehti 131019-1, 2013.)

#### 3.2.1 Combitrol

Combitrol-järjestelmää käytetään analogisen signaalin käsittelyyn, kuten signaalin muuttamiseen standardiin signaalitasoon ja säätöjärjestelmien signaalin esikäsittelyyn. Combitrolilla toteutetaan analogiset ohjaus- ja säätöjärjestelmät, jolloin siihen kuuluu säätöjärjestelmän laitteet, esimerkiksi moottoripotentiometrin, säätimet ja raja-arvo-laitteet. Combimaticia voidaan käyttää niiden ehtojen muodostamiseen, joita voidaan tarvita Combitrolin yksiköiden kytkentään ja irtikytkentään. Käänteisesti muutamia Combitrol-yksiköitä voidaan käyttää Combimatic-tulojen ohjaamiseen. (Tietolehti YL 26-103, 1972.)

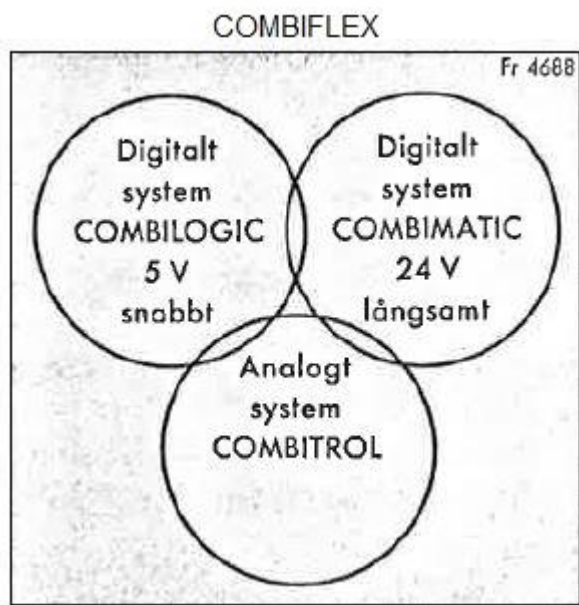
### 3.2.2 Combilogic

Combilogic-järjestelmää käytetään aritmeettiseen laskentaan ja suurien tietomäärien käsittelyyn. Combimaticia voidaan hyödyntää Combitrol-järjestelmän kanssa siten, että Combimatic kytkee nopeasti laskevan Combitrol-yksikön tiettyyn prosessivaiheeseen. Combilogic-yksiköt voivat myös ohjata Combimatic-yksiköitä. (Tietolehti 131019-1, 2013.)

Eräitä poikkeuksia lukuun ottamatta TVO:lla ei ole käytössä Combilogic-yksiköitä. (Valtonen, Henkilökohtainen tiedonanto, 2017.)

### 3.2.3 Combiflex

Combimatic-, Combitrol- ja Combilogic-järjestelmät ovat osa Combiflex arkkitehtuuria. Itsessään Combiflex on rakennusjärjestelmä, joka omilla liitinkytkimillä kombinoi releet, Combimatic-, Combitrol- ja Combilogic-järjestelmän osat yhdeksi prosessijärjestelmäkokonaisuudeksi. Combiflex liittimiä ovat mm. RTXA ja RTXG. (Tietolehti RK 92-10, 1976.)



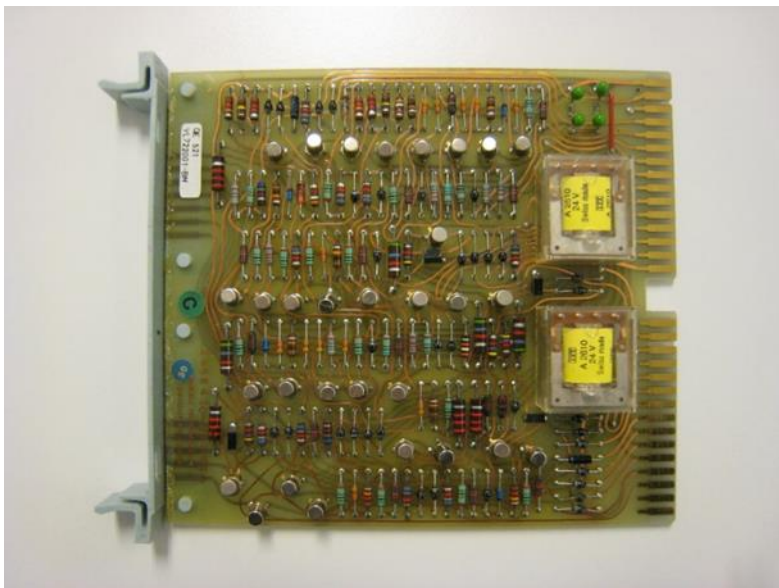
Kaavio 1. Kaaviokuva Combiflex arkkitehtuurista. (Tietolehti YL 26-103, 1972.)

Kaaviosta 1 selviää miten Combimatic-, Combitrol- ja Combilogic-järjestelmät ovat osana Combiflexiä. Esimerkkikuva RTXA-liittimestä löytyy kappaleesta 3.4 Elektronikkakaappi.

### 3.3 QESM-yksikön moduulit

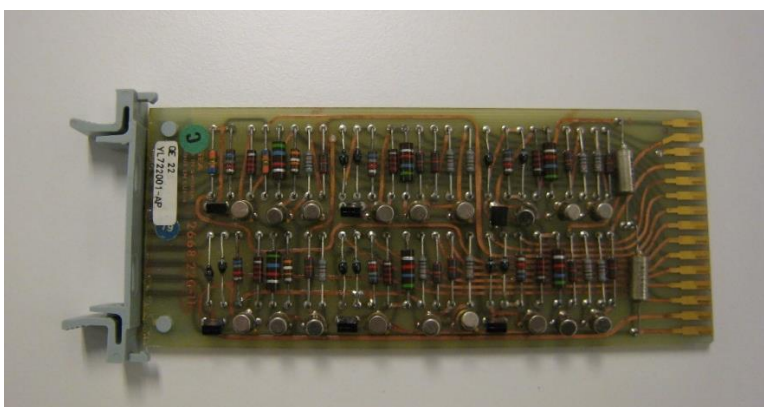
Combimaticin moduulit voidaan jakaa kahteen ryhmään: toisen ryhmän moduulit muodostavat yleiset ehdot (porttilevy) ja sekvenssiketjut (muistit) ja toinen ryhmä huolehtii ohjauksista ja osoituksista. Ensin mainittuihin sisältyvät pelkistetyimmät toiminnot (esim. pelkästään JA-portit tai pelkkä muisti) kun taas jälkimmäinen sisältää monimutkaisemmat toiminnot, jotka on sovitettu laitoksissa yleisesti esiintyville kohteille. Ohjaus- ja osoitusyksiköitä on esim. kaksitilaisille mahdollisen välitilan omaaville kohteille, kuten venttiileille. (Tietolehti KK 841-201, 1975.)

Ohjaus- ja osoitusyksiköt tunnetaan myös QESM-elektronikkayksikköinä. QESM-yksiköitä on monta erilaista ja niiden käyttö riippuu ohjattavasta kohteesta. Esimerkiksi yleisesti moottoritoimisten venttiilien ohjaukseen käytetään QESM 128 yksikköä ja pienjännitteisten moottorien ohjaukseen käytetään QESM 131 yksikköä. Moduulit, joista QESM-yksiköt koostuvat, ovat erikseen määritelty ja standardoitu. On kuitenkin olemassa eri QESM-yksiköitä, joissa ohjaus- ja osoitusyksikön moduulit ovat samat. Esimerkiksi QESM 132 yksikössä on samat ohjaus- ja osoitusmoduulit kuin QESM 131 yksikössä, mutta näiden komponenttien lisäksi siihen kuuluu erillinen logiikkalevykortti ja aikapiirikortti. Tällä kombinaatiolla QESM 132 ohjaa sellaisia moottoreita, jotka jännitekatkoksesta irrotetaan jännitesyöttökiskosta ja jännitteen palauduttua kytketään takaisin kiskoon. (Tietolehti KK 841-211, 1975.) (Tietolehti 131019-1, 2013.)



Kuva 2. Valokuva QE 521 ohjausmoduulin levystä (Arbelius, 2017)

Kuva 2 esittää QE 521 ohjausmoduulia.



Kuva 3. Valokuva QE 22 logiikkalevystä (Arbelius, 2017)

Kuva 3 esittää QE 22 logiikkalevyä.

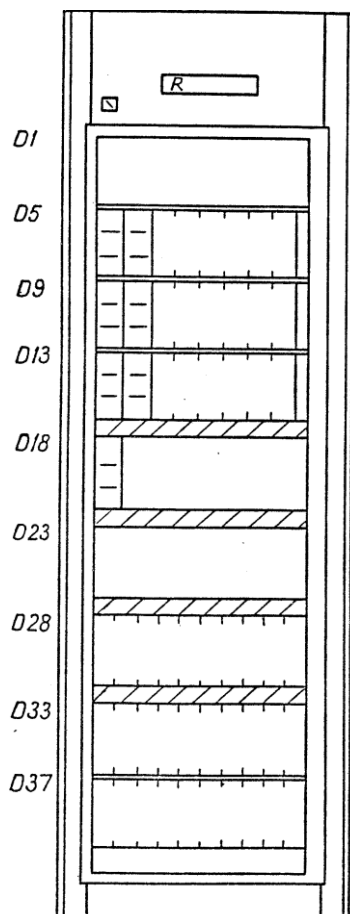
QESM 131 yksikön ohjausmoduuli on QE 521, kuten kuva 2 levy, ja osoitusmoduuli on QE 522L. QESM 132 yksikön logiikkalevy on QE 22, kuten kuvassa 3. Combimaticin moduulivalikoimassa on noin 25 moduulia. Kaikkien levyjen tyyppimerkintä on QE + kaksi tai kolme numeroa. Käytössä on niin koko- kuin puolilevyjäkin. Tyyppimerkinnän numerot <500 viittaavat puolilevyyn ja numerot >500 kokolevyyn. Kuva 2 moduulin piirilevy on kokolevy ja kuva 3 moduulin piirilevy on puolilevy. Kaikissa levyissä on suojalakkkaus, joilla suojataan levyjä kosteudelta ja tahroilta. (Tietolehti 131019-1, 2013.)

### 3.4 Elektroniikkakaappi

Tässä kappaleessa esitellään Combimatic-järjestelmän elektroniikkakaappia, jossa sijaitsevat järjestelmän komponentit.

#### 3.4.1 Yleinen rakenne

Ohjausjärjestelmän elektroniikkalaitteet asennetaan ASEAN laitekaappiin. Kaapissa on kääntyvä laiterunko ja täyskokoinen peltiovi. Kaapissa on tilaa korkeintaan 9 laitetelineelle, joilla on kohdekohtainen sovellus. Ylimpään telineeseen asennetaan koko kaapin yhteiset vikasignaalilaitteet sekä jännitteen valvontalaitteet. Seuraaviin kolmeen telineeseen asennetaan kohdekohtaiset elektroniikkalaitteet, esimerkiksi QESM-yksiköt. Kohdetelineiden alla olevat kaksi telinettä on tarkoitettu ehtojen muodostuksen piirilevyille. Niihin asennetaan myös niiden kohteiden osoitukset toteuttavat levyt, joilta edellytetään vain osoitusta. Kaapin kolme alimmaista telinettä on varattu kohdekohtaisille elektroniikkalaitteille tai tulevien ja lähtevien signaalien releille. Kaapin yläpaneelissa kääntyvän etupaneelin yläpuolella on tilaosoitin, joka osoittaa kaapin jännitesyötön tilan. (Tietolehti KK 841-202, 1975.)



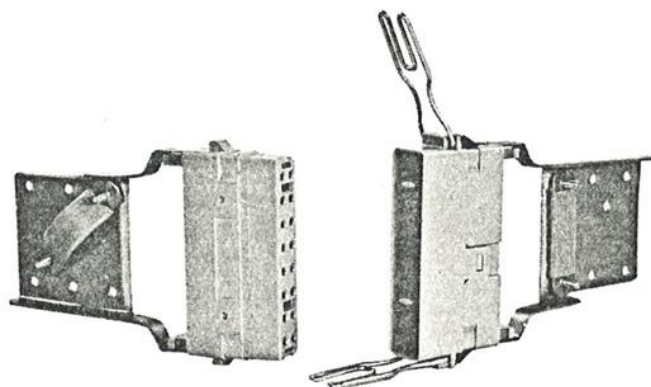
Kuva 4. Esimerkkikuva elektroniikka kaapista. (Tietolehti KK 841-202, 1975.)

Kuva 4 on esimerkkikuva elektroniikkakaapista. Kirjain D numeron edessä merkitsee tason olevan etupaneelissa. (Tietolehti KK 841-202, 1975.)

### 3.4.2 Liitântä

Jokaisen telineen taakse asennetaan takapaneeliin liitântäyksiköt ulkoisten kaapeleiden kytkemiseksi telineisiin. Kaikki kaappiin tulevat kaapelit kytketään kaapin takapaneeliin tyyppin RTXA tai RTXG liittimien avulla (kuva 5). Pistokeosa on asennettu kiinteästi kaappiin ja tulppaosa on kiinni kaapelissa.





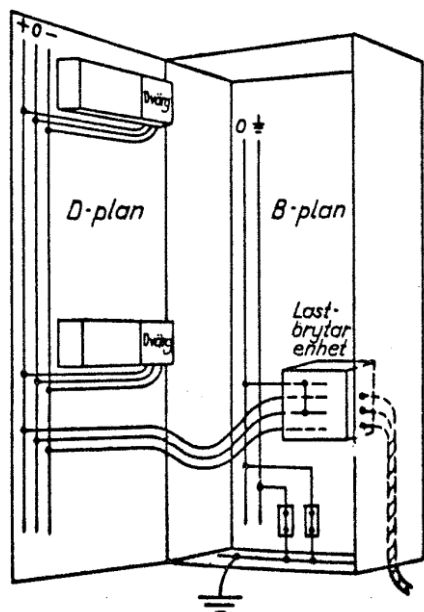
Kuva 5. Purettu liitin tyyppi RTXA-tulppaosa vasemmalla ja pistokeosa oikealla, kummassakin johdonpidike. (Tietolehti RK 92-10, 1976.)

Liitäntäyksiköt ja telineet liitetään kaapin sisällä pehmeillä kaapeleilla. Eri telineiden väliset sisäiset liitännät toteutetaan suorina kytkentöinä. (Tietolehti KK 841-202, 1975)

### 3.4.3 Jännitteen syöttö

Ohjausjärjestelmän elektroniikan jännitesyöttö järjestetään akulta +24, 0, -24 V. Järjestelmänolla on normaalisti suoramaadoitettu. Elektroniikan jännitealue on 24 V + 10 %, 15 %. Telineissä on laitteiston suojauksena mikrokatkaisijoita.

Jokaisen kaapin syöttö akulta tapahtuu omalla kaapelilla, joka kytketään kaapin B-paneelissa olevaan kuormankatkaisuyksikköön (kuva 6).

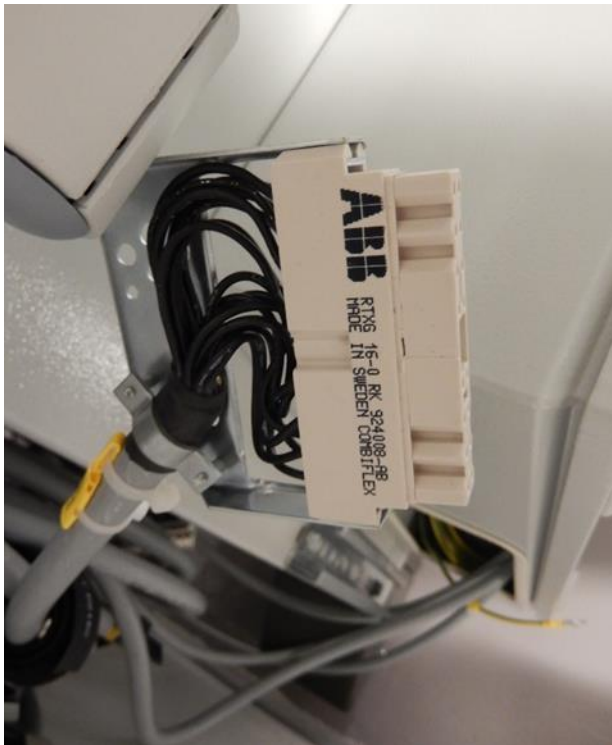


Kuva 6. Elektroniikkakaapin jännitesyöttö. (Tietolehti KK 841-202, 1975.)

Kääntyvän rungon (D-paneeli) kiskot sekä nolla- ja maakiskot (B-paneeli) liitetään kuormankatkaisuyksikköön kaapelilla. Jokaisen telineen syöttö tapahtuu sen jälkeen kiskoilta telineeseen asennetun mikrokatkaisijan kautta. (Tietolehti KK 841-202, 1975.)

#### 4 TESTAUSLAITE 476-04

Combimatic-järjestelmän QESM-yksikön moduleille on ABB:n valmistama testauslaite, jolla tarkastetaan moduulien toimintakuntoa. Testauslaite kytketään elektroniikkakaappiin asennettuun QESM-yksikköön kaapelilla, jossa on RTXG-liitinpää, kuten kuvassa 7 näkyy. Testauslaite on mahdollista kytkeä kahteen QESM-yksikköön samanaikaisesti, kunhan molemmat yksiköt ovat samassa kaapissa ja molemmilla on yhteinen sijoitus valvomon ohjauspöydässä.



Kuva 7. RTXG-liitin testauslaitteen kaapelissa. (Arbelius, 2017.)

Kuva 8 esittää testilaitteen ohjauspaneelia.



Kuva 8. Testilaitteen ohjauspaneeli. (TVO, 2016.)

Kuvan 8 mukaisesti testauslaitteen ohjauspaneeli on jaettu kolmeen osaan, joista ensimmäinen on yhteinen osa seuraavalle kahdelle osalle. Ensimmäinen osa on niin sanottu ”yleinen osa” ja sillä simuloidaan osittain valvomon ohjauspöydän toimintaa. Siitä löytyy painikkeet kuittaukselle ja lampputestille, ja kytkin vapautukselle, sekä myös tyyppivikasignaali-valot. Lisäksi siitä löytyy valintakytkin vapautus-, kuittaus- ja lampputestisignaalien kytkemiseksi elektroniikkakaapille. Toinen ja kolmas osa ovat identtisiä keskenään, joten tässä kuvataan vain toinen osa. Toisessa osassa on 4 valintakytkintä, 4 kytkintä, 3 painonappia, 6 led-valoa ja kaksi OSOJ lamppua. Tällä osalla simuloidaan sekä valvomon ohjauspöydän MI-yksikön toimintaa, että kytkinlaitoksen toimintaa. (Tietolehti YL 762-305, 1975.)



Kuva 9. Valokuva testauslaitteesta. (Arbelius, 2017.)

Opinnäytetyössä on tehty tietolehti testauslaite 476-04 toiminnasta, josta saa lisätietoja. Tietolehti on opinnäytetyön liitteenä.

## 5 TESTAUSLAITTEEN TIETOLEHTI

Testauslaitteelta puuttuu tietolehti, jossa käyttäjälle esiteltäisiin testauslaitteen pääpiirteet. Koska testilaite on identtinen vanhojen piirikaavioiden ja rakennepiirustusten kanssa, voidaan käyttää lähdemateriaalina alkuperäistä YL 762-305 tietolehteä. Käytännössä riittää, että alkuperäisen tekstin kääntää ruotsinkielestä suomeksi ja tekee tiedostomuodon, johon liittää testilaitteen sähkökaaviot ja rakennepiirustukset. TVO:lla on tehty tietolehdestä epävirallinen käännös vuonna 2014, mutta termistön oikeellisuuden varmistamiseksi käännöstyö aloitettiin alusta lähtien.

Käännöstyössä sanakirjana on toiminut Kielikone Oy:n MOT Online sanakirja, joka on TVO:lla käytössä virallisena sanakirjana. Tämän lisäksi käännöstyön aikana käännös on tarvittaessa varmennettu Satakunnan Ammattikorkeakoulun lehtori Tuija Kiviaholta ja osa tekniikan alan termistöä on varmennettu TVO:n henkilöstöltä.

Ainoa poikkeavuus tietolehteen tehtiin testauslaitteen kaapeliliittimien tyypissä. Alkuperäisessä tekstissä liitintyyppin olevan RTXA-liitin, kun nykyisessä testauslaitteessa liitintyyppi on RTXG-liitin.

Tietolehti toteutettiin hyödyntäen TVO:n omaa asiakirjapohjaa, joka muunnettiin PDF-tiedostomuotoon. Tähän tiedostoon liitettiin lopuksi testauslaitteen sähkökaaviot ja rakennepiirustukset. Opinnäytetyössä toteutunut Testauslaite 476-04 tietolehti on opinnäytetyön liitteenä.

Jos jatkossa testauslaitteelle tehdään muutoksia, niin muutokset on myös hyvä huomioida tietolehdessä, jotta tiedot olisivat paikkaansa pitäviä.

## 6 TESTAUSLAITTEEN MODIFIOINTI

Testauslaitteen kelpoistus ydinvoimalakäyttöön pohjautuu siihen, että se on rakenteeltaan ja toiminnaltaan identtinen 1960-luvulla tehtyyn ja silloin myös hyväksytyyn testauslaitteen kanssa. Tämän takia testauslaitteeseen ei voida tehdä suurempia rakenteel-

lisiä muutoksia, sillä kelpoistus ei enää välttämättä päde muutoksien myötä. On kuitenkin mahdollista tehdä pienempiä muutoksia, jotka helpottavat jäsentämään testauslaitteen ohjauspaneelia.

ISO 9241-11-standardi määrittelee käytettävyyden seuraavalla tavalla: "Se vaikuttavuus, tehokkuus ja tyytyväisyys, jolla tietyt määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä ympäristössä". Eli standardissa määritellään, onko järjestelmässä käyttäjän kannalta oikeat ominaisuudet, kuinka helppoa ja nopeaa järjestelmän käyttäminen käyttäjälle on, ja onko järjestelmän käyttäminen käyttäjän mielestä miellyttävää. Tämä standardi tuli käyttöön vuonna 1998.

Testauslaitteen suunnitteluvaiheessa 1960-luvulla ei ollut vastaavanlaista standardia käytössä, joten testauslaitteesta löytyy epäkohtia jotka ovat hyvän käytettävyyden vastaisia.

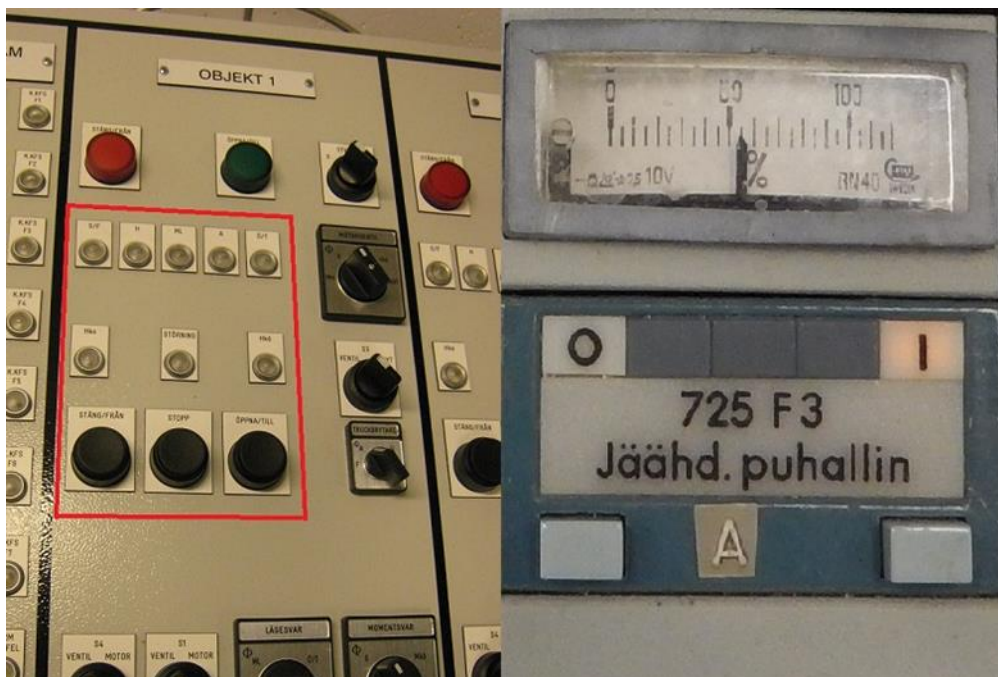
## 6.1 Testauslaitteen etupaneelin modifiointi

Kuvassa 10 näkyy testauslaitteen etupaneelin toinen osa, josta voidaan havaita muutama käytettävyyteen liittyvää ongelmaa. Identtisyiden vuoksi samat ongelmat ovat myös kolmannella osalla.



Kuva 10. Testauslaitteen etupaneelin toinen osa (TVO, 2016.)

Tällä osiolla simuloidaan sekä MI-yksikön toimintaa että kytkinlaitoksen toimintaa, mutta paneelista ei erotu mitkä osat kuuluvat millekin. Jotta osiot erottuisivat selkeästi toisistaan, MI-yksikön ympärille voidaan tehdä teippaus. Sen lisäksi, että MI-yksikkö erottuu paneelista, teippauksen avulla testauspaneelin MI-yksikkö muistuttaa myös valvomon ohjauspöydän MI-yksikköä. Tämän myötä käyttäjän on helpompi mieltää testauslaitteen käyttöä. Kuvassa 11 on rinnastettu teippausehdotus ja esimerkki valvomon MI-yksiköstä havainnoimaan yhteneväisyyttä.



Kuva 11. Testauspaneelin teippausehdotus ja valvomon MI-yksikkö. (Arbelius, 2017.)

Testauspaneelin MI-yksikössä on myös toinen ongelma. MI-yksikössä on H(Hand)- ja A(Auto)-valot, mutta TVO:lla ei ole käytössä QESM-yksikköä, jossa tarvittaisiin näitä valoja. (Sinkkonen, Henkilökohtainen tiedonanto, 2017). Näin ollen näitä valoja ei tarvita testilaitteessa. Yksinkertaisin tapa lamppujen poistaminen käytöstä on teipata valot kyltteineen piiloon.



Kuva 12. Esimerkki H- ja A-lamppujen piiloon teippauksesta. (Arbelius, 2017.)



Testauslaitteen kaikki kyltit ovat ruotsinkielisiä. Sinänsä tämä auttaa seuraamaan QESM-yksiköiden ruotsinkielisiä testausohjeita, mutta ongelmana on, ettei suomenkielinen käyttäjä välttämättä ymmärrä eri komponenttien toimintoa ilman testauslaitteen tietolehteä. Tämän takia testauslaitteen kylttien yläpuolelle olisi hyvä lisätä suomenkielinen käännös kylteistä, esim. tarra tarratulostimella.

Edellä esitetyt ehdotukset eivät vaikuta testauslaitteen kelposuuteen, mutta saattavat vaikuttaa 1JNF000113D206 sijoituspiirustukseen.

## 6.2 Testauslaitteen jatkokehittäminen

Testauslaitteen omat viat vaikuttavat suoraan QESM-yksiköiden testaamiseen hyväksyttävästi, jolloin on tärkeää olla varmuus testilaitteen toimivuudesta. Ongelmana on kuitenkin, että testauslaitteelta puuttuu laitteisto testauslaitteen oman toimintakunnon tarkistamiseen, esimerkiksi lampputestipainike. Lampputestipainikkeella voisi ennen QESM-yksiköiden testiä tarkistaa toimivatko testilaitteen kaikki valot.

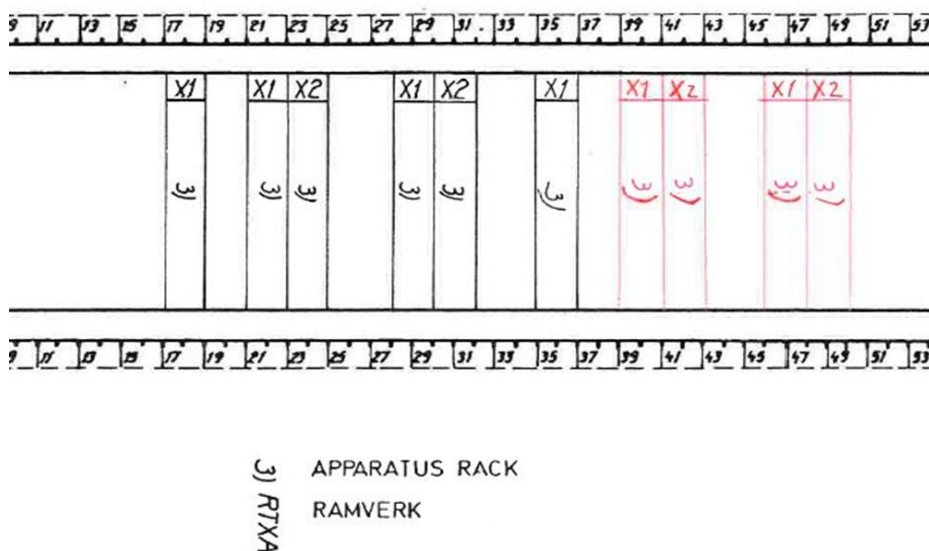
Testilaitteelle tehtävät rakenteelliset modifikaatiot voivat kuitenkin vaikuttaa testauslaitteelle tehtyyn kelpoistukseen, joten mahdollisten testauslaitteen kunnon diagnostiikkalaitteiden kehittämisessä pitää huomioida testauslaitteelle tehty kelpoistus ja sen paikkansapitävyys modifikaatioiden myötä.

## 7 TESTAUSLAITTEEN LIITTÄMINEN ELEKTRONIikkAKAAPPIIN

Aikaisemmin on mainittu, että testauslaitteen liittimet kaapille ovat RTXG 16-0 moninapaliittimiä. On kuitenkin tilanteita, etenkin vanhoissa elektroniikkakaapeissa vanhoilla QESM-yksiköillä, että QESM-yksikön ulkoiset liittimet ovat RTXA-tyyppiset.

Ongelmana on, ettei RTXG- ja RTXA-liittimet eivät ole yhteensopivia. Opinnäytetyössä tutkittiin ratkaisua ongelmaan, jotta testauslaite on mahdollista kytkeä QESM-yksikköön kiinni elektroniikkakaapissa.

Alkuun tilannetta lähdettiin tarkastelemaan, jos olisi mahdollista toteuttaa erillinen testiliitin QESM-yksiköiden RTXA-liittimien rinnalle. RTXG- ja RTXA-liittimet sopivat samaan telineeseen, joten on mahdollista asentaa tämän tyyppiset liittimet rinnan. (Katalogi RK 92-10, 1976.)



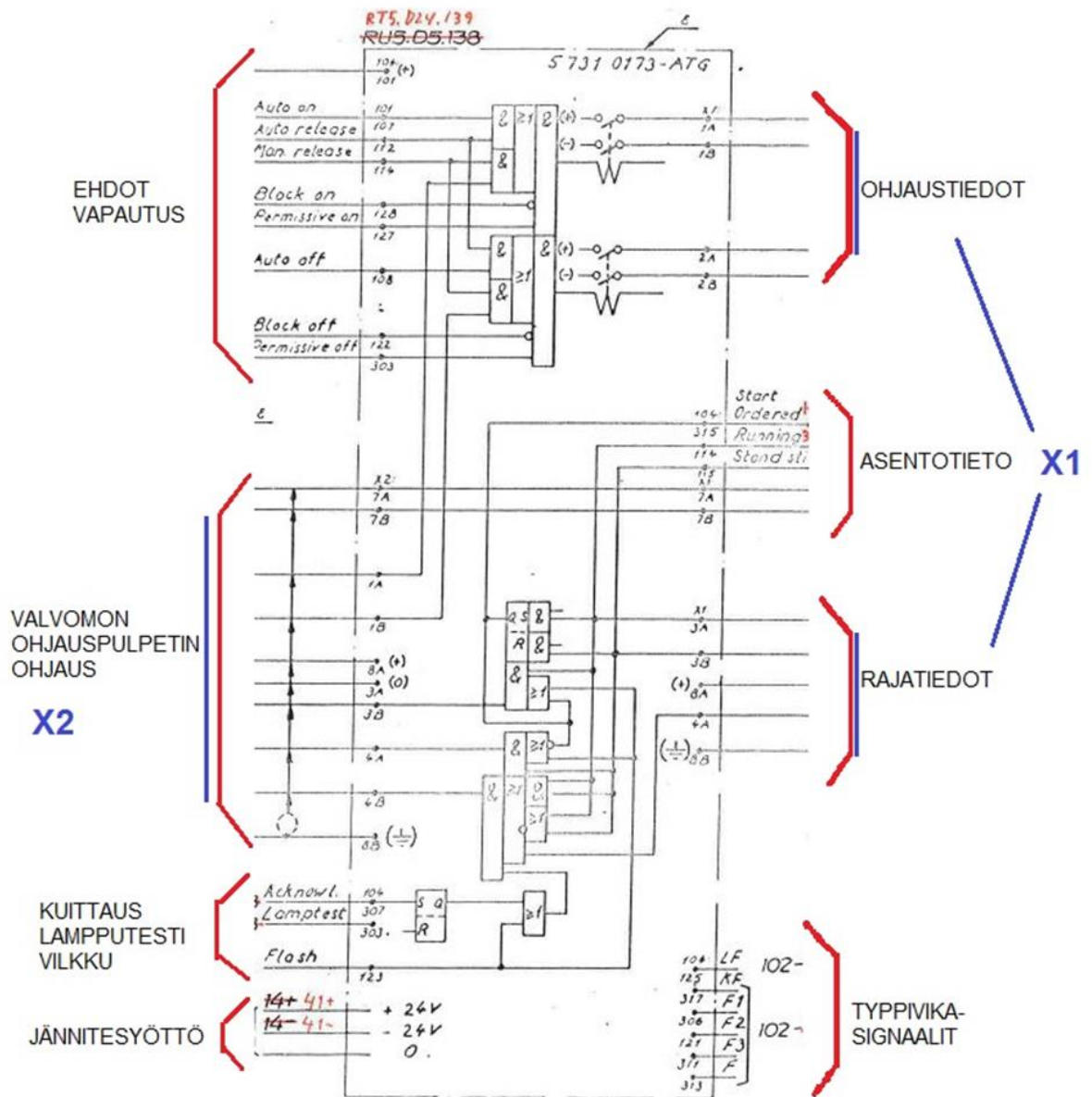
Kuva 13. Kuvakaappaus RT5 kaapin D24 hyllyltä. (Asennuspiirustus, XY 730 538-713-6.)

Tarkastelemalla kuvan 13 esimerkkiä on mahdollista nähdä tilan puute liittimien välillä. Ellei muita liittimiä siirretä, niin testiliittimiä ei ole mahdollista sijoittaa suoraan muiden liittimien rinnalle. Liittimien siirtäminen ei ole kuitenkaan suotavaa, sillä se aiheuttaa lisätöitä. Lisäliittimen asennusta varten tarvitaan muutossuunnitelma, jossa on mukana mm. selvitys muutoksista, kaaviomuutokset ja kytkentätaulukot. Asennuksen jälkeen on tarpeellista tehdä koestus, jolla varmennetaan asennustyö. Tämän lisäksi TVO:lla on muutenkin käytössä toimintapa, jonka mukaan komponenttien ulkoiset liittimet asennetaan selvyuden vuoksi komponenttia vasten. Vaihtoehtoisesti elektroniikkakaappien liittimien vaihto RTXG-liittimiksi ei ole toimiva ratkaisu, sillä siihen kuuluu myös muutostyöprosessi, mutta vaihto tapahtuu isommassa mittakaavassa. Isompi mittakaava kuluttaa taas sitten enemmän resursseja.

Yksinkertaisin ja toteuttamiskelpoisin ratkaisu on suunnitella ja toteuttaa erillinen sovitin RTXG- ja RTXA-liittimien välille. Tähän sovittimeen tarvitaan RTXG 16-1 liitin, RTXA 16-0 liitin sekä 16 johtiminen standardikaapeli. Sovittimia pitää teettää ainakin neljä kappaletta, koska testauksen aikana maakaapelin lisäksi elektroniikka-kaappiin kytketään neljä kaapelia testilaitteelta. Varmuuden vuoksi kannattaa olla yksi ylimääräinen varasovitin vikatilanteiden varalta. Sovittimien toteuttaminen vaatii erillisen suunnittelutyön, jotta saadaan tehtyä mm. tarpeellinen rakennepiirustus ja resursointi sovittimien teettämiseksi.

## 8 QESM-YKSIKÖIDEN TESTAAMINEN

Kuva 14 esittää QESM-yksikön osa-alueet signaalin käsittelyssä. Kuvassa käytetty esimerkki QESM-yksikkö on QESM 131.

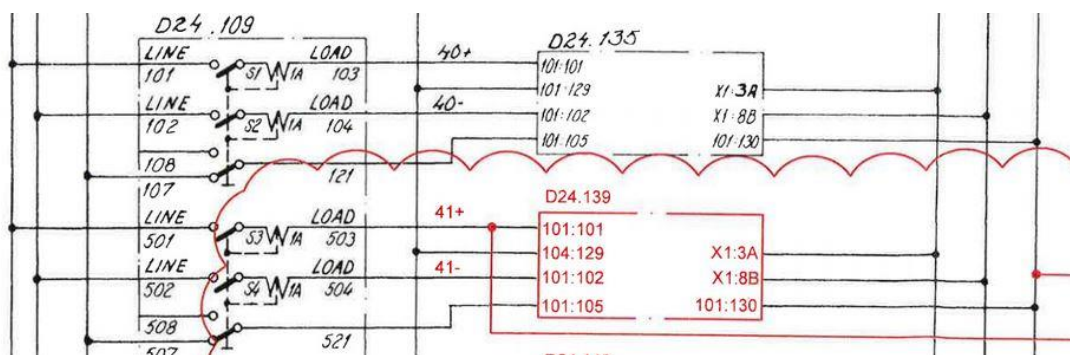


Kuva 14. QESM-yksikön osa-alueet korostettuna. (Piirikaavio XS 309 011-763-145.)

Kuvassa 14 näkyy, että yksikön vasemmalla puolella on yksikköön menevät tiedot ja yksikön oikealla puolella on yksiköstä lähtevät tiedot. Kuvassa on myös korostettu liittimien X1 ja X2 sijoittuminen QESM-yksikössä. Näihin myös liitetään testilaitteen

X1:lle ja X2:lle tarkoitetut kaapelit. Tyypivikaisignaaleille on oma kaapeli. Kuittaukselle, vapautukselle sekä lamputestille on yhteinen kaapeli. Kaapelit liitetään yksikön ulkoisiin liitäntöihin.

QESM-yksikkö tarvitsee toimiakseen 24V DC jännitteen. Testilaitteessa ei ole jännitesyöttöä QESM-yksikölle, joten testauksen aikana yksikön jännitesyöttö tapahtuu elektroniikkakaapilta, kuten yksikön normaalissa tilanteessa. Testauslaitteelta löytyy kuitenkin maadoituskaapeli, joka kytketään elektroniikkakaapin maakiskoon.



Kuva 15. Sähkökaaviosta kuvakaappaus QESM-yksikön jännitesyötöstä. (Sähkökaavio XS 309 011-101-554.5)

On monia syitä, miksi testauslaitetta tarvitaan QESM-yksikön testaukseen, kuten uuden asennetun QESM-yksikön tarkastus tai vikatilanteessa vianetsintä, mutta varsinainen ero testauksien välillä liittyy voimalaitoksen omaan käyttötilaan. TVO:n turvallisuusteknisissä käyttöehdoissa (TTKE) määritellään laitousyksiköisen käyttötilat, jotka ovat seuraavat:

1. Kylmä, sammutettu reaktori
2. Kuuma, sammutettu reaktori
3. Ydinlämmitys
4. Kuumavalmius
5. Tehoajo
7. Polttoaineen vaihto

Käyttötilojen määritelmät selviävät seuraavasta taulukosta.

Taulukko 1. Käyttötilojen määrittelyt (TTKE Luku 1, 2015.)

	Käyttötila-kytkimen asento	Reaktorin paine (tai lämpötila)	Reaktoriteho (% täydestä tehosta)
1. Kylmä, sammutettu reaktori	"0"	paineeton, <100 °C	
2. Kuuma, sammutettu reaktori	"0" tai V-ketju lauenneena	paineistettu tai >100°C	
3. Ydinlämmitys	"SS"	<70 bar	≤8%
4. Kuumavalmius	"SS"	70 bar	≤8%
5. Tehoajo	"SS"		>8%
7. Polttoaineen vaihto	"B"		

Eri käyttötilat vaikuttavat siihen, mitkä laitoksen järjestelmät on oltava käytettävissä kyseisessä käyttötilassa. Testauksessa on myös aina huomioitava, mihin kaikkiin järjestelmiin QESM-yksikön testaus voi vaikuttaa. Näitä ehtoja on huomioitava testauksessa, jottei laitoksen järjestelmissä synny ennakoimattomia virhetiloja.

### 8.1 QESM-yksiköiden testaaminen kylmäseisokissa

Tässä kappaleessa tarkastellaan QESM-yksiköiden testaamista kylmäseisokissa. Näitä tilanteita voivat olla mm. vian etsintä, uuden Combimatic elektroniikkakaapin QESM-yksiköiden asennustarkastus tai vanhan Combimatic elektroniikkakaapin QESM-yksiköiden asennustarkastus.

Kylmäseisokissa laitoksen käyttötila on 1. ja kylmäseisokilla toteutetaan aina eri huolto-, tarkastus-, korjaus- ja muutostöitä. (TTKE Luku 1, 2015.) Esimerkiksi OL1:n ja OL2:n vuosihuollot tapahtuvat kylmäseisokissa. Näiden seisokkien aikana tapahtuu myös muutostyöt Combimaticilla toteutetuilla järjestelmille. Koska muutostyön kohteena olevat elektroniikkakaapin järjestelmät ovat erotettu ohjauksesta, niin muutos-

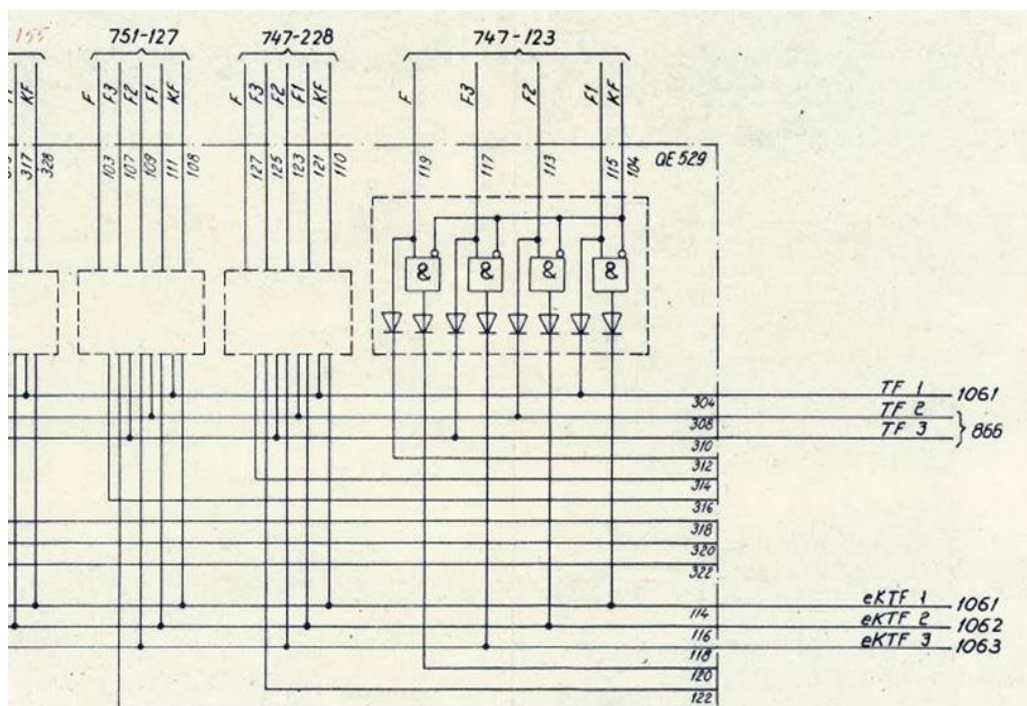
työn jälkeisessä tarkastustestauksessa ei tarvitse huolehtia testauksesta johtuvaa virhetilaa laitokselle. Näin ollen testaus voidaan suorittaa täysin testausohjeiden mukaisesti ja kaikki testauskaapelit voidaan kiinnittää elektroniikkakaappiin.

Tarvittaessa, esimerkiksi valvomon ja elektroniikkakaapin välisen kaapelin kuntoa tarkastellessa, voidaan poiketa testauskaapeleiden kiinnittämisessä. Kuittaukselle, vapautukselle ja lampputestille on yhteinen kaapeli, jota ei tarvitse kiinnittää, sillä vastaavat toiminnot voidaan suorittaa valvomosta käsin. Tällöin testausohjeita voidaan noudattaa ongelmitta.

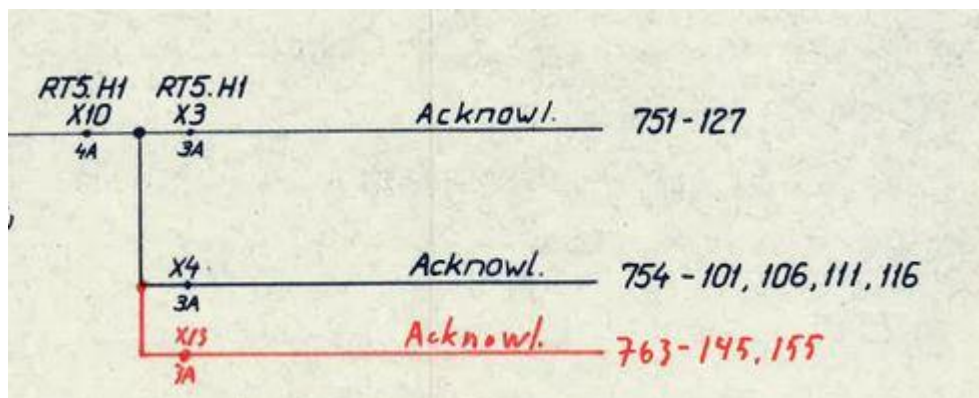
## 8.2 QESM-yksiköiden testaaminen tehoajossa

Tässä kappaleessa tarkastellaan QESM-yksiköiden testaamista tehoajossa, sekä miten sen käyttö eroaa kylmäseisokista. Testauslaitetta voidaan hyödyntää tehoajossa mm. vianhaussa.

Ideaalitilanteessa tehoajon aikana reaktoriteho on 100 prosenttia ja järjestelmän toimintavarmuus on myös 100 prosenttia. Koska ensisijainen asia tehoajon aikana on järjestelmien toimintavarmuus, niin tämä pitää huomioida käyttäessä testauslaitetta. Osa QESM-yksiköiden signaalitiedoista kulkee signaalijakolevyn kautta ja testauslaite kiinnittyy QESM-yksikköön signaalijakolevyn jälkeen. Esimerkiksi samassa elektroniikkakaapissa sijaitsevien ohjattavien moottoreiden QESM-yksiköiden tyyppivika-signaalit voivat kulkea saman signaalijakolevyn kautta valvomoon, jolloin testauslaitteen kaapelin kytkeminen estää muiden QESM-yksiköiden antamasta valvomon järjestelmille signaalitietoa. Myös vapautus-, kuittaus- ja lampputestisignaalit kulkeutuvat signaalijakolevyn kautta. Kuvista nro 3 ja 4 havainnoidaan ongelma tarkemmin.



Kuva 16. Kuvakaappaus tyyppivikasignaalien signaalijakolevystä (Sähkökaavio XS 309 011-102-862.)



Kuva 17. Kuittaussignaalin kulku elektroniikkakaapissa (Sähkökaavio XS 309 011-102-1743.)

Kuvasta 16 nähdään, että tyyppivikasignaalitiedot yhdistyvät signaalijakolevystä ja kuvasta 17 nähdään, että kuittaustieto eri kohteilta kulkeutuu elektroniikkakaapissa samalle ulkoiselle liittimelle RT5.H1.X10. Näistä syistä johtuen vianhaun aikana mahdollista viallista QESM-yksikköä ei eroteta järjestelmästä testausta varten.

Käytännössä ohjaukseen x-2 liittintä ja signaalijakolevyn kautta kulkevia signaalien ulkoisia liittimiä ei irroteta elektroniikkakaapista, vaan vianhakua varten testauslaite



voidaan kytkeä vain X2-liittimeen. Tällä kytkentätavalla vianhaunaikana voidaan tarkastella välittääkö ja vastaanottaako QESM-yksikkö signaaleja.

Tämä järjestely kuitenkin vaikuttaa suoraan siihen, ettei QESM-yksiköiden testausohjeita voida suoraan noudattaa vianhaussa vaan ohjeita joudutaan soveltamaan. Tilanteessa, jossa joudutaan soveltamaan ohjeita, on tarpeellista käyttää hyödyksi tässä opinnäytetyössä esitettyä peilauskaaviota. Peilauskaavion avulla voidaan varmentua, että testauksen aikana saadaan ehdot toteutettua ja QESM-yksikön toiminnot läpikäytyä.

Vaihtoehtoisesti voidaan myös harkita uusia ohjeita QESM-yksikön vianhaku testauksessa. Harkintaa ennen on kuitenkin syytä ensin kerätä kokemusta soveltamisella tapahtuvasta testauksesta, jotta saadaan tarvittava aineisto koottua harkintaa varten. Samalla aineistolla voidaan myös saada lisätietoa, miten tehoajossa toteutettava testaus voidaan jatkossa kehittää.

### 8.3 Testaus muissa käyttötiloissa

Riippuen tilanteesta ja tarpeesta muissakin käyttötiloissa voidaan käyttää testauslaitetta, kuten käyttötilan 2 aikana. Tällöin on kuitenkin huomioitava testauksen tarpeellisuus käyttötilaan nähden, esimerkiksi alkuun on syytä tarkastella, onko kylmäseisokissa mahdollista tehdä testaus. Jos kuitenkin päätetään testata, on tutkittava miten testaus toteutetaan, eli tehdäänkö testaus kylmäseisokin kaltaisena vai tehoajon kaltaisena. Tähän ratkaisuun vaikuttavat laitoksen oma toimintavalmius, testattavan QESM-yksikön järjestelmän tila ja mihin muihin järjestelmiin QESM-yksikön testaus voi vaikuttaa mm. signaalijakolevyn kautta.

### 8.4 Määräaikaistarkastus

Testauslaitteen käytön rutinoituessa asennustarkastuksen yhteydessä ja käytöstä kerätyn kokemuksen avulla voidaan vuosihuollon yhteydessä aloittaa QESM-yksiköiden

määräaikaistarkastukset. Kokemuksen avulla voidaan määritellä tarkemmin ajan ja muiden resurssien tarve QESM-yksikön testaukselle. Määräaikaistarkastuksen suunnittelussa on kuitenkin huomioitava testattavan QESM-yksikön järjestelmän tila testauksen aikana, eli järjestelmä on saatettava sellaiseen tilaan, ettei laitokselle aiheudu testauksesta häiriötä tai vaaratilannetta.

## 9 QESM-YKSIKÖIDEN TESTAUSOHJEET

Käyttöohjeista on olemassa standardi SFS-EN 82079-1, joka sisältää käyttökelpoisia ohjeita käyttöohjeen rakenteeseen, käytettyyn terminologiaan, sanamuotoihin ja ohjeen luettavuuteen liittyen. (SFS-EN 82079-1.) Uudet ohjeet pohjautuvat vanhoihin, 1970-luvun ohjeisiin, jotka ovat uuden testauslaitteen toimittamisen yhteydessä päivitetty paperisesta versiosta uuteen tiedostomuotoon. Ohjeet QESM-yksiköiden testaamiselle vaativat erinäisiä muutoksia, jotta ne vastaisivat käytössä olevaa standardia.

### 9.1 Ohjeisiin tehtävät muutokset

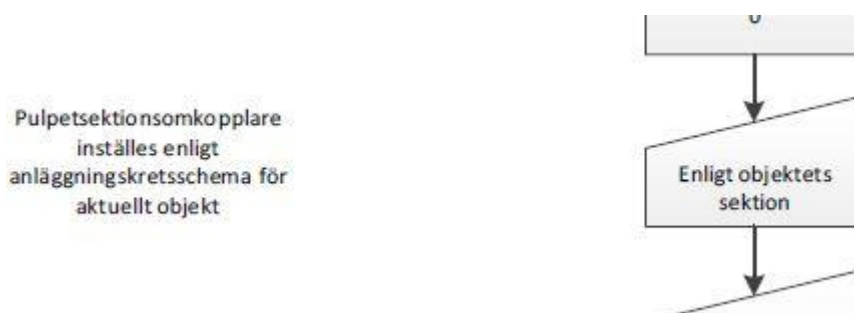
Seuraavissa kappaleissa esitellään ohjeisiin tehtäviä muutosehdotuksia.

#### 9.1.1 Käännös

Ohjeiden alkuperäinen kieli on ruotsi, joka saattaa aiheuttaa ongelmia suomenkielille käyttäjälle. Etenkin ohjeiden tekninen sanasto voi olla hankala ymmärtää. Tämän takia ohjeet on käännettävä suomeksi, mutta käännoistyössä on huomioitava SFS-EN 82079-1 standardin ohjeistukseen. Käännoistyön tekee hyväksytty käännoistoimisto tai kääntäjä.

### 9.1.2 Lisätietoja ohjeisiin

Testausohjeista löytyy kohta, missä ohjeistetaan asettamaan valvomo-osan asentokyt-kin (pulpetsektionomkopplare) pitää asettaa tarvittavaan asentoon. Testausohjeista puuttuu kuitenkin tieto siitä, mitkä pinnit eri asennot yhdistävät. Tämä tieto löytyy taulukkona testauslaitteen tietolehdestä, mutta on tarpeellista liittää tämä taulukko myös testausohjeiden alkuun epäselvyyksien välttämiseksi.



Kuva 18. Kuvakaappaus testausohjeesta. (1JNF000093D524 v. A, 2015)

Taulukko 3. Valvomo-osan valintakytkimen asento -taulukko. (Testauslaitteen 476-04 tietolehti, 2017)

Valvomo-osan valintakytkimen asento	Vapautus liittimellä	Kuittaus liittimellä	Lampputesti liittimellä
1	1A	3A	5A
2	1B	3B	5B
3	2A	4A	6A
4	2B	4B	6B

Ohjeissa on myös kuvattu mitkä MI-yksikön valot syttyvät missäkin kohtaa testattaessa. Tämän tiedon rinnalle on hyvä myös lisätä samanlaiset kuvat tyyppivikasignaalien syttymisestä ja vilkkumisesta.

### 9.1.3 Uusi pohja

Kirjallisissa ohjeissa sovelletaan myös yleistä asiakirjastandardia SFS 2487. (SFS 2487.) Asiakirjastandardi kuvaa asiakirjoissa suositeltavat asetteluohteet. Ohjeisiin

tehtävien muutoksien myötä uusissa asiakirjoissa noudatetaan sekä SFS 2487 standardia että SFS-EN 82079-1 standardia. Pohjana voidaan käyttää TVO:n omia asiakirjastandardeja. Näillä muutoksilla saatetaan ohjeet päteviksi.

## 9.2 Peilaus

On tarpeellista tehdä erillinen asiakirja, missä on tehty peilaus QESM-yksiköiden lojikapiireistä ja testausohjeista toisiinsa. Tällä peilauksella selviää käykö ohjeet yksiköiden kaikki ohjauskombinaatiot läpi. Tällä tavoin voidaan varmentua ohjeiden pätevydestä. Peilauksesta on myös hyötyä testauksien aikana, joissa on tarvetta soveltaa testausohjeita, kuten tehoajon aikaisessa vianhaussa. Tällä tavoin voidaan varmentua, että testauksessa tarvittavat ehdot ja ohjauskombinaatiot toteutuvat. Peilausta voidaan myös hyödyntää muissakin testauksissa, esimerkiksi asennustarkastuksen aikana ilmennyttä virhettä voidaan lähteä paikallistamaan peilauksen avulla.

Opinnäytetyössä verrattiin QESM-yksiköiden vanhoja testausohjeita ja uusia testausohjeita keskenään, ja voidaan todeta niiden olevan yhtenevät. Tämän vuoksi uudet ohjeet voidaan todeta päteviksi, sillä vanhemmat ohjeet ovat ottaessa käyttöön todennettu olevan päteviä QESM-korttien testaamiseen.

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia millä keinoin testauslaite saadaan mahdollisemman tehokkaaseen käyttöön ja mitä muutoksia tämän aikaansaamiseksi tarvitaan. Tämän lisäksi oli tarpeellista kehittää olemassa olevaa kirjallista materiaalia testauslaitteesta ja QESM-yksiköiden testausohjeita, jotta uusi käyttäjä ymmärtäisi miten testauslaite toimii. Opinnäytetyössä tehtiin seuraavat kohdat:

- 1) Toteutettiin tietolehti testauslaitteelle.
- 2) Tutkittiin ja esitettiin ratkaisu, miten testauslaite liitetään elektroniikkakaappeihin, joissa on erilaiset liittimet kuin testauslaitteessa.

- 3) Tutkittiin ja esitettiin ratkaisuvaihtoehtoja, miten testauslaitetta voidaan modifioida käyttäjäystävällisemmäksi.
- 4) Tutkittiin, miten laitousyksiköiden käyttötilat vaikuttavat testaamiseen testauksen syiden lisäksi, ja esitettiin eri testaustapoja käyttötiloille.
- 5) Tutkittiin ja esitettiin ratkaisuja, miten QESM-yksiköiden testausohjeita parannetaan ja kehitetään eteenpäin.

Toisin kuin alkuperäisessä työnrajauksessa, QESM-yksiköiden testausohjeiden kelpoisuutta tarkasteltiin. Tämä tehtiin, koska nähtiin tarpeelliseksi tarkistaa ohjeiden pätevyys, sillä ne olivat kopioitu vanhoista ohjeista ja haluttiin varmistaa niiden olevan yhtenevät vanhojen ohjeiden kanssa.

Testauslaitteen oman aineiston lisäksi työssä käytettiin lähdemateriaalina Combimatic-, Combiflex- ja Combitrol-järjestelmien asiakirjoja. Näitä asiakirjoja hyödynnettiin myös opiskellessa Combimatic-järjestelmän toiminnasta ja toiminnoista, sillä ennen opinnäytetyön alkamista opinnäytetyöntekijällä ei ollut kyseisestä järjestelmästä tai QESM-yksiköiden toiminnasta tarkempaa tietoa. Järjestelmien toimintaa avattiin myös tutustumalla käynnissä olevaan muutostyöhön, jonka tarkoituksena oli siirtää pienjännitteisen moottorin ohjaus toiseen elektroniikkakaappiin. Erityisesti muutostyön kaavioista selvisi parhaiten, mitä eri kokonaisuuksia elektroniikkakaapissa on ja miten nämä kokonaisuudet ovat yhteydessä toisiinsa.

Combimatic-järjestelmä on nykyään harvinainen ja siitä ei löydy tietoa TVO:n asiakirjojen lisäksi mm. internetistä, mutta ymmärtääkseen opinnäytetyössä tehtyjä ratkaisuja opinnäytetyöhön lisättiin kappaleita esittelemään tätä järjestelmää tiivistetysti.

Opinnäytetyön jälkeen testauslaitteen käyttö aloitetaan heti kevään 2017 vuosihuollossa, jossa tarkastetaan Pilot-projektissa valmistuneiden elektroniikkakaappien QESM-yksiköt testauslaitteella. Jotta testauslaite saadaan nopeasti rutiininomaiseen käyttöön, on syytä aloittaa suunnittelu ja toteuttaa sovitin RTXA-liittimille, sekä toteuttaa asiakirja, jossa on peilattu QESM-yksiköiden logiikkapiirien ja testausohjeiden toisiinsa.

## LÄHTEET

1JNF000113D205, Circuit Diagram, ABB AB

1JNF000113D206, Layout Drawing, ABB AB

Arbelius Elina. Teollisuuden Voima Oyj. Eurajoki. Valokuva. 2017.

Information KK 841-201. 1975. ASEA ATOM.

Information KK 841-202. 1975. ASEA ATOM

Information KK 841-211. 1975. ASEA ATOM

Information RK 92-10. 1976. ASEA ATOM

Information YL 26-103. 1972. ASEA ATOM

Information YL 762-305. 1975. ASEA ATOM

ISO 9241-11:1998 Ergonomics of Human System Interaction,  
<https://www.iso.org/standards.html>

Provningsanvisning QESM 128 1JNF000093D524, Rev. A, 2015. ABB AB

Provningsanvisning QESM 129 1JNF000093D525, Rev. C, 2015. ABB AB

Provningsanvisning QESM 130 1JNF000093D526, Rev. A, 2015. ABB AB

Provningsanvisning QESM 131 och QESM 132 1JNF000093D527, Rev. C, 2015.  
ABB AB

Riihimäki, Aatos. Teollisuuden Voima Oyj. Eurajoki. Henkilökohtainen tiedonanto.  
9.12.2016

Sinkkonen, M. Teollisuuden Voima Oyj. Eurajoki. Henkilökohtainen tiedonanto.  
2.3.2017.

SFS 2487 Yleinen asiakirjastandardi. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)

SFS-EN 82079-1 Käyttöohjeiden laatiminen. [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi)

Teollisuuden Voima Oyj:n www-sivut. Viitattu 13.3.2017. <https://www.tvo.fi>

Teollisuuden Voima Oyj:n valokuvat. 2016.

TTKE Luku 1, Ver. 8, 2015, Teollisuuden Voima Oyj

Valtonen, A. Teollisuuden Voima Oyj. Eurajoki. Henkilökohtainen tiedonanto.  
22.3.2017.

XS 309 011-101-554.5. Circuit Diagram. Teollisuuden Voima Oyj.

XS 309 011-102-862. Circuit Diagram. Teollisuuden Voima Oyj.

XS 309 011-102-1743. Circuit Diagram. Teollisuuden Voima Oyj.

XS 309 011-763-145. Circuit Diagram. Teollisuuden Voima Oyj.

XY 730 538-713-6. Circuit Diagram. Teollisuuden Voima Oyj.

Testauslaite 476-04 tietolehti (tietolehden testauslaitteen sähkökaaviot ja rakennepiirustukset on jätetty opinnäytetyön julkisesta versiosta pois)



Asiakirjakokonaisuus

Laatija: Arbelius Elina

Tunnus:

Organisaatio: Suunnittelu

Versio: 1 (5)

Ladattu: 05.04.2017

Kohde: Yleinen

Sisäinen

Julkaistu:

Tarkenne:

## Testauslaite 476-04 tietolehti

### 1 Yleistä

Asean elektronisen ohjausjärjestelmään sisältyvien QESM-yksiköiden tarkastukseen on kehitetty erityinen testauslaite. Etupaneelissa on valintakytkimiä, kytkimiä, painikkeita ja lamppuja valvomo- ja kytkinlaitossignaalien simulointiin. Elektroniikkakaapin ja testauslaitteen väliset liitännät/liitynnät ovat toteutettu plug-in tyyppisillä kaapeleilla. Testauslaite sisältää:

- a) yhteisen osion (kts. kappale 2)
- b) kohteen simulointi (kts. kappale 3)
- c) liitäntä

Kytkenäkaavio 1JNF000113D205 ja sijoituspiirustus 1JNF000113D206 esittävät laitteen kytkennän ja järjestelyn yksityiskohtaisesti.

### 2 Yhteinen osio

#### 2.1 Yleistä

Testauslaitteen yhteinen osio sisältää laitteistoa vapautuksen (FG), kuittauksen (KV), lampputestin (LP) ja tyyppivikaisignaalien (TF) simulointia varten. Lisäksi siinä on valvomo-osan valintakytkin vapautus-, kuittaus- ja lampputestisignaalien kytkemiseksi elektroniikkakaapille sekä vilkkuyksikkö vilkkusignaalien tuottamiseksi QESM-yksiköille.

#### 2.2 Vapautus, kuittaus ja lampputesti

Valvomosta tehtävä vapautus toteutetaan useimmiten painikkeen avulla nk. kaksikäsihjoituksen aikaansaamiseksi. Testauslaitteessa tämä on toteutettu kytkimen avulla, koska tietyt manuaaliset toiminnot edellyttävät kahden käden käyttämistä vaaditun vapautussignaalin ohella. Kuittaus ja lampputesti simuloidaan aivan samoin kuin valvomossakin.

#### 2.3 Valvomo-osan valintakytkin

Testauslaitteessa on valvomo-osan valintakytkin vapautuslampputestisignaalien kytkemiseksi kaapille. Laitospiirikaavioiden johdolla valintakytkin kytketään niin, että haluttu toiminto saadaan oikeassa elektroniikkakaapin tulossa (kts. myös kappale 4).

#### 2.4 Tyyppivikaisignaalit

Tyyppivikaisignaalit TF ja eKTF (testauslaitteessa lamppujen kilvet ovat vastaavasti KFS ja K.KFS) ovat kytketty välilyjärjestelmään jokaisessa elektroniikkakaapissa.





Asiakirjakokonaisuus

Laatija: Arbelius Elina

Tunnus:

Organisaatio: Suunnittelu

Versio: 2 (5)

Laadinta: 05.04.2017

Kohde: Yleinen

Sisäinen

Julkaisu:

Tarkenne:

Tämä signaaliväylä kulkee sitten normaalisti yhteiselle kaapille sen arvioimiseksi, annetaanko esim. valvomolle edelleen komento vilkkumista (kuittaamaton vika) tai kiinteää valoa (kuitattu vika) varten. Testauslaite on hieman yksinkertaistettu, mutta erottaa kuittaamattoman ja kuitatun vian niin, että kuittaamattoman vian kohdalla sekä TF- (tyyppivikasignaali) että eKTF-lamppu (ei kuitattu tyyppivikasignaali) syttyy. eKTF-lamppu sammuu sen jälkeen kun vika kuitataan ja kun vianaiheuttaja on korjattu niin myös TF-lamppu. Vikatyyppejä on seitsemän erilaista ja ne ovat nimetty F1:stä ja F7:ään. Vikasignaalien nimeäminen voi vaihdella ja ne ovat annettu laitospiirikaavion erillisellä ehtosivulla. Viimeisessä tyyppivikasignaalien rivissä on lamppu joka syttyy kun kohde ei ota määrättyä asentoa. Nimetyt signaalit hälytys asentovika ja se on vain QESM-yksiköille jotka on varustettu komentomuistilla.

### 3 Kohteen simulointi

#### 3.1 Yleistä

Testauslaitteen laitteisto mahdollistaa kahden erillisen QESM-yksikön samanaikaisen testaamisen seuraavin edellytyksin:

- a) Yksiköt ovat samassa elektroniikkakaapissa
- b) Yhteinen valvomon sijoitusosassa

Koska testauslaitteessa on kaksi täsmälleen samanlaista osaa kohteen simulointia varten, kuvataan vain yhtä osaa.

Kohteen simulointi jaetaan valvomo- ja kytkinlaitossimulointiin.

#### 3.2 Valvomosimulointi

Yksikössä on kolme painiketta ja kahdeksan lamppua. Painiketta S/F käytetään venttiilin, pumpun, puhaltimen tai vastaavan sulkemis/irtikytkentä (Stänga/Från) ohjaukseen. Painiketta ST käytetään seis-komentoon ja tarvittaessa elektronisen käsi/auto-valintakytkimen ohjaukseen. Painiketta Ö/T käytetään avaus/kytkentä (Öppna/Till) ohjaukseen kuten edellisessä kohdassa kuvataan.

Lamppujen osoitukset:

S/F – Kiini/irtikytketty

H – Käsi

ML – Väliasento

A – Auto

Ö/T – Auki/kytketty

Hks – ”Pääkontaktori sulkeutuu”

Störning – Häiriö

Hkö – ”Pääkontaktori avautuu”



Asiakirjakokonaisuus

Laatija: Arbelius Elina

Tunnus:

Organisaatio: Suunnittelu

Versio: 3 (5)

Laadinta: 05.04.2017

Kohde: Yleinen

Sisäinen

Julkaistu:

Tarkenne:

### 3.3 Kytkinlaitossimulointi

Yksikössä on neljä valintakytkintä, neljä kytkintä ja kaksi OSOJ – tyyppistä lamppua. Näiden lisäksi kuuluu releyksikkö, joka itsepidolla antaa automaattisen asentovasteen.

#### 3.3.1 Asentovasteen valintakytkin ja S1 kytki

Näitä käytetään kytkinlaitoksen asentokoskettimen simulointiin. Valintakytkimellä on neljä asentoa:

S/F – Kiinni/irtikytketty

ML – Väliasento

Ö/T – Auki/kytketty

AUT – Automaattinen asentovaste (releyksikön toteuttama)

Valintakytkimen ollessa asennossa "ML" ja S1 kytkin asennossa "ventil" (venttiili) saadaan informaatio "1" – "1" joka on normaali vaste venttiileiltä. S1 kytkin ollessa asennossa "motor" (moottori) ja valintakytkin asennossa "ML" voidaan suorittaa vikatyypin "virheellinen asentotieto" arviointipiirien tarkastus.

#### 3.3.2 S4 kytkin

Kytkeitä käytetään testauslaitteen kytkemiseen QESM-yksiköiden ohjauslähtöön. S4 voi asettaa venttiilin tai moottorin "osoitukseen", mikä myös ilmenee kytkimen asennonosoituksesta.

#### 3.3.3 STFEL kytkin

Kytkinlaitosvian simulointi tapahtuu, kun asetetaan kytkin asentoon "1". Näin ollen asennolla "0" ilmaistaan ettei kytkinlaitoksella ole vikaa.

#### 3.3.4 S3 kytkin

Moottoriohjattujen venttiilien tai ulosvedettävien katkaisijoiden simulointiin. Tällä kytkimellä voidaan siis valita mitä kohdetta simuloidaan.

#### 3.3.5 Moottoriohjattu venttiili

Tällä valintakytkimellä simuloidaan pääkontaktorin vastetta moottoriohjatulla venttiileillä. Se voidaan asettaa myös niin, että saadaan automaattinen vaste releyksikön kautta.



Asiakirjakokonaisuus

Laajitus: Arbelius Elina

Tunnus:

Organisaatio: Suunnittelu

Versio: 4 (5)

Laadittu: 05.04.2017

Kohde: Yleinen

Sisäinen

Julkaisu:

Tarkenne:

### 3.3.6 Vaunukatkaisija

Vaunukatkaisijan valintakytkin voidaan asettaa kolmeen eri asentoon:

- F – Irtikytetty
- A – Kytetty
- U – Ulosvedetty

### 3.3.7 Momenttivaste

Moottoriohjattujen venttiileiden momenttivasteen valintakytkin on suunniteltu niin, että venttiili sulkeutuu momenttia vastaan ja avautuu joko momenttiviaasta tai saavutettuaan auki-asennon.

### 3.3.8 Releyksikkö

Releyksikössä on kolme releitä.

Releyksikkö kytkeytyy, kun valintakytkin asentovasteelle on asennossa ”auto”. RE 2 vetää, kun saa avaus-/kytkentäkomennon (Öppna/Till). RE 3 vetää, kun RE 2 on vetänyt ja siirtynyt itsepiitoon. RE 1 vetää sulkemis-/irtikytentäkomennolla (Stänga/Från) ja katkaisee releen RE3 itsepidon.

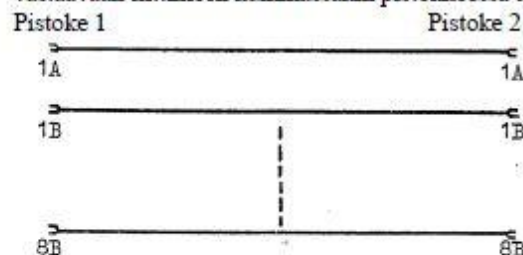
### 3.3.9 Komennonosoitus

Valvomo-osan yläpuolella on kaksi OSOJ tyyppistä lampua. Näillä lampuilla osoitetaan elektroniikkayksiköltä kytkinlaitokselle lähtevät komennot. Jos osoitusta jää tule-matta hyväksytyn ohjauksen suorittaessa, tarkistetaan S4 kytkimen asento. Moottorioh-jauksen yksiköiden testauksessa S4 kytkimen on oltava asennossa, mikä on ilmoitettu yksikön tekstinäytöllä.

## 4 Kytcentä

### 4.1 Yleistä

Elektroniikkakaapin ja testauslaitteen välinen kytkentä toteutetaan plug-in-tyyppisillä kaapeleilla. Testauslaitteen kaapeleissa RTXG 16-0 moninapaliitin. Johtimet kytketään vastaavaan liittimeen kummassakin pistokkeessa alla olevan mukaisesti:



Sähköisestä alkuperäiskappaleesta tulosti: 5.4.2017 / arbelius\_elina

Tarkista asiakirjan ajantasaisuus

© Teollisuuden Voima Oyj

Hyväksytty:



Asiakirjakokonaisuus

Laatija: Arbelius Elina

Tunnus:

Organisaatio: Suunnittelu

Versio: 5 (5)

Laadinta: 05.04.2017

Kohde: Yleinen

Sisäinen

Julkaisu:

Tarkenne

Testauslaitteen liitin 101 kytketään tätä varten varattuun liittimeen kaapissa. Liittimiä vastaavat signaalit valvomo-osan valintakytkimen (pulpetsektionsonk.) eri asennoilla on esitetty alla olevassa taulukossa:

Valvomo-osan valintakytkimen asento	Vapautus liittimellä	Kuittaus liittimellä	Lampputesti liittimellä
1	1A	3A	5A
2	1B	3B	5B
3	2A	4A	6A
4	2B	4B	6B

#### 4.2 Yhteenveto kytkennöistä

Kaapelit kytketään seuraavasti:

476-03:101 – Vapautuksen, kuittauksen ja lampputestin liitin kaapissa

476-03:301 – Tyyppivikaisignaalien liitin kaapissa

Testaus käyttäen testauslaitteen 476-03 ohjaus/osoitusosaa I.

476-03:103 – Liitin X1 kyseisessä toimintoyksikössä

476-03:105 – Liitin X2 kyseisessä toimintoyksikössä

Testaus käyttäen testauslaitteen 476-03 ohjaus/osoitusosaa II.

476-03:107 – Liitin X1 kyseisessä toimintoyksikössä

476-03:109 – Liitin X2 kyseisessä toimintoyksikössä

Elektronisen käsi/auto-valintakytkimen (H/A) testaus käyttäen testauslaitteen 476-03 ohjaus/osoitusosaa I.

476-03:305 – Liitin X1 kyseisessä H/A-valintakytkimessä

Elektronisen käsi/auto-valintakytkimen (H/A) testaus käyttäen testauslaitteen 476-03 ohjaus/osoitusosaa II.

476-03:309 – Liitin X2 kyseisessä H/A-valintakytkimessä