

Jani Koivunen

Jäänmurtajan sähkö- ja automaatiolaitteiston ennakkohuoltosuunnitelma

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

27.11.2013

Tekijät Otsikko Sivumäärä Aika	Jani Koivunen Jäänmurtajan sähkö- ja automaatiolaitteiston ennakkohuolto-suunnitelma 65 sivua + 9 liitettä 27.11.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	lehtori Kai Virta käytönjohtaja Esa Tikkanen sähkömestari Jukka Seppälä
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia yhtenäiset ennakkohuoltosuunnitelmat jäänmurtajien sähkö- ja automaatiolaitteistoille. Arctia Shipping Oy:n konventionaalisten Urho- ja Otso-luokan jäänmurtajien sähkölaitteistojen laitekanta on kirjavaa valmistajien ja valmistusvuosikymmenen suhteen. Sähkö- ja automaatiolaitteistojen ennakkohuoltojen ohjeissa sekä tekemisessä on myös aluskohtaista vaihtelua ja ostettujen huoltopalveluiden vertailu on hankalaa erilaisten sisältöjen vuoksi.</p> <p>Tavoitteena oli laitetyyppikohtaisten ennakkohuolto-ohjeiden lisäksi selvittää sähkö- ja automaatiolaitteiden oman varaosavaraston sisältö, ohjelmistoversiot, varaosan toimivuus ja todellinen tarve kriittisyysluokitukseen perustuen. Varaosatietojen, kuten myös ennakkohuoltotietojen, tulisi olla myös siirrettävissä AMOS 2 kunnossapitojärjestelmään.</p> <p>Työn edetessä ja työmäärän täsmentyessä tarkasteluun rajattiin konventionaalisen jäänmurtaja Otson sähkö- ja automaatiojärjestelmät mukaan lukien ATEX-laitteet, sekä Otson sisarus Kontion öljyntorjuntalaitteiston sähkö- ja automaatiolaitteiden ennakkohuolto. Ulkopuolelle rajattiin automaatiojärjestelmien ohjelmistollinen osuus, moottorihuollot kokonaisuutena, Urho-luokan alukset, varaosatarkastelut sekä projektihintatason selvitys jatkuvana kunnonvalvontana ja määräaikaismittauksena tapahtuvalle sähkömoottoreiden tärinämittaukselle.</p> <p>Työ suoritettiin tekemällä lähtötietojen analysointi yhteistyössä alusten sähkömestarien kanssa nykyisen laite- ja huoltodokumentaation pohjalta. Kerätyn tiedon, haastattelujen, alusten käyttöohjeiden ja kirjallisuuden perusteella koottiin jäänmurtaja Otson sähkölaite-tyyppikohtaiset ennakkohuolto-ohjeet. Jäänmurtaja Kontion öljyntorjuntakaluston ennakkohuolto-ohje tehtiin sähkö- ja automaatiolaitteistojen osalta. Selvitettiin lämpökuvauksen mahdolliset soveltuvat kohteet, toistettavuus ja turvallisuus.</p> <p>Työn tuloksena saatiin Otso-luokan jäänmurtajan sähkö- ja automaatiolaitteistojen ennakkohuoltosuunnitelma, joka on helposti täydennettävissä hiljaisella tiedolla ja AMOS-järjestelmästä saatavilla varaosatiiedolla esimerkiksi kunnossapitojärjestelmän uudempaan versioon siirtymisen yhteydessä. Ennakkohuoltosuunnitelma on sovellettavissa myös jäänmurtaja Kontioon.</p>	
Avainsanat	sähkökunnossapito, automaatio, ennakkohuolto

Author Title Number of Pages Date	Jani Koivunen Preventive Electrical and Automation Maintenance Plan for an Icebreaker 65 pages + 9 appendices 27 November 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Instructors	Kai Virta, Lecturer Esa Tikkanen, Operation Manager of electrical equipment Jukka Seppälä, 1 st Chief Electrician
<p>The purpose of this thesis was to establish uniform preventive maintenance plans for icebreakers' electrical and automation equipment. The conventional Urho-class and Otso-class icebreakers of Arctia Shipping Oy have a wide variety of manufacturers and implementation decades in electrical equipment. Preventive maintenance instructions and executing maneuvers also have vessel -specific variation, and outsourced maintenance services are difficult to compare because of different content.</p> <p>The aim was to have equipment-specified preventive maintenance instructions and also to investigate the vessels' inventory of electrical and automation spare parts, spare part software versions, functionality, and the real need of spare parts based on critical analysis. Spare part data, as well as preventive maintenance data, should also to be transferred to the AMOS 2 maintenance system.</p> <p>As the thesis project proceeded and become more specific, the scope was limited to the conventional icebreaker Otso's electrical and automation systems, including the electrical ATEX equipment, as well as to the electrical and automation equipment of the oil-recovery system in the sister ship Kontio. The automation systems software, electrical motor maintenance as a whole, Urho -class vessels, spare parts, as well as the project-price examination of the continuous and periodic shock pulse measurement for electric motors were considered to be outside the scope of this thesis.</p> <p>The project was done by analyzing current equipment- and maintenance data on site and in the manufacturer's manuals in co-operation with the chief electricians of the vessels. In addition to the data collected, interviews, the vessel's instruction manuals and literature were used as sources when compiling electrical equipment -specified preventive maintenance instructions for the icebreaker Otso. Preventive maintenance instructions were also made for the electrical and automation equipment of the oil-recovery system in the icebreaker Kontio. Furthermore, the suitable targets, replicability and safety of thermal imaging were investigated from the point of view of the preventive maintenance of electrical and automation equipment.</p> <p>The project resulted in a preventive maintenance plan for an Otso -class icebreaker's electrical and automation equipment, which is easily supplemented with tacit knowledge and spare parts information from the AMOS maintenance system, for example when updating the maintenance system. Preventive maintenance instructions are also applicable to the icebreaker Kontio.</p>	
Keywords	electrical maintenance, automation, preventive maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Arctia Shipping Oy	2
2.1	Konserni	2
2.2	Jäänmurtajat	3
2.2.1	JM Otso	3
2.2.2	JM Kontio	4
2.3	Öljyntorjunta	5
3	Vikaantuminen	7
3.1	Vikojen luokittelu	7
3.2	Aikaan pohjautuva ja satunnainen vikaantuminen	7
4	Kunnossapito	9
4.1	Yleistä	9
4.2	Kunnossapidon jaottelu	9
4.3	Kunnossapitolajit	10
4.3.1	Huolto	11
4.3.2	Ehkäisevä kunnossapito	11
4.3.3	Korjaava kunnossapito	11
4.3.4	Parantava kunnossapito	11
4.3.5	Vikaantumisen ja vikojen selvittäminen	12
5	Kunnossapidon strategiat ja menetelmät	13
5.1	Turvallisuusjohtamisjärjestelmä	13
5.2	CBM	13
5.3	PMS	14
5.4	Säädökset	15
5.4.1	Luokituslaitoksen vaatimukset	16
5.4.2	Sähkölaitteistoa ja sähkötyötä koskevat lait	17
5.4.3	Varustamon omat säännöt	18
5.5	Varaosat	20

6	Sähköjärjestelmän kuvaus	21
7	Sähkönjakelun laitteet	22
7.1	Keskijännitekojeisto	23
7.2	Eroittimet	23
7.3	Katkaisijat ja kontaktorit	24
7.4	Relesuojaus	25
7.5	Mittamuuntajat	26
7.6	Loistehon säätö	27
7.7	Eristystason valvonta	27
7.8	UPS-järjestelmä	28
8	Sähkötilat, keskkukset ja kotelot	28
8.1	Sähkötilat	29
8.2	ATEX -tilat	29
8.3	Apuvoiman pääkeskus MS	29
8.4	Moottorikeskus MCC	30
8.5	Hätäjakelukeskus ES	30
8.6	Maistaattokeskus SC	31
8.7	Jakelukeskukset HB, LB, PB, OB, DL, EL	31
8.8	Haaroituskotelot	31
8.9	400 V pistorasiat	31
9	Generaattorit	32
9.1	Päägeneraattorit	32
9.2	Satamageneraattori ja hätägeneraattori	33
9.3	Muuttajageneraattorit	33
10	Muuntajat	33
10.1	Apuvoiman syöttömuuntajat, päämuuntajat	34
10.2	Apumuuntajat	34
10.3	Magnetointimuuntajat	34
10.4	Kommutointikuristimet	35
10.5	Keulapotkurin syöttömuuntaja	35
11	Sähkökäytöt	35
11.1	Syklokonvertteri	35
11.2	Potkurimoottorit	36

11.3	Keulapotkuri	37
11.4	Taajuusmuuttajat	38
12	Automaatio	38
12.1	Konevalvonta- ja hälytysjärjestelmä	38
12.2	Instrumentointi	39
12.3	Mittaus- ja säätöpiirit	39
12.4	Hätäpysäytykset	40
13	Öljyntorjuntalaitteisto (JM Kontio)	40
14	Päätelmät ja ehdotukset	41
14.1	Uudet mittaukset ja menetelmät	41
14.2	PMS-kehitys	47
15	Yhteenveto	53
	Lähteet	54
	Liitteet	65

Lyhenteet

AMOS	<i>Asset Management Operating System.</i> Management-ohjelmisto.
AR	<i>Augmented Reality.</i> Lisätty todellisuus.
ASH	<i>Arctia Shipping Oy.</i> Varustamo
AIY	<i>Arctia Icebreaking Oy.</i> Varustamon tytäryhtiö.
ATEX	<i>Appareils destines à être utilises en atmospheres explosibles.</i> Rähädyks- vaarallisissa tiloissa käytettäviä laitteita koskevat standardit ja lainsäädän- tö.
Blackout	Sähköjärjestelmän pimeneminen hetkellisesti kokonaan.
CBM	<i>Condition Based Maintenance.</i> Kuntoon perustuva kunnossapito.
CC	<i>Cycloconverter.</i> Syklokonvertteri.
CD	<i>Control Desk.</i> Valvontapulpetti.
DL	<i>Deck Lighting.</i> Kansivalaistuskeskus.
DNV	<i>Det Norske Veritas.</i> Luokituslaitos.
EL	<i>Emergency Lighting.</i> Hätävalaistuskeskus.
EMAR	<i>Electro-Magnetic Acoustic Resonance.</i> Sähkömagneettinen akustinen resonanssi. Ainetta rikkomaton ja nopea materiaalianalyysi metallisille osille.
EMR	<i>Electromagnetic Radiation.</i> Sähkömagneettinen säteily.
EMSA	<i>European Maritime Safety Agency.</i> Euroopan meriturvallisuusvirasto.

EnOcean	Ympäristöstään energiansa ottava, langaton ja standardoitu anturitekniikka.
EN	CENELEC:n tekemä standardi.
EPC	<i>Electronic Product Code</i> . EAN-viivakoodin korvaava, jokaiselle nimikkeelle yksilöllinen koodi, jota voidaan hyödyntää esim. RFID-tarroissa.
ES	<i>Emergency Switchboard</i> . Häätätaulu, hätäsyötön jakelukeskus.
FRA	<i>Frequency Responce Analysis</i> . Taajuusvaste.
HD	hätädiesel
HG	hätägeneraattori
HB	<i>Heating Board</i> . Lämmitystaulu, lämmityskeskus.
IACS	<i>International Association of Classification Societies</i> . Luokituslaitosten yhteistyöjärjestö.
IAS	<i>Integrated Automation System</i> . Laiva-automaatiojärjestelmä.
IB	<i>Icebreaker</i> . Jäänmurtaja.
IEC	<i>International Electrotechnical Comission</i> . Kansainvälinen sähköalan organisaatio.
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> . Kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
ISM	<i>International Safety Management Code</i> . Kansainvälinen turvallisuusjohtamissäännöstö.
ISPS	<i>International Ship and Port Facility Security Code</i> . Alusten ja satamarakenteiden kansainvälinen turvasäännöstö.
IMO	<i>International Maritime Organization</i> . YK:n merenkulkualan järjestö.

JM, jm	ks. IB
kj	keskijännite, >1 kV...45 kV.
KNL	käytettävyys, nopeus, laatu.
KTMP	Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös
kupi	kunnossapito
kVA	kilovolttiamppeeri, näennäistehon yksikkö.
kW	kilowatti, pätötehon yksikkö.
LB	<i>Lighting Board</i> . Valaistuskeskus.
LDV	<i>Laser Doppler Velocimetry</i> . Laser-valon Doppler-ilmiön avulla (värähtelyn) nopeutta mittaava menetelmä.
MCC	<i>Motor Control Center</i> . Moottorihjauskeskus.
MG	<i>Motor-generator</i> . Muuttajageneraattori.
MEMS	<i>Micro Electro Mechanical Systems</i> . Mikrosysteemit.
MS	<i>Main Switchboard</i> . Alunp. pääsähkötäulu, pääkeskus. Tässä yhteydessä apuvoiman jakotäulu (400 V), koska pääjännite on 6,3 kV.
MT	magnetointimuuntaja
MV	<i>Medium Voltage</i> . Keskijännite (ks. kj).
MW	megawatti, pätötehon yksikkö.
OB	<i>Operation Board</i> . Konevalvontakeskus.
OSI-malli	<i>Open Systems Interconnection</i> , International Standards Organisation:n (ISO) kehittämä 7-kerroksinen tasomalli.

OTF	<i>Operate To Failure.</i> Käytetään kunnes vikaantuu.
PB	<i>Power Distribution Board.</i> Tehonjakotaulu, voimakeskus.
PD	päädiesel(moottori)
PD-mittaus	<i>Partial Discharge Measurement.</i> Osittaispurkausmittaus.
PG	päägeneraattori
PLC	<i>Programmable Logic Controller.</i> Ohjelmoitava logiikka.
PM	<i>Propeller Motor.</i> Potkurimoottori.
PMS	<i>Planned Maintenance System.</i> Suunnitellun kunnossapidon tietojärjestelmä.
PS, PS0	<i>Propulsion Switchboard.</i> Propulsion syöttötaulu, tässä yhteydessä myös pääjakotaulu, sähköpääkeskus. JM Otson tapauksessa PSO on alkupe- räinen merkintätapa selostuksissa, mutta uudemmissa dokumenteissa ja laiteluetteloissa on numeerinen tunnus PS0.
RFID	<i>Radio Frequency Identification.</i> Etätunnistus, RFID-tagin tunnetaan myös nimellä saattomuisti.
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance.</i> Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.
RTF	<i>Run To Failure.</i> Käytetään kunnes vikaantuu.
SC	<i>Shore Connection.</i> Laituriliitäntä, maistaotto (sähkön syöttö maissa ole- vasta sähköverkosta laivalle).
SD	satamadiesel
SG	satamageneraattori

SELMA2	<i>Strömberg Electronic Marine Automation</i> . Strömbergin valmistama digitaalinen, hajautettu automaatiojärjestelmä, Otson alkuperäinen konevalvontajärjestelmä.
SFI	<i>Skipsteknisk Forskningsinstitut</i> . Norjalainen merenkulun tutkimuslaitos.
SFS	Suomen Standardoimisliitto SFS ry
SM	sähkömestari
SOLAS	<i>International Convention for the Safety of Life at Sea</i> . IMO-julkaisu.
SPM	<i>Shock Pulse Method</i> . Iskusysäysmenetelmä, patentoitu kunnonvalvontamenetelmä. <i>Shock Pulse Measurement</i> . Iskusysäysmittaus.
Stand by	käynnistysvalmiudessa oleva laite, käynnistysvalmius.
TJJ	Turvallisuusjohtamisjärjestelmä
TM	<i>Thruster Motor</i> . Ohjauspotkurimoottori, keulapotkurimoottori.
TMR	<i>Triple Mode Redundancy</i> . Kolminkertainen varmennus.
TraFi	Liikenteen turvallisuusvirasto, suomen meriliikenteestä vastaava viranomainen.
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i> . Katkeamaton tehonsyöttö.
Toolbox Talking	Kunnossapidon työryhmäpalaveri
VLF	<i>Very Low Frequency</i> . Erittäin matala taajuus.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia yhtenäiset ennakkohuoltosuunnitelmat Arctia Shipping Oy:lle konventionaalisten Urho- ja Otso-luokan jäänmurtajien sähkö- ja automaatiolaitteistoille. Jäänmurtajien sähköisten laitteistojen laitekanta on varsin kirjavaa valmistajien ja valmistusvuosikymmenen eroavuuksista johtuen. Ennakkohuolto-ohjeissa sekä ennakkohuoltojen toteutuksessa on myös aluskohtaista vaihtelua, jolloin seuranta ja vertailu esimerkiksi ostettujen huoltopalveluiden on kanssa hankalaa. Työn alkuperäiseen laajuuteen rajattiin mukaan myös öljyntorjuntalaitteiston sähköisten laitteiden ennakkohuoltosuunnitelma, aluskohtaisen varaosavaraston tilannekartoitus ja automaatioon kuuluvien varaosien testaus ohjelmistoversiotietoineen, sekä lämpökuvauksen ja jatkuvan värähtelymittauksen ennakoivaan kunnossapitoon soveltuvuuden selvittäminen. Varaosa- ja ennakkohuoltotietojen tulisi olla siirrettävissä nykyisen AMOS kunnossapitojärjestelmän korvaavaan AMOS 2 kunnossapitojärjestelmään.

Työn edetessä ja työmäärän täsmentyessä tarkasteluun rajattiin vain konventionaalisen jäänmurtaja JM Otson sähkö- ja automaatiojärjestelmät päätasolla. Poikkeuksena mukaan rajattiin myös Otson ATEX-tilojen sähkölaitteet sekä Otson sisarus JM Kontion EMSA-öljyntorjuntalaitteiston sähkö- ja automaatiolaitteet. Työn ulkopuolelle rajattiin automaatiojärjestelmien ohjelmistollinen osuus, muut kuin koneautomaation järjestelmät, moottorihuollot selkeänä kokonaisuutena, Urho-luokan jäänmurtajat, ohjelmistoversion inventoivat varaosatarkastelut, sekä projektihintatason selvitys jatkuvana kunnonvalvontana tai määräaikaismittauksena tapahtuvalle sähkömoottoreiden tärinämittaukselle. Teettäjän virallinen edustaja vaihtui kesken työn käytönjohtaja Esa Tikkasesta vs. tarkastaja Kari Patrakkaan.

Työ suoritettiin tekemällä lähtötietojen analysointi yhteistyössä alusten sähkömestarien kanssa PMS-järjestelmä AMOS:n laitedokumentaation pohjalta ja pääosin käyttöohjekansioista. Kerätyn tiedon, haastattelujen, alusten käyttöohjeiden ja aiheeseen liittyvän kirjallisuuden perusteella koottiin JM Otson sähkölaitetyyppikohtaiset ennakkohuolto-ohjeet sekä JM Kontion öljyntorjuntakaluston ennakkohuolto-ohje sähkö- ja automaatiolaitteistojen osalta. Selvitettiin lämpökuvaukseen soveltuvia kohteita, lämpökuvauksen toistettavuutta ja turvallisuutta. Ohjeet ovat laitetyyppikohtaisina sovellettavissa myös JM Kontioon.

2 Arctia Shipping Oy

2.1 Konserni

Arctia Shipping Oy on Suomen valtion omistama, vuonna 2010 perustettu osakeyhtiö. Toimialana ovat jäänmurtopalvelujen, monitoimialusten erikoispalvelujen, satamajäänmurron ja hinauspalvelujen tuottaminen. Lisäksi yhtiö harjoittaa alusten management- ja rahtaustoimintaa Suomessa ja ulkomailla. Aiemmin toimintaa on harjoitettu Fins-tashipin ja Varustamoliikelaitoksen nimillä. Varustamon omistajaohjaus kuuluu Valtio-neuvoston kanslian Omistajaohjausosastolle. [1.] Liikevaihto vuonna 2012 oli 75,3 miljoonaa euroa ja henkilöstöä keskimäärin 311. [3].

Konsernin yhtiörakenne on seuraava:

- Emoyhtiö: Actia Shipping Oy
- Jäänmurtopalvelut: Arctia Icebreaking Oy
- Offshore-palvelut: Arctia Offshore Oy
- Satamajäänmurto, hinauspalvelut: Arctia Karhu Oy. [1.]

Arctia Icebreaking Oy tarjoaa jäänmurto-, aikarahtaus- ja infrastruktuuripalvelujen lisäksi öljyntorjunnan valmiuspalveluja EMSA:lle. Arctia on kiinnostunut varustamaan jäänmurtajansa öljyntorjunta-aluksiksi, koska talvisin jäänmurtajat toimivat kauppa-alusliikenteen solmukohtissa ja varustaminen öljyntorjuntakäyttöön parantaisi nykyistä öljyntorjuntavalmiutta huomattavasti. Pääosa liiketoiminnasta kuitenkin muodostuu Liikennevirastolle tehtävästä työstä. Jäänmurtajilla Urho ja Sisu järjestetään kesäkaudella myös Events-tapahtumapalveluja, kuten lounaat, juhlaillalliset, kiertokäynnit jäänmurtajilla sekä kokous- ja juhlapalvelut.

Arctia Offshore Oy myy jäänmurtokauden ulkopuolella globaalille asiakaskunnalle monitoimimurtajien Fennica ja Nordica nykyaikaista toimintakykyä vaativissa olosuhteissa niin jäissä kuin avomerellä, olipa haasteena tukialustoiminta porauslauttojen läheisyydessä tai tutkimusmatkoilla, hinaustehtävät, vedenalaisten rakennelmien asennus ja huoltotyö, putkenlasku, kaapelinlasku, putken veto tai ice management. [1].

2.2 Jäänmurtaajat

Laivastoon kuuluvat konventionaaliset eli perinteiset jäänmurtaajat ovat ikäjärjestyksessä Voima, Urho, Sisu, Otso ja Kontio. Konventionaalisten murtaajien toiminta-alueena on Itämeri, jonka kaikissa jääolosuhteissa alukset säilyttävät jäänmurtokykynsä. Varusteina hinaushaarukka ja hinausvintturit. Voimassa, Urhossa ja Sisussa on vankka runko ja dieselsähköinen järjestelmä, joka syöttää neljää tasasähkömoottorein varustettua potkuria (2 edessä ja 2 takana) [1; 2, s. 123 - 124.]

Otsossa ja Kontiossa on merenkulun historian ensimmäinen täysin vaihtosähköinen järjestelmä. Vaihtovirralla toimiviin potkurimoottoreihin kehitetty, Helsingin metrosta lainatun idean - taajuusmuuttajan - pohjalta kehitetty vaihtovirtajärjestelmä on sittemmin ollut vakioratkaisu dieselsähköisissä aluksissa. [2, s. 132.]

Lisäksi laivastossa on kaksi ympärivuotiseen globaaliin työskentelyyn kykenevää monitoimimurtajaa, Fennica ja Nordica, joissa propulsio on toteutettu dieselsähköisen järjestelmän ruoripotkurein sekä keulapotkurein. Varusteina aktiivinen keinunnanvaimennus, voimakkaat vinssit ja nosturit. [2, s. 137].

2.2.1 JM Otso

Otson raskasöljykäyttöisen dieselin, hyötysuhteeltaan paremman vaihtosähkökoneiston ja lusikan muotoisen runkonsa ansiosta alus kuluttaa vähemmän ja halvempaa polttoainetta kuin vanhemmat ja isommat jäänmurtaajat. Siksi Otso ja sen sisaralus Kontio lähtevät yleensä ensimmäisinä jäänmurtoon Perämerelle. [2, s.130.] Vuonna 1986 valmistunut Otso ja 1987 valmistunut Kontio korvasivat kolme vanhaa Karhu-luokan murtaajaa (Karhu, Murtaja ja Sampo). [1]. Suunnittelussa tärkeänä asiana oli kustannustehokkuus: nelipotkurisuus korvattiin kahdella takapotkurilla ja keulaan rakennetulla ilmapulputuslaitteistolla. Uutuus oli myös raskasta polttoöljyä käyttävä dieselvoimalaitos, josta saadaan vaihtovirtaa laivan kaikkiin toimintoihin potkurimoottoreita myöten. Raskaan polttoöljyn säiliöt ovat keskilaivassa, mahdollisimman kaukana laidoituksesta, jotta saadaan pienennettyä onnettomuudessa mahdollisesti tapahtuvasta repeämästä aiheutuvan öljyvudon riskiä. [1.]

Otson tankkeihin mahtuu 1500 m³ raskasta polttoöljyä, 340 m³ dieselöljyä ja 630 m³ painolastivettä laivan kallistelua varten. Otsossa on 4kpl Wärtsilä 16V32 -

dieselmoottoria, yhteisteho on 21,8 MW. Jokainen moottori pyörittää omaa vaihtovirta-generaattoria, arvoiltaan 6,3 kV 50 Hz 6 MW. Kumpaakin takapotkuria pyörittää oma 7,5 MW potkurimoottori, joiden yhteenlaskettu akseliteho on 15 MW. [1.] Jälkeenpäin vuonna 1993 lisätyn keulapotkurin teho on 1,8 MW. [8, s. 14]. Painolastiveden kallistepumppujen yhteisteho on 400 kW, rungon ja jään välistä kitkaa vähentävän ilmapulputuskoneiston yhteisteho on 1,9 MW. [8, s. 14]. Yksi ilmapulputuslaitteisto vioittui, eikä sitä ole uusittu. [13]. Korroosiota estä aktiivinen katodinen suojausjärjestelmä ja runkoon johdettu sähkövirta. Vesilinjassa oleva 2 m korkea kiiltävä vyöhyke, joka näkyy kuvassa 1 potkurin yläpuolella olevana siniharmaana alueena, on räjäyttämällä kiinnitettyä ruostumatonta teräslevyä, joka pienentää jään ja rungon välistä kitkaa. Melkein kaikki toiminnot voi hoitaa komentosillalta: käynnistyksen, pysäytyksen, koneiden valvonnan, kallistustankit, hinausvintturin, nosturin, myös lipun noston ja laskun. [2, s.130.]

IB Otso

Valmistunut	1986
Rakennustelakka	Wärtsilä Helsingin telakka
Jääluokka	1A Super
Pituus	99 m
Leveys	24,2 m
Syväys	8 m
Uppouma	9 130 t
Bruttovetoisuus	7 066 t
Nettovetoisuus	2 120 t
Pääkoneisto	Wärtsilä 16V32
Akseliteho	15 MW
Nopeus	18,5 solmua
Paaluveto	160 t
Miehistö	20
Call Sign	OIRT



Kuva 1. JM/IB Otson tekniset tiedot. [1; 3, s. 48].

Joissain asiayhteyksissä jäänmurtajan lyhenne JM on korvattu englanninkielisellä vastineella IB.

2.2.2 JM Kontio

Vuonna 1987 valmistuneen Kontion suunnittelussa pyrittiin aiempaa suurempaan taloudellisuuteen. Rungon edullisempi muotoilu, kaksi potkuria ja suuremman automaatioasteen mahdollistama pienempi miehitystarve alensivat aluksen käyttökuluja merkittävästi aiempaan verrattuna. Kontion koneisto on samanlainen kuin Otsossa. Päällik-

köä lukuun ottamatta 20-henkinen miehistö työskentelee kahdessa vahdissa. [2, s.130.] Alku- ja loppupalvesta Otso ja Kontio (kuvassa 2) toimivat Torniossa asti, mutta vetäytyvät etelämmäksi jään paksuuntuessa, Urhon tai Sisun ottaessa Perämeren hoi- taakseen. [1].

IB Kontio

Valmistunut	1987
Rakennustelakka	Wärtsilä
	Helsingin telakka
Jääluokka	1A Super
Pituus	99 m
Leveys	24,2 m
Syväys	8 m
Uppouma	9 130 t
Bruttovetoisuus	7 066 t
Nettovetoisuus	2 120 t
Pääkoneisto	Wärtsilä 16V32
Akseliteho	15 MW
Nopeus	18,5 solmua
Paaluveto	160 t
Miehistö	20
Call Sign	OIRV



Kuva 2. JM/IB Kontion tekniset tiedot. [1; 3, s. 48].

Joissain asiayhteyksissä jäänmurtajan lyhenne JM on korvattu englanninkielisellä vastineella IB kuten kuvassa 2.

2.3 Öljyntorjunta

Arctian edeltäjä Finstaship ja EMSA allekirjoittivat 2009 historiallisen kolmivuotissopimuksen, jolla perinteinen jäänmurtaja Kontio sai kesätöitä öljyntorjuntavalmiusaluksena heinäkuusta 2010 alkaen. EMSA rahoitti muutostyöt ja öljyntorjuntakaluston toimitti suomalainen Lamor Group Ab. Optio kolmivuotiseen jatkosopimukseen on käytetty, jatkosopimus on allekirjoitettu ja Kontio on öljyntorjuntavalmiudessa toisen kolmivuotis- kauden. Talvisin Kontio on normaalisti jäänmurtotehtävissä ja kesäisin lähtövalmiudessa Helsingissä Katajanokalla, jossa se on ainoa öljyntorjuntalaitteistolla varustettu jäänmurtaja. Toimialueena on pohjoinen itämeri Gotlannin pohjoispuolella. Sopimus edellyttää säännöllisiä öljyntorjuntaharjoituksia ja Arctia onkin kouluttanut koko jään- murron merihenkilöstön öljyntorjuntatehtäviin. Eri murtaajien miehistöt päivystävät vuo- rollaan Kontiolla päivystystehtävissä. [1.]

Kontiolla on yli 2 000 m³ säiliötilaa kerätylle öljylle ja kolme erillistä keräysjärjestelmää. Öljynkeräystankki on suurempi kuin millään muulla öljyntorjuntaan varustetulla aluksella. Öljyntorjuntajärjestelmä toimii omavoimaisella hydraulikkakoneikoilla. Yksi keräysjärjestelmä perustuu aluksen kyljillä kelluviin jäykkiin keräinvarsiin, joista toinen keräimen varsi öljyntorjuntaharjoituksessa kuvassa 3. Varret ohjaavat öljyn keräimiin. Keräiminä voidaan käyttää joko skimmeriä tai harjakeräintä, valinta riippuu kerättävän öljyn ominaisuuksista. Kontion keräysleveys on jäykkien varsien kanssa yli 48 m. Toinen keräysjärjestelmä muodostuu potkurein varustetusta robotiskimmeristä ja ilmatäytteisestä, 500 m pitkästä raskaasta avomeripuomista, jota ohjataan apuveneellä. Robotiskimmeriä ohjataan kauko-ohjaimella kannelta. Skimmeri kerää puomin pohjukasta öljyä samalla kun alus etenee hitaasti. Skimmeriä voidaan käyttää myös talviolosuhteissa. Kolmas järjestelmä on jäihin suunniteltu arktinen harjakeräin. Kontion keräystankit voidaan tyhjentää aluksen omilla pumpuilla vajaassa neljässä tunnissa. [1; 3].



Kuva 3. JM Kontio öljyntorjuntaharjoituksessa. [1].

Keräinvarren tyvessä näkyy myös öljynkeräimen poistoletku.

3 Vikaantuminen

3.1 Vikojen luokittelu

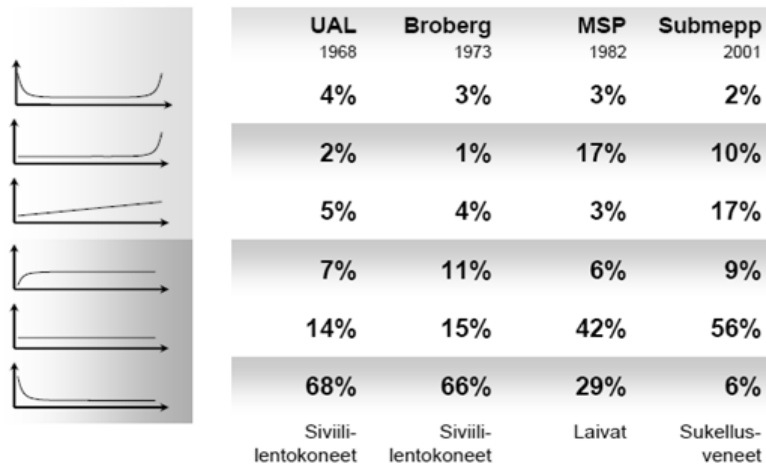
Ennakoivan kunnossapidon onnistumiseksi on tunnistettava vikatilat. Juuso [14, s. 24] luokittelee vikatilat viisikohtaisesti:

- Piilevä vika: Vikaa ei ole tai ei voida havaita.
- Osittainen vika: Vikaantunut kohde pystyy suorittamaan vain osan vaaditusta toiminnasta.
- Vika: Vikaantunut kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa normaalisti.
- Vian peittyminen: Kohteessa olevaa pienempää vikaa ei voida havaita suuremman vian vuoksi.
- Ohjelmistovika: Ohjelmistossa oleva vika, joka estää vaaditun toiminnan.

Mainituista vikalajeista ohjelmistovika voi esiintyä kaikissa edellään mainituissa muodoissa. Ennakoivan kunnossapidon ja korjaamisen kannalta työläitä vikoja ovat eri ikäisten automaatiolaitteiden ohjelmistoversioiden yhteensopimattomuusongelmat, joiden korjaaminen voi olla nopeakin, mutta löytämiseen voi kulua useita työpäiviä. Ohjelmistovika voidaan perustellusti määritellä sekä halvimmaksi että kalleimmaksi, ja erityisen korostetusti ennakoimattommaksi vikatyypiksi nykyisten automaatiojärjestelmien aikana, koska ohjelmistovian ennakointiin ei ole riittävän kattavia menetelmiä.

3.2 Aikaan pohjautuva ja satunnainen vikaantuminen

Perinteiselle laitteen vikaantumista kuvaavalle ammekäyrälle, jolla ilmaistaan vikojen määrää ajan suhteen laitteen eliniän aikana, on tutkitusti olemassa erilaisiakin vaihtoehtoja. Ammekäyrän lisäksi tutkijat ovat löytäneet viisi muuta vikaantumismallia. [12, s. 59]. Perinteinen ja paljon elinikä- ja vikaantumistapausten kuvaajana käytetty ammekäyrä, kuvassa 4 ylimpänä, yllättää siis selkeästi pienimmällä esiintymisprosentilla kaikkiin muihin vikaantumismalleihin nähden.



Kuva 4. Vikaantumismallien esiintyminen [12, s. 59].

Kuvassa näkyvät vikaantumismallit on jaettu karkeasti kahteen: kolme ylintä mallia (a-c) tulkitaan aikaan pohjautuvaksi vikaantumiseksi ja kolme alinta (d-f) satunnaiseksi vikaantumiseksi. [12, s. 57 - 58]. Nykyisen tulkinnan mukaan laitteiden monimutkaisuus, simuloinnit, parantuneet materiaalit ja käytännöt suunnittelussa, käytössä ja kunnossapidossa kasvattavat alimman vikaantumismallin osuutta. Tosin tulkitsijasta riippuen ajatellaan myös mittaustuloksia olleen liian vähän tilastollisesti luotettavien tulosten saamiseksi. [12, s. 59 - 60.] Toisinaan tarkastellaan ylihuoltamista tai liikaa kunnossapitoa, jossa huoltokohde avattaessa, koottaessa tai korjattaessa altistuu kuvan 4 vikaantumismalleille a ja f. Tästä pyritään eroon purkamattomien kunnonvalvontamenetelmien avulla. [12, s. 60.]

Vikaantumismallien luokittelusta havaitaan vikatiheyden muutoksen ennustavan laitteen eliniän loppua, mainitun tutkimuksen perusteella, yllättävän harvoin. Kunnossapitopalvelujen tuotteistuttua on kyllä mahdollista saada määräaikaishuoltojen vaikutuksista vikaantumiseen aikaisempaa tasalaatuisempia vertailutuloksia, mutta laitteiden ja varaosien rakenteellinen, laadullinen ja kaupallinen kehityssuuntaus vaikeuttaa vertailua laitteen eliniän ja tuotteen elinkaaren alkupäähän. Toimivia ja korjattavissa olevia laitteitakin joudutaan poistamaan käytöstä varaosien saatavuuden tai erikoisosaamista vaativan huoltopalvelun loppuessa, vaikka laitteen käyttöaste olisi vähäinen tai vikaantuminen harvinaista. Kolme alinta vikaantumismallia kuvassa 4 voidaan myös tulkita laitteen kaupallisen eliniän päättymiseksi ja kolme ylintä vikaantumismallia teknisen eliniän päättymiseksi.

4 Kunnossapito

4.1 Yleistä

Kunnossapidolle löytyy määritelmät sekä standardista PSK 6201:2003 että standardista SFS-EN 13306:2001, joista jälkimmäinen määritelmä:

Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon [12, s.33].

Kunnossapidon tarkoitus on varmistaa mahdollisimman häiriötön tuotanto, olipa kyseessä kolmessa vuorossa vuoden ympäri pyörivä tehdaslinja, tai lyhimillään alle 90 päivää talvessa toimiva jäänmurtaja. Ennakoivan kunnossapidon hinta ei normaalitilanteessa saa ylittää tuotannon keskeytyksen kokonaiskustannusten hintaa, jolloin ennakoitava huolto muuttaisi toiminnan tappiolliseksi. [12, s. 135].

Jäänmurtaja on ympäristönä tekniselle laitteelle ja sen varaosahuollolle rankka ja haastava, johtuen moottoritärinästä, jään aiheuttamasta värähtelystä, jäähän jumiutuvan potkurin aiheuttamasta äkillisestä kuormituksen muutoksesta laivan sähköverkossa, syklokonvertterin sähköverkkoon aiheuttamista häiriöistä, meri-ilmaston ja konehuoneen aiheuttamista sähkökemiallisesta ja kemiallisista rasituksista, harvinaisesta mutta jäänmurto-olosuhteissa mahdollisen yhteentörmäyksen [96] aiheuttamasta suurista ja nopeista iskumaisista voimista, sekä keskellä jäitä avustettavia laivoja odoteltaessa stand by -valmiudesta täyteen kuormaan ja takaisin siirtymisen aiheuttamista lämpötilavaihteluista. Kaikkein kriittisimmät ja vaikeimmin luoksepäästävässä olevat kohteet, esimerkiksi tutkan moottori, kunnossapidetäänkin aikaperusteisesti ja ilman kunnonvalvontaa [13.]

4.2 Kunnossapidon jaottelu

Kunnossapito voidaan jakaa karkeasti kahteen eri toimintaan: kaikki vikaa edeltävät toimenpiteet kuuluvat ehkäisevään kunnossapitoon ja vian ilmenemisestä eteenpäin tehtävät toimenpiteet kuuluvat korjaavaan kunnossapitoon. [13; 12 s. 47 - 48]. Kunnos-

sapitoon keskittyneistä jaotteluista puuttuvat täysin käsitteet RTF ja OTF, sekä analysointi. [12, s. 47 - 48].

4.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapidon eri lajit ovat standardin SFS-EN 13306 mukaan taulukossa 1 esitetyn mukaiset.

Taulukko 1. Kunnossapitolajit [20, s. 99].

Ehkäisevä kunnossapito	Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisin välein tai asetettujen kriteerien täytyessä. Tavoite on vähentää rikoontumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä.
Jaksotettu kunnossapito	Ehkäisevää kunnossapitoa, jossa tehtävien jaksottaminen perustuu aikatauluun tai työjaksojen lukumäärään.
Aikataulutettu kunnossapito	Ehkäisevää kunnossapitoa, jaksotus perustuu kalenteriaikaan tai käytön määrään (työjaksojen lukumäärä). Koneen kunto ei vaikuta tehtäviin toimenpiteisiin.
Kuntoon perustuva kunnossapito	Ehkäisevää kunnossapitoa, jossa seurataan kohteen suorituskykyä tai suorituskyvyn parametreja ja toimitaan havaintojen mukaisesti. Seuranta voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai tehdään vaadittaessa.
Ennakoiva kunnossapito	Kuntoon perustuva kunnossapito, joka perustuu niiden tekijöiden tarkkailuun ja analysointiin, jotka kuvaavat kohteen suorituskyvyn heikkenemistä. Joskus käytetään myös ennustava kunnossapito.
Korjaava kunnossapito	Korjaava kunnossapito; suoritetaan vikaantumisen havaitsemisen jälkeen. Tarkoitus on palauttaa toimintakunto.
Etäkunnossapito	Kauko-ohjattu kunnossapito, joka tehdään siten, että kunnossapitohenkilökunta ei ole suoraan tekemisissä kohteen kanssa.
Siirretty kunnossapito	Viivästetty korjaava kunnossapito, joka suoritetaan vikaantumisen havaitsemisen jälkeen viivästettynä (viive sovittujen ohjeiden mukaisesti).
Välitön kunnossapito	Välitön kunnossapito; suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta vältetään hyväksymättömiltä seurauksilta.
Käynninaikainen kunnossapito	Käynninaikainen kunnossapito.
Lähikunnossapito	Paikanpäälle tehtävä kunnossapito (samassa paikassa kuin kohde).
Käyttäjän kunnossapito	Koneen käyttäjän suorittama kunnossapito.

Taulukosta 1 on selvyuden vuoksi jätetty pois kunnossapitolajien englanninkielinen nimi.

Jokapäiväiseen kunnossapitoon luetaan seuraavassa luetellut viisi päälajia. [12, s. 49].

4.3.1 Huolto

Huoltamalla pidetään yllä käyttövalmiutta tai palautetaan toimintakuntoisuus. Jaksotettu huolto tehdään rasittavuuden tai käyttöajan perusteella. Huoltotoimenpiteitä ovat puhdistus, voitelu, huolto, kalibrointi, kuluviene osien vaihtaminen, toimintakyvyn palauttaminen. [12, s. 50]. Huomaa määrittelyn eroja kuvan 5 jaotteluun nähden.

4.3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon avulla seurataan suorituskykyä tai suorituskyvyn parametreja aikataulutetusti, jatkuvasti tai vaadittaessa (*on demand*). Tavoitteena on vähentää vikaantumisen riskiä tai toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat tarkastukset, kunnonvalvonta, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen, käynninvalvonta, vikaantumistietojen analysointi. Näistä kunnonvalvonta tapahtuu toimiessa tai seisokissa, vikoja etsien tai toimintakunto todeten. [12, s. 50].

4.3.3 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito palauttaa vikaantuneen kohteen käyttökuntoon. Suoritusajoista voidaan laskea kohteen elinaika. Korjaava kunnossapito on suunniteltua kunnostusta tai suunnittelematonta häiriökorjausta. Korjaavaan kunnossapitoon kuuluvat vian määrittäminen, vian tunnistaminen ja paikallistaminen, korjaus tai väliaikainen korjaus, sekä toimintakuntoon palauttaminen. [12, s. 49]. Korjaavan kunnossapidon on nykyäänkin yhä enemmän otettava huomioon korjaamisen hinta verrattuna korjattavan laitteen uusimisen hintaan. Korjaavan kunnossapidon nopeuteen suurien koneiden laivaympäristössä vaikuttavat vian etsintään kulunut aika, varaosahankintaan kulunut aika, mahdollinen koneen jäädyttämiseen kulunut aika, korjaamiseen kulunut aika, sekä mahdollinen käyttöönottoa edeltävään lämmitykseen kulunut aika.

4.3.4 Parantava kunnossapito

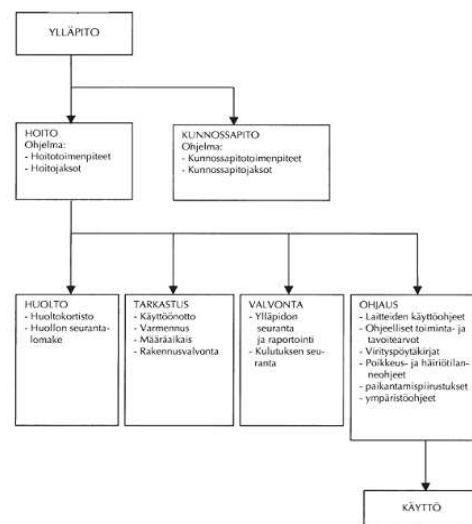
Parantava kunnossapito jakautuu kolmeen ryhmään:

- Komponenttien uusiminen suorituskykyä muuttamatta.
- Epäluotettavuutta parantavat muutokset.
- Tuotantoprosessia ja koneen suorituskykyä parantavat modernisoinnit. [12, s. 51.]

Parantava kunnossapito on haastavaa, sillä erityisesti automaatiolaitteiden uusiminen korjaavana tai parantavana kunnossapitona voi aiheuttaa jopa laitteen eri valmistuserien välisistä yhteensopivuusongelmista aiheutuvia ja testauksissa piiloon jääviä ohjelmistovikoja.

4.3.5 Vikaantumisen ja vikojen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ymmärretä kovin laajalti osaksi kunnossapittoa. Tässä toiminnassa selvitetään vikaantumisprosessi sekä vian perimmäinen syy, jotta sama vika voitaisiin vastaisuudessa ennakoidusti estää. Menetelminä käytetään vika-analyysia, simulointia, mallintamista, perussyyn selvittämistä, materiaalianalyysijä, suunnittelun analyysijä ja riskienhallintaa. [12, s. 51.]



Kuva 5. Sähkölaitteiston kunnossapitotoimintoja tehtäväjaoteltuna. [56, s. 2].

5 Kunnossapidon strategiat ja menetelmät

5.1 Turvallisuusjohtamisjärjestelmä

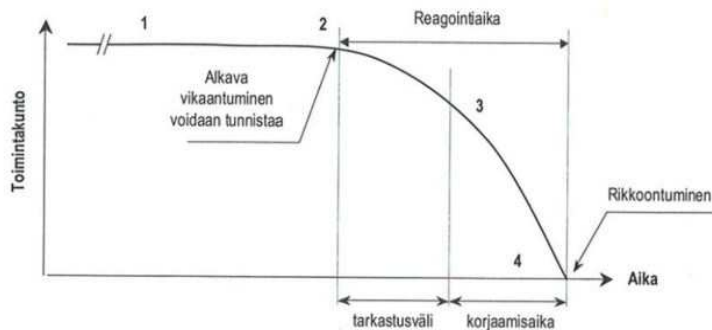
Turvallisuusjohtamisjärjestelmän mukaan varustamon tulee määrittää oma kunnossapitopolitiikkansa, johon kuuluvat esimerkiksi alusten ylläpitämiseksi vaadittavat minimivaatimukset. Sellaisia ovat lakisääteiset määräykset, luokituslaitoksen määräykset, katsastusvaatimukset, varustamon ohjeet ja asiakkaan hyväksyntä. Kriittisten järjestelmien tunnistaminen, korjaavat toimenpiteet, ennakoimattomat huollot ja raportointi ovat pakollinen osa turvallisuusjohtamisjärjestelmää. [11, s. 11.] Se määrittelee Arctia Shipping Oy:n henkilöstön vastuu- ja valtasuhteet, organisaatiot tarvittavine resursseineen, vastualueet, toimenkuvat ja niin edelleen. Yksikkökäsikirja määrittelee selkeästi kunnossapitojärjestelmän käytön, kunnossapitostrategian, testaukset, tarkastukset, toimintaprosessin mikäli tietoja muutetaan, korjaustyötilausmenettelyn, kriittisten järjestelmien testausvälit, sekä operoinnin. [15.]

5.2 CBM

Kunnossapitostrategiana Arctia Shipping Oy:llä on CBM, eli kuntoon perustuva kunnossapito, jolla pyritään saavuttamaan merkittäviä turvallisuusetuja ja taloudellisia etuja. Kunnonseurantaan käytetään pääasiassa mittaavia menetelmiä, esimerkiksi lämpökuvausta ja värähtelymittauksia, joilla alkavat viat on mahdollista havainta ennen varsinaista vikaantumista. Kunnonvalvontaa pyritään tekemään sovittujen ohjeiden mukaisesti ja vain teknisen tarkastajan luvalla kriittisille laitteille, aluksen käytettävyyteen vaikuttaville laitteille, pitkän toimitusajan varaosia sisältäville laitteille ja kokemusperäisesti pidennetyn huoltovälin kohteille. [15]. CBM:n tarkoituksena on lisätä laitteita purkamattomien menetelmien käyttöä kunnon määrittelemisessä ja vähentää laitteiden purkamista ennakkohuolloissa, koska laite altistuu vikaantumisriskille aina kun se puretaan auki. [20, s. 60].

Päivittäiset, viikoittaiset ja kuukausittaiset aistinvaraiset tarkastukset, koestukset ja muut käynnissäpidon rutiinikierrostoiminnot ovat tärkeä osa ennakoivaa kunnossapitoa, jolla voidaan ehkäistä käyttämättömyydestä johtuvia vikoja, sekä mittausten tapaan havaita ajoissa (kuva 6, väli 2-3) käytössä tulleita vikoja tai vikaantumisen lähettämiä herätteitä, kuten poikkeavaa ääntä, hajua, tai värähtelyä. Poikkeavia herätteitä emittoi-

vat laitteet otetaan tarkempaan seurantaan, aistinvaraista seuranta täydennetään erilaisin mittauksin ja vikaantumattomien tarkastusväliä voidaan pidentää. [13].



Kuva 6. Vikaantumisen vaiheet (ns. PF-käyrä). [12, s. 56; 113].

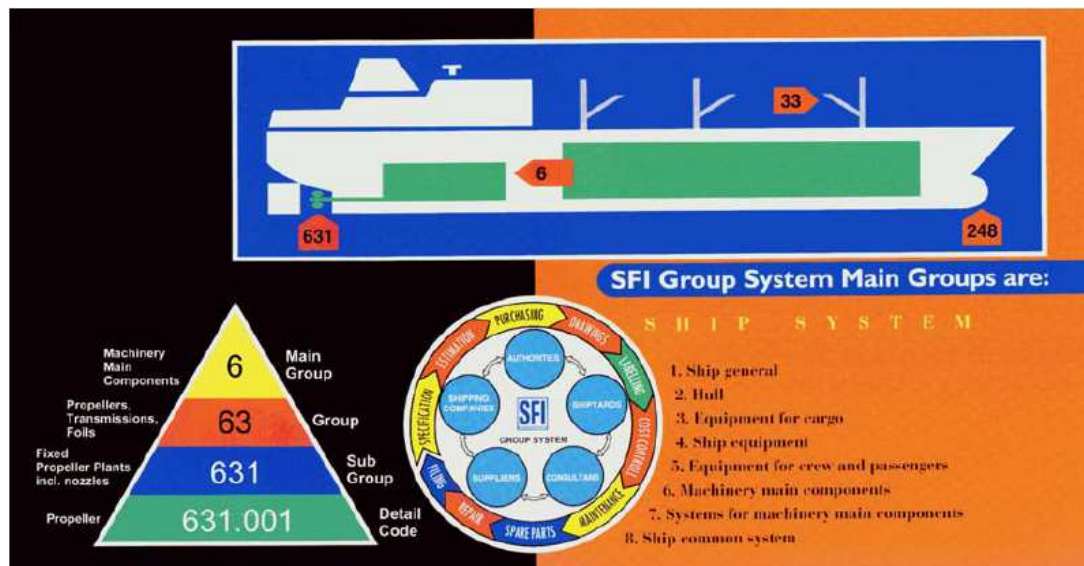
5.3 PMS

PMS eli suunniteltu kunnossapitojärjestelmä on keino kunnossapitostrategia CBM:n toteuttamiseksi. Kuten tuhansilla muillakin aluksilla ympäri maailman, Arctician konventionaalisilla jäänmurtajilla on käytössään tietokonepohjainen AMOS, jolla on toteutettu PMS-järjestelmän huoltosuunnitelmat ja varaosalistaukset. [11, s. 15 - 19]. PMS:ssä on eriteltyinä kriittiset laitteet testauksineen ja vähimmäisvaraosalistauksineen. [15].

Suunniteltuun kunnossapitojärjestelmään pitää kuulua ainakin kaikkien alusten järjestelmien tiedot, työohjeet, huoltovälit, varastokirjanpito, tehtävien töiden lista, kunnonvalvonta, tarkastukset, dokumentointi sekä raportointi [11, s. 15].

PMS-järjestelmä on kunnossapidon päätyöväline AMOS-ohjelmiston muodossa, josta saadaan noudettua päivä-, viikko- tai kuukausikohtaiset työlistat ennakkohuoltojen tekemiseksi. Sinne myös arkistoidaan piirustuksia, esitteitä, valokuvia, huoltoraportteja, laskelmia ja vastaavia huolto- ja korjaustoiminnan tuottamaa ja tarvitsemaa dokumentaatiota. PMS-järjestelmässä on joillain aluksilla, kuten JM Otsolla, käytetty rinnakkain telakan käyttämiä "litteranumeroita" ja nykyistä laitepaikat määrittävää SFI-koodia (kuva 7), jolloin vanha dokumentaatio ja nykyinen SFI-koodisto toimivat sujuvasti rinnakkain samassa työmääräimessäkin. ISM-koodin, eli turvallisuusjohtamisjärjestelmän 10. luku vaatii suunnitellun kunnossapitojärjestelmän toteuttamista. Määritettäessä

huoltosuunnitelmia käytetään apuna luokituslaitoksen, varustamon ja laitteiston valmistajan vaatimuksia, säädöksiä, sekä kokemusta. [11, s. 15.] Tässä yhteydessä käsiteltyä PMS-järjestelmää ei pidä sekoittaa Kannianen työssään esittelemään [57, s. 40], JM Urholla olevaan PMS-järjestelmään (*Power Management System*). Termi on määritelty kansainvälisestä IEC 60092-standardisarjasta, mutta luokituslaitoksen vaatimuksissa samaa lyhennettä käytetään kummassakin merkityksessä.



Kuva 7. Laivan laitekoonpanon SFI-koodin esittely. [66, s. 3].

5.4 Säädökset

JM Otson sähkö- ja koneautomaatiolaitteet on suunniteltu, rakennettu ja koestettu luokituslaitos DNV:n sääntöjen mukaan, mutta alusta ei ole kuitenkaan luokitettu. [9, s. 1.4; 13]. Käytännössä se tarkoittaa kevyempää seurantadokumentaatiota; alukselle ei tehdä luokituksen ylläpitoon kuuluvia luokituslaitoksen pakollisia tarkastuksia tai jatkuvaa luokitusta. Alus kuitenkin katsastetaan määräajoin IMO:n päätösten mukaisesti luokituslaitosten vaatimukseen nojautuen ja katsastava viranomaisen Suomeen rekisteröidylle alukselle on Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi. [60].

Laivan sähkölaitteiston rakentamiseen ja myös huoltoon vaikuttavat monet eri määräykset, joista tärkein on IMO:n SOLAS. [71; 72, s. 168]. Muita tärkeitä määräyksiä ovat kansainväliset standardit, luokituslaitosten vaatimukset, sekä laivan rekisteröintimaan määräykset. [71]. Rekisteriviranomainen voi esittää kansallisia vaatimuksia luokituslai-

tosten vaatimukseen perustuvien lakisääteisen määräaikaikatsastuksen (eng. *Statutory Survey*) yhteydessä, tai nojautua kokonaan luokituslaitoksen vaatimukseen. [78 s. 13]. Katsastuksia on erilaisia ja sisältö määräytyy alustyyppin, liikennöintialueen ja käyttötarkoituksen perusteella [79, s. 4]. Uuden tai rakenteellisesti korjatun laivan perusteellisen, eli dokumentaation, rakenteet, koneiston ja laitteet läpikäyvän peruskatsastuksen lisäksi on uusintakatsastus, jossa myös tarkastetaan aluksen rakenne ja tekniikka. Kevyempiä ovat vuosikatsastus, jossa vuosittain tarkastetaan silmämääräisesti että laiva on turvallinen ja merikelpoisessa kunnossa, sekä määräaikaikatsastus, jossa tarkastetaan turvavälineistöä. Välikatsastus on laivatyyppistä riippuen jossain viisivuotisjakson vuosikatsastusten väleissä ja sisällöltään lähes uusintakatsastuksen laajuinen. [79, s. 6-8.]

Sähköasennuksia ja miehittämätöntä konehuonetta käsittelevä määräys on SOLAS Ch.II-1 osat D ja E, joihin luokituslaitoksen ja katsastusviranomaisen vaatimukset määräaikaistarkastuksissa pohjautuvat. Luokituslaitosten kattojärjestö IACS on myös julkaissut suosituksen sähkölaitteiston määräaikaishuolloista ja tarkastuksesta, jossa määritellään vuosittaisen ja viisivuotistarkastuksen minimitaso, jonka pohjalta luokituslaitokset tekevät omat vaatimuksensa. [73].

Kansainvälisistä laivojen sähköasennuksia koskevista standardeista tunnetuimpia ovat IEEE 45 sekä IEC 92, eli IEC EN 60092-sarjan standardit, jotka ovat monien maiden standardeissa mukana sellaisenaan, sovelletuina tai merenkulun kansainvälisyydestä johtuen juridisesti sitomattomana, opastavana lisätietona.

5.4.1 Luokituslaitoksen vaatimukset

Laiva suunnitellaan ja rakennetaan luokituslaitoksen vaatimuskokoelman pohjalta, jotta laivan rekisteröintimaan katsastusviranomaisen tietää peruskatsastusta tehdessään aluksen rakenteen, turvallisuuden ja varustuksen vastaavan luokituslaitoksen vaatimuksia. Käytössä oleville aluksille sovelletaan määräaikaiseurantaa koskevia vaatimuksia. DNV:n sähkölaitteistoa koskevat vaatimukset tarkastuksesta ovat vuosittainen [81, s. 35], 2. ja 3. vuosittaisen välissä oleva välitarkastus [81, s. 44], sekä viiden vuoden välein uusintatarkastus. [81, s. 59]. Miehittämättömän E0-luokan konehuoneen tarkastus tapahtuu vuosittain. [81, s. 117]. IACS:n suositukset päivittyvät säännöllisesti ja luokituslaitoksen vaatimukset kahdesti vuodessa, joten muutoksia tulee seurata puolivuositain.

5.4.2 Sähkölaitteistoa ja sähkötyötä koskevat lait

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös (KTMP) 516/1996 määrittelee sähkötöiden johtajan, käytön johtajan, henkilöstön pätevyudet ja ilmoitukset viranomaisille. [63, 2§, 11§, 18§, 28§]. Tässä yhteydessä on huomioitava myös Valtioneuvoston asetus aluksen miehityksestä ja laivaväen pätevyudesta 166/2013 sähkömestarin ja laivasähkömiehen osalta. [64, 40§; 48§].

Tärkein sähkölaitteita, -laitteistoja ja -työtä sääntelevä laki Suomessa on Sähköturvallisuuslaki 410/1996. Laki aluksen teknisestä turvallisuudesta 1686/2009 viittaa sähköturvallisuuslakiin [60, 4§] ja TraFi:n määräyksiin [60, 23§]. Niiden sähkölaitteistoja koskevat määräykset rajoittuvat enintään 500 V:n sähköjärjestelmiä sisältäviin aluksiin [22, s. 5] ja joka myöskin viittaa sähköturvallisuuslakiin [22, s. 8]. Suurempia jännitetasoja sisältävien alusten kohdalla viitataan luokituslaitoksen vaatimuksiin. [22, s. 5].

Varustamon omat sähköturvallisuusmääräykset määräävät pääsääntöisesti tiukimman vaatimuksen käytettäväksi ja soveltamisjärjestyksessä ensisijaiseksi asetetaan suomalaiset SFS 600 -käsikirja, viranomaissäännökset, sekä EU-säännökset. [16]. Määräaikaistarkastuksia koskeva KTMP 517/1996 ei kuitenkaan koske vesikulkuneuvoja [65, 1§], kuten ei myöskään KTMP 1193/1999 [62, 1§], mutta sähköturvallisuuslaissa ministeriö varaa mahdollisuuden määrätä tietynlaisille sähkölaitteistoille määräaikaistarkastuksia [61, 20§]. Ministeriö voi myös määrätä, että tietynlaisia sähkölaitteistoja on huollettava määrävälein ja että niille on tehtävä ennakkohuolto-ohjelma. [61, 21§]. SFS-käsikirja 600:n standardeista pienjännitesähköasennuksia koskeva kohta 11.3 rajaa laivat pois ja liikkuvat meritekniset järjestelmät [77, s. 61]. Yli 1000 V:n sähköjärjestelmiä koskevaa standardia SFS 6001 sovelletaan, mikäli vesikulkuneuvoja koskevaa standardia ei ole, kuten kohdan 1.2 luetelmassa mainitaan, mutta kohdassa 1.3 mainitaan, ettei standardia sovelleta tehdasvalmisteisiin kojeistoihin joille on olemassa erillinen IEC-standardi. [76, s. 4-5]. JM Otson keskijännitekojeistolle löytyykin standardi IEC 92. [58]. Ennakkohuollon näkökulmasta tarkasteltavaksi jäävät siis lähinnä muuntamotilan ja maadoitusten kunnossapitoon liittyvät kohdat, koska laitteiden kunnossapidon osalta standardi viittaa kunnossapito-ohjeeseen. [76, s. 32; s. 39].

5.4.3 Varustamon omat säännöt

Varustamon omassa sähköturvallisuusmääräyksessä luetellaan asennuksiin liittyviä määräyksiä, ohjeita ja asetuksia, joita tulee TraFi:n, SFS- ja IEC-standardien, Suomen lain ja luokituslaitoksen määräysten taholta. Luetellut vaatimukset voivat olla aluskoh- taisia ja taannehtiviakin, epäselvissä tapauksissa yleensä noudatetaan tiukinta vaati- musta [16.]

Sähköasennuksissa määräysten soveltamisjärjestys varustamon sähköturvallisuus- määräyksissä on:

- SFS 600-käsikirja, viranomaissäännökset, EU-säännökset
- TraFi:n määräykset ja ohjeet
- Luokituslaitoksen säännöt
- Kun alus on TraFin tarkastama tai soveltuvaa sääntöä ei löydy, sovelle- taan DNV-luokituslaitoksen määräyksiä [16.]

Aluksella noudatetaan asennushetkellä voimassa olevia määräyksiä ja sähkötyöturval- lisuutta koskevaa SFS 6002 -standardia, johon poikkeuksena varustamon omissa säh- köturvallisuusmääräyksissä tehtyjä tiukennuksia jännitetyön tekemiseen, jännitetyökou- lutuksen tarpeellisuuteen, sekä opastetuille henkilöille ja maallikoille sallittuihin sähkö- töihin. [16]. Työturvallisuudesta huolehditaan myös huoltotyön suunnittelulla työryhmä- palaverien (eng. *Toolbox Talking*) ja kirjallisin työlupakäytännöin. [13].

Sähkölaitteiden huollossa ja kunnossapidossa työskentelevien on huomioitava seuraa- vat, jollei varustamon turvallisuusjohtamisjärjestelmä, tai jokin siihen kuuluva ohje, tai muu voimassaoleva laki tai määräys toisin määrää:

- Sähkötyötä tekevällä on ennen työn aloittamista velvollisuus selvittää työn aikainen vastuunjako, työnaikaisesta sähköturvallisuudesta vastaava henkilö ja sähkötyönjohtaja.
- Sähkötyötä tekevällä on velvollisuus ennen hyvissä ajoin ennen työn aloittamista selvittää työn tekemiseen tarvittavat tutkinnot, pätevyudet ja kurssit, näiden voimassaoloajat. Mahdolliset puutteet on hyvissä ajoin ennen työn aloittamista tuotava sähkötyöturvallisuudesta vastaavan henkilön tietoon.
- Sähkötyötä tekevän tulee selvittää ja hankkia kyseisessä tehtävässä tarvittavat varustamon kirjalliset luvat sekä aluskohtaiset kirjalliset työluvut. Lomakkeina löytyvät ainakin työlupa (tulityö, mastotyö, jännitetyö), erotustodistus sähkötöihin, sekä varustamon oma sähköasennusten käyttöönototarkastuspöytäkirja. Sähköverkkoon kytkettävät laitteet ja normaalista huoltotyöstä poikkeavat sähköasennukset tarvitsevat kirjallisen hyväksynnän. [16].
- Sähkötyötä tekevällä tulee olla päällään sähkötyöhön tai jännitetyöhön soveltuva, voimassaolevan standardin mukainen vartalon peittävä suojavaatetus huomiovärisellä (hi-viz) yläosalla, sekä kypärä ja turvakengät. Suojalasit ja kuulonsuojaus on oltava mukana. Sähkötyössä suojavaatetuksena vähintään standardin EN ISO 11612 mukainen suojavaatetus, mieluiten standardin EN 61482-1-2 mukainen valokaarikestoisen suojavaatetus ja suojavaarustus, huomiovärisen yläosa mukaanluettuna.
- Jännitetyössä on huomioitava varustamon omat sähköturvallisuusmääräysten tiukennukset SFS 6002-standardiin, varustamon ja aluksen oma työlupamenettelykäytäntö, sekä jännitetyön asettamat vaatimukset työkaluille, työvaatetukselle ja suojavaarusteille.

Vastuu ulkopuolisten alihankkijoiden ja urakoitsijoiden pätevyyksien voimassaolon selvittämisestä, sähkötyöturvallisuuden sekä työn vastuunjaon selvittämisestä ja tiedottamisesta tapahtuu varustamon turvallisuusjohtamisjärjestelmän voimassaolevien ohjeiden mukaisesti. Erityistä huomiota tulee kiinnittää sähkötyöturvallisuusstandardin SFS 6002 kansallisiin velvoittaviin säännöksiin ja poikkeaviin varustamokohtaisiin tiukennuksiin, vastuunjakoon ja tiedonkulkuun aina silloin, kun aluksella työskentelee varustamon ulkopuolista henkilöstöä tai useampia työryhmiä. Tämä on tärkeää siksi, että Suomessa on hyvin ohjeistetuissa ja valvotuissakin työympäristöissä, työlupakäytännöistä huolimatta, huoltoseisokin aikana tapahtunut vakavia sähkötapaturmia [34] vielä 2000-luvullakin. Tärkeää myös siksi, että kansainvälinen laivasähköasennusten tekemistä, käyttöä ja kunnossapitoa koskeva standardi IEC EN 60092-509 ottaa kantaa esim. jännitetyöalueen ja läheisen alueen etäisyyksiin, joissa määräävinä suomessa kuitenkin ovat SFS 6002 ja sen kansalliset velvoittavat säännökset. Niistä tärkein on

heti kohdassa 1, joka määrää SFS 6002 -standardia käytettävän suomalaisilla laivoilla. Lisäksi löytyy myös kansallisesti opastavia säännöksiä.

5.5 Varaosat

Varaosahuolto on yksi osa tehokasta ennakkohuoltoa ja siihen tukeutuvat kaikki kunnossapitomenetelmät. [35, s. 155]. Varaosahuollon kannalta tärkeimmät tekijät ovat luokituslaitoksen minimivaraosamääräysten, valmistajan varaosasuositusten ja kokemusperusteisen varaosavalikoiman lisäksi myös varustamon oman varaston riittävyys sekä varaosan saatavuus ja toimitusaika markkinoilta. Näin erityisesti kriittiseksi luokiteltujen laitteiden osalta. [13; 11, s. 17]. Kriittisten järjestelmien varaosavarastot tulee inventoida vuosittain [11, s. 30] ja samalla tarkastaa varaosien saatavuus kriittisten järjestelmien laitteisiin. Kriittisten järjestelmien laitteille on oltava aluskohtaisesti niin kattava varaosavarasto, laitteesta riippuen joko aluksessa mukana tai maissa varastoituna, että vikaantumisen aiheuttaman tuotantokatkoksen riski saadaan rajattua mahdollisimman pieneksi. Varaosia voidaan jakaa sisaralusten kesken ja vähemmän tärkeiden laitteiden varaosia varastoida maissa, jolloin varustamokohtainen riski varaosien saatavuuden tai toimitusajan osalta pienenee. [13]. Luokituslaitos voi myös tehdä vaatimuksia ja IACS tehdä suosituksia minimivaraosista ja tarvittavista työkaluista.

Mikäli jokin tuote on elinkaaren lopussa, varaosien saatavuus vaikeutuu ja lopulta päättyy kokonaan. Vaihtoehtoiksi tällaisissa tapauksissa jää vastaavanlaisia laitteita uusien toimijoiden poistossa olevien varaosavarastojen etsintä ja hankinta, tai investointisuunnitelma laitteen tai laitteiston uusimiseksi. Uusittaessa laitteistoa ovat *retro-fit* -tuotepaketit suunnittelu- ja asennuskustannuksiltaan edullinen vaihtoehto, koska ne ovat suunnitellusti yhteensopivia alkuperäisen laitteen kanssa suoraan tai hyvin pienin konfiguraatioin. Tämä mahdollistaa myös yhden laitteen laajuudessa tapahtuvan pitkäaikaisen yhteensopivuus- ja luotettavuustestin hankkimalla retro-fit -tuote heti kun sellainen on markkinoilla. Todennettu yhteensopivuus mahdollistaa vanhan varaosavaraston pienentämisen kulutuksen kautta, sisaralukselle siirtämällä tai realisoimalla, jolloin varaosien tilalle voidaan hankkia retro-fit -tuotteita hyvästä saatavuudesta johtuen minimitarpeen mukainen määrä. Samalla kohenee varaosahuoltovarmuus myös sisaraluksella, modernisoinnin vapauttaessa vanhoja laitteita, kulutusosia ja varaosia, jolloin saadaan kerralla kahdella eri aluksella säästöjä varaosahuoltoon ja hetkellisesti kulutusosahuoltoonkin, sekä varaosahuoltoon liittyviä riskejä paremmin hallintaan, mutta

kuitenkin vain yksi alus uudistamalla. Vastaavasti joidenkin huoltopalveluiden hinta mahdollisesti hiukan nousee, koska kahdella aluksella menetetään volyymihankinnoista saatavia alennuksia. Retro-fit -tuotteiden elinkaaren pituus verrattuna täysin uusiin mallisarjoihin tulisi selvittää huolellisesti laitteiden eliniän kustannusten vertailemiseksi.

6 Sähköjärjestelmän kuvaus

Luvun 6 tiedot on kerätty lähdeviitteistä 9 ja 24, erikseen viitattuja lähteitä lukuunottamatta. Sähköjärjestelmä on kuvattu päätasolla, eli suunnilleen siinä laajuudessa kuin sitä tässä työssä tarkastellaan. Kuvauksessa taululla tarkoitetaan keskusta.

Sähköjärjestelmä on maasta erotettu IT-järjestelmä, varustettuna eristystilan valvontalaitteistolla. Laivasähköverkossa ei ole nollaa, vaan pienjännitekuluttajia syöttävien muuntajien toision ja keskusten pääjännite 230 V. Tästä syystä esim. valaistuskytkimet ovat kaksinapaisia eikä pistorasiassa ole nolla-potentiaalia, vaan 230 V:n kuluttajakin on kahden vaiheen syöttämä. [13.] Järjestelmässä päägeneraattoreiden tähtipisteiden maadoitus tehty suuren resistanssin kautta. Maasulkuvirta saadaan kasvamaan, sekä kytkentätilanteiden ja katkojen aiheuttamat ylijännitteet pienenemään. [9; 13; 25, s. 257].

Sähkön tuotanto toteutetaan neljällä päädieselmoottorilla PD1...PD4, joiden pyörittämät neljä tahtigeneraattoria PG1...PG4 jännitteensäätiminen syöttävät 6,3 kV:n 50 Hz:n keskijänniteverkon pääsähkötaulua PS0 (tai PSO). Se voidaan erottaa kahteen itsenäiseen osaan, jolloin alus pystyy vielä etenemään, vaikka puolet sähköntuotantojärjestelmästä tai sähköjakelujärjestelmästä olisi vioittunut. Kaikkien päämootoreiden ja generaattoreiden ei tarvitse olla yhtä aikaa käynnissä, vaan niitä käynnistetään ja sammutetaan kuormitustilanteen mukaan parhaan taloudellisuuden saavuttamiseksi.

Pääsähköverkko PS0 syöttää kahta 6,3 kV:n potkurimoottoria, PM1 ja PM2, kumpaakin omien kommutointikuristimen 1L1...1L3 ja 2L1...2L3, magnetointimuuntajien MT1 ja MT2, sekä syklokonvertterien CC1 ja CC2 kautta. Samasta pääjakeluverkosta syötetään myös ilmapulputuskompressoreja, apuvoiman syöttömuuntajia T1 ja T2, sekä keulapotkurin TM syöttömuuntajaa.

Apusähkötaulu MS1 voidaan jakaa kahteen osaan, kuten pääsähkötaulukin ja sen jännite on 400 V. Apusähkötaulua syötetään kuitenkin vain yhdellä muuntajalla toisen ollessa varalla. Apusähkötaulua voidaan syöttää myös maistaoton SC kautta, satamadieselin SD pyörittämällä satamageneraattorilla SG tai hätadieselin HD pyörittämällä hätägeneraattorilla HG, 400 V:n hätävoiman päätaulun ES1 kautta. Apusähkötaulu MS1 syöttää moottorikäynnistinkeskuksia MCC1 ja MCC2, sähkövoiman jakelukeskuksia PB, lämmitys/valaistusmuuntajaa T3, potkurimoottorien yhteistä varamagnetointimuuntajaa MT3 ja mainittua hätäsähkötaulua ES1.

Lämmitys/valaistusmuuntaja T3 syöttää toista, 230 V:n apusähkötaulua MS2, joka sekin on jaettavissa ja normaalisti on jaettuna kahteen erilliseen osaan. Muuntajan syöttämä puoli keskuksista on lämmityskeskusten HB syöttöön. Pääsähkötaulun syklokonvertertien säröyttämää jännitettä ei käytetä herkimmillä kuluttajilla. [13]. Siksi toisen apusähkötaulun MS2 toista puolta syöttää kaksi 200 kVA:n muuttajageneraattoria MG1 ja MG2 tuottamaan puhdasta 230 V:n siniaaltosähköä kulutuskojeille, valaistuskeskuksille LB ja toiselle, 230 V:n hätäsähkötaululle ES2. [13; 24]. Toista hätäsähkötaulua ES2 voidaan syöttää myös hätäsähkötaulusta ES1, mutta hätävalaistusmuuntajan T6 kautta. Kolmas, hätävalaistusta EL syöttävä hätäsähkötaulu ES3, on akkuvarmennettu.

Aina kun sähköverkon kiinteässä tuotannossa tai kuormituksessa tapahtuu muutoksia, ja viimeistään kolmen vuoden välein ennen suojaruleiden määräaikaista koestusta, tulisi sähköjärjestelmän oikosulkuvirrat laskea ja mitata pistokokein suojauskojeiden toteutumisen varmistamiseksi, sekä tehdä suojauskojeiden aika- ja virtaselektiivisyystarkastelut. Suojauskojeiden asetuserojen tarkastus tapahtuu suojaruleiden koestuksen yhteydessä. Erityisen tärkeää oikosulkuvirtojen ja selektiivisyyden tarkastaminen on akkuvarmennetun verkon osalta, mutta myös erilaisten sähköntuotantotapojen yhteis- ja erilliskäyttötilanteissa. [38, s. 181].

7 Sähkönjakelun laitteet

Luokituslaitoksen vaatimukset määrittelevät sen mitä kohteita katsastetaan ja miten usein. Tästä seuraa niin sanottu luonnollinen toimintapakko, eli laivan laillisen ja kaupallisen kulun jatkamiseksi se on katsastettava ja katsastuksen läpisaamiseksi on suoritettava ja dokumentoitava luokituslaitoksen vaatimuksissa lueteltuja ennakkohuolto-

toimintoja. Kappaleissa 7 ja 8 esiteltyjen sähkölaitteistojen ja sähkölaitteiden liitteinä olevat ennakkohuolto-ohjeet perustuvat IACS:n suosituksiin ja ohjeisiin, luokituslaitoksen vaatimuksiin erityisesti tarkastusvälien suhteen, laitevalmistajan ohjeisiin, kirjaan ST-ohjeisto 12 (2010), ST 95.60.03 ST-kortin pohjiin, alan kirjallisuuteen, sekä sähkölaitteistojen ja sähkölaitteiden ennakkohuollosta tehtyihin opinnäytetöihin, joita viime vuosilta löytyi useita. Liitteiden lähdeviittaukset ovat kootusti liiteluettelossa.

7.1 Keskijännitekojeisto

Pääsähkötaulu tai sähköpääkeskus on PSO, joka laiteluetteloissa ja muidenkin laivojen keskijännitekojeistojen dokumentaatioissa esiintyy kirjoitusmuodossa PS0. Se on 6,3 kV:n 50 Hz:n [8, s. 15] keskijännitekojeisto, joka syöttää myös suuret sähkökäytöt, kuten luvun 6 alussa kerrotaan. Kojeisto on kaksiosainen, kiskoerottimella jaettavissa oleva ja asennettu takaseinät vastakkain. Kojeisto koostuu toisiinsa kiinnipultatuista metallikoteloiduista kennoista (metal-clad) ja yksittäinen kenno jakautuu kiskostoosaan, pääkojetilaan ja lähtötilaan, joista on omat purkautumistiet kojeiston yläpuolelle. Pienjännitteinen toisiokojetila on pääkojetilan yläpuolella. Kojeisto on tehdasvalmistainen, DNV-luokitettu ja standardin IEC 92 mukainen [58.] Keskijännitteinen kiskosto on kuparia ja nimellisvirraltaan 1250 A, kuten kennotkin. Kojeistossa on ilmakaisijalla ja virtamuuntajalla varustettuja vaunukatkaisijakennoja syklokonvertterien syöttöön, generaattorikennoja joissa edellisen lisäksi jännitemittamuuntajat, pitkittäiskatkaisijakenno kiskoston puoliksi jakamiseen, jännitemittamuuntajilla varustettuja mittauskennoja on kiskokatkaisijan molemmin puolin yksi kumpaankin kiskonpuolikkaaseen, SF6-kontaktorilla ja varokkeilla varustettuja kahden lähdön kennoja muuntajien ja moottoreiden syöttöön, sekä generaattorin tähtipistekennoja 1380 Ω vastuksella. Pitkittäiskatkaisijakennoa lukuun ottamatta kennoissa on kiinteät maadoituserottimet [86; 58.] Huolto on ohjeistettu liitteessä 1.

7.2 Erottimet

Erotin on mekaanisesti toimiva kytkinlaite, joka avattuna aikaansaa luotettavan avausvälin ja suljettuna kykenee johtamaan oikosulku- ja kuormitusvirran. Erottimelta ei kuitenkaan vaadita kuormankatkaisukykyä; sulkemis- ja katkaisukyky on vain 0,5 A, jos erikseen ei muuta ilmoiteta [25, s. 332.] Siksi muiden kuin nimenomaisesti kuorman

erottamiseen tarkoitettujen kuormanerotimien kanssa on käytettävä katkaisijaa tai vastaavaa kuorman erotukseen ja oikosulun katkaisuun soveltuvaa laitetta. Erottimen on pysyttävä lukitusmekanisminsa avulla auki tai kiinni, riippuen kumpaan asentoon erotin on ohjattu, jottei tärinä, tahaton kosketus tai vastaava ulkoinen syy pääse sulkemaan avattua erotinta ja jottei oikosulkuvirran dynaaminen rasitus pääse aukaisemaan suljettua erotinta. [58]. Erottimia on eri tarkoitukseen erityyppisiä, joista tässä yhteydessä käytössä on vain kolmivaiheinen, välitysvivustolla varustettu, käsin ohjattava veitsierotin. Erottimen rakenne on hyvin yksinkertainen ja toimintavarma, josta syystä veitsierotimia käytetään jäänmurtaajissakin maadoituserottimina, jotka normaalisti ovat auki, sekä generaattoreiden tähtipistekennossa, normaaliasennossa kiinni. [87]. Maadoituserottimet kuuluvat kiinteästi keskijännitekojeiston kennoihin ja niiden virheikäytön estämiseksi ohjausvivustossa on lukitusmagneetti, joka estää erottimen ohjauksen jännitteisenä. [58]. Erottimien kunnonvalvonta ja huolto on ohjeistettu liitteessä 1. Maadoituserottimien ja tähtipistekennojen erottimien suurin ja huoltoonkin vaikuttava ero on niiden käyttötavassa: maadoituserottimen kosketin on normaalisti auki ja ilmassa, kun tähtipiste-erottimen on kiinni toisessa koskettimessa.

7.3 Katkaisijat ja kontaktorit

Katkaisija on sähkövirran kytkentään ja katkaisuun tarkoitettu laite, jonka johtokyky riittää kuormitusvirran lisäksi myös oikosulkuvirralle. [25. s. 335]. Katkaisijoita on eri tyyppisiä riippuen eristysaineesta ja valokaaren katkaisutavasta. Ilmakatkaisijassa kärjet ovat normaalissa ilmanpaineessa ja aukaistaessa niiden väliin syttyvä valokaari sammutetaan magneettisen puhalluksen avulla. Menetelmässä magneettikenttä vetää valokaaren sammutuskammioihin metallisten sammutuslevyjen väliin, jolloin valokaari pitenee niin paljon, että se sammuu. [85, s. 28]. Pienemmän jännitetason ilmakatkaisijoita löytyy myös suurivirtaisista pienjännitekeskuksista. [9].

Suuritehoisten, ilman nopeuden säätöä sähköverkkoon kytkettävien moottorikäyttöjen ja muuntajien kytkinlaitteena on katkaisijan sijaan 250 A:n SF₆-suojakaasueristeinen kontaktori, koska kontaktorin käyttöikä toimintakertojen lukumäärällä mitattuna on huomattavasti katkaisijaa pidempi. [85, s. 30]. Vastaavasti oikosulun katkaisukykykin on pienempi, joten oikosulkusuojaus on toteutettu suurjännitevarokkein. Katkaisijoiden ja kontaktorien huolto-ohjeet ovat liitteessä 1.

7.4 Relesuojaus

Keskijännitelaitteiston suojaukseen on käytetty Strömbergin (nyk. ABB) staattisia SPA-suojareleitä. Releet ovat pistoyksikkörakenteisia ja vaativat toimiakseen jatkuvan apujännitteen. [68]. Suojareleet ovat keskijännitekojeiston sähköisessä suojauksessa äly, joka mittamuuntajilta saadun mitta-arvojen ja apureleiltä saadun binäärisen lukitustiedon, sekä aseteltujen raja-arvojen perusteella ohjaa katkaisijaa suoraan tai aikaviiveellä. Katkaisijoiden selektiivinen toiminta virta- ja aikatasossa saadaan aikaiseksi suojarleiden oikeilla asettelu-arvoilla.

Kiskostolla maasulkusuojauksena on vakioaikaylijänniterele, joka on aikahidastettu nollajänniterele. Alijännitesuoja on myös vakioaikahidastettu rele [68.]

Päägeneraattoreilla maasulkusuojauksena oleva maasulun suuntarele suojaa vain generaattorissa tapahtuvilta maasuluilta eikä se näin ollen tee turhaa toimintaa esim. oikosulkutilanteissa. Differentiaalisuojana on kolmivaiheinen vakavoitu differentiaalirele, jossa on yliaaltosalpa muuntajan kytkentävirtapiikistä aiheutuvan laukaisun estämiseksi. Monitoimireleellä on toteutettu ylivirta- ja oikosulkusuoja. Lisäksi on takatehorele ja ylijännitesuojana jännitteenousurele [68.]

Syklokonverttereillä maasulkusuojauksena on maasulun suuntarele. Syklokonvertterin ja vaiheyksiköiden ylivirta- ja oikosulkusuojaus monitoimireleillä [68.]

Muuntajilla maasulkusuojauksena ovat vakioaikaylijännitereleet. Ylivirtasuojana on kolmivaiheinen vakioaikaylivirtarele ja oikosulkusuojana varokesuojaukseen kuuluvat suurjännitesulakkeet [68.]

Oikosulkumoottoreilla suojauksena ovat maasulkusuojaus vakioaikaylivirtareleellä, sekä moottorisuojaus monitoimireleellä. Moottorisuojana toimivat jumisuoja, ylivirtasuoja, ylikuormitussuoja ja vinokuormitussuoja [68.]

400 V:n apugeneraattoreilla SG ja HG suojauksena on generaattorisuoja, jossa suojaustoimintoina ylijännitesuojaus, takatehosuojaus, oikosulkusuojaus ja ylikuormitussuojaus [68.]

Suojareleet koestetaan kolmen vuoden välein ja määräaikaishuolletaan 10 vuoden välein valmistajan ohjelman mukaisesti. [13]. Ennakkohuoltona ei valmistajan ohjeiden mukaan tarvitse tehdä muuta kuin seurata tarkoin releiden sijaintiympäristön lämpötilaa ja erityisesti ilman kosteutta ja puhtautta, tosin joidenkin suojareleiden ohjeissa mainittiin että pistoyksikön liitosten puhtautta ja liittimien kireyttä tulee tarkkailla. [58]. Ilman laadun tärkeyden paljastaa koetuksessa havaittu ja toimivaan varareleeseen vaihdettu vikaantunut suojarele, jonka korjausraportissa mainitaan koskettimien olleen hapettuneet, likaiset ja ympäristön ilmanlaadulla suora vaikutus asiaan. [9]. Muuntamotilan jatkuva ylipaineistus ja ilman laadun säätäminen on siis asetusten tarkastamisen lisäksi tehokasta ja edullista ennakkohuoltoa suojareleille.

7.5 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat keskijänniteverkon suojauksessa ja mittauksessa tarvittavia komponentteja. Ne muuntavat kaapeleiden, johtimien ja kiskostojen jännitteet ja virrat suojareleiden ja virtamittareiden käsiteltävään muotoon. Mittamuuntajat ovat hyvin yksinkertaisia, kestäviä ja pitkäikäisiä laitteita eivätkä juuri tarvitse huoltoa. Virtaa ja jännitettä mittaavilla muuntajilla on kolme yhteistä tehtävää:

- Muuntaa ensiöpiirin virta tai jännite mittalaitteelle tai releelle sopivaan muotoon ja laajentaa mitta-alaa.
- Erottaa toisiopiiri ensiöpiirin jännitteestä, joka voi olla suurjännite.
- Mahdollistaa releiden ja mittareiden sijoitus kauaksi mittamuuntajista.

Lisäksi perinteisen virtamuuntajan rautasydän kyllästyy ja näin se myös suojaa toisiopiiriä ylisuurilta virroilta. [59, s. 81; s. 96.] Virtamuuntajissa on erilaisista tarkkuusluokkasvaatimuksista johtuen erilliset sydämet mittaukselle ja suojareleelle, mittaustilanteen ja suojaustilanteen virtojen suhde kun on suuri. [67, s. 89 - 90; s. 101 - 102; s. 111].

Kaapelivirtamuuntajia käytetään maasta erotetuissa ja suuren resistanssin kautta maadoitetuissa suurjänniteverkoissa havaitsemaan maasulkuja, koska sillä voidaan mitata pieniäkin maasulkuvirtoja. Siksi niitä käytetään aina kun mahdollista. Normaalisti kaapelivirtamuuntajan mittaama virta on nolla, mutta maasulussa se kasvaa [85, s. 37 -

38.] Suurillakaan oikosulkuvirroilla kaapelivirtamuuntajalla toteutettu maasulkusuojaus ei toimi aiheetta, käynnistettäessä moottoria tai kytkettäessä muuntajaa. [67, s. 127].

Jännitemittamuuntajat syöttävät mittausjännitettä mittareille ja suojuareille [67, s.86 - 87] ja tässä tapauksessa myös jännitteensäätimille sekä konevalvontajärjestelmään. Syöttö tapahtuu jännitemuuntajan mittauskäämistä, joka toisin kuin virtamuuntajalla, on yhteinen mittaukselle ja suojuukselle. Jännitemittamuuntajan toinen toisiokäämi on avokolmioon kytketty ja siinä on 47Ω vastus. [87]. Tällä vaimennetaan sähköverkossa mahdollisesti esiintyviä yli- ja aliharmonisia kippi- eli resonanssivärähtelyjä. [85, s. 33].

Ennakkohuoltona mittamuuntajilla on puhdistus keskijännitekojeiston puhdistuksen yhteydessä ja liitoksien kireyden, sekä jännitemuuntajilla maadoitusten tarkastus kojeiston tarkastuksen yhteydessä. Kojeiston huoltohistoriaa tulee seurata ja tarkastaa myös mittamuuntajien rakenne tarkemmin, mikäli jonkin tapahtuma indikoi poikkeuksellisen suurta kemiallista, termistä tai dynaamista rasitusta.

7.6 Loistehon säätö

Aluksen sähköverkko tarvitsee induktiivisten laitteiden kompensoimiseksi kapasitiivista loistehoa. Sitä tuotetaan kuusiportaisella 400 V:n loistehonsäätimellä, jonka säädin säätyy jännitteen ja virran välisen vaihekulman perusteella, portaita kuormituksesta riippuvan loistehon tarpeen mukaan päälle ja pois kytkien.

Liitteessä 1 on kompensointilaitteiston huoltotaulukko, joka on koottu ST-kortin pohjan ympärille eritellyistä lähteistä. Kunnonvalvontamittauksista voidaan kokeilla osittaispurkaus- ja häviökerroinmittauksia. [28, s. 14].

7.7 Eristystason valvonta

Sähköjärjestelmä on maasta erotettu IT-järjestelmä, varustettuna eristystilan valvontalaitteistoilla. Varsinaista huoltoa ei tarvita, vuosittainen toiminnan tarkastus riittää [13; 17]. Luokituslaitoksen vaatimusten mukaan laite on tarkastettava, mikäli laitteen mittausulos ei ole uskottava, vaan on esim. ääretön. [81, s. 35].

7.8 UPS-järjestelmä

Kriittisiin järjestelmiin kuuluva varmennetun ja katkeamattoman sähkön tuotantoon kuuluva UPS-järjestelmä varmentaa aluksen automaatiojärjestelmien häiriöttömän sähkönsyötön blackout- eli sähkökatkostilanteissa varsinaisen sähkönsyötön rinnalla toimien. UPS-järjestelmän akustot on tarkoitettu mahdollisimman huoltovapaiksi, mutta 6kk:n välein tarkastetaan kiinnitykset, kaapelit, liitokset, yleinen puhtaus ja pölyttömyys, puhaltimen toiminta ja puhtaus, sekä lämpötilat ja jännite. Hälytyslokin tiedot selvitetään, arkistoidaan ja laskurit nollataan, samalla järjestelmän kello tarkastaen. Kapasiteettikokeet 12 kk:n välein muun akuston kapasiteettikokeiden yhteydessä. [10, s. 3]. Yliaaltojen tapaiset, akkujen elinikää lyhentävät sähköiset häiriöt mitataan täyden kuormituksen aikana. [41, s. 115].

IEEE-standardin määritelmän mukaan UPS-akun käyttöikä on päättynyt ja akku tulisi vaihtaa, kun se ei enää kykene tuottamaan kuin 80 % nimellistehostaan ampeeritunteina. [46, s. 13]. Suurin ja merkittävin akun elinikään vaikuttava yksittäinen tekijä on ympäristön lämpötila, jota tulee seurata säännöllisesti ja mahdollisuuksien mukaan pitää alle +25 °C, koska jokainen 8,3 °C lämpötilan nousu lyhentää UPS-akun elinikää 50 %. [46, s. 15]. Tästä johtuen UPS-järjestelmän ympäristön lämpötilaa tulee seurata vuositasoin trendinä, sillä aluksen sähköjärjestelmän mitoitus on tehty +35 °C ympäristön lämpötilalle. [9]. UPS-järjestelmissä yleensä käytettyjen VRLA-akkujen käyttöikä on normaalisti 3 - 5 vuotta. [46, s. 14]. UPS-laitteiston puhaltimien ja akkujen vaihdot saa tehdä vain laitevalmistajan valtuuttama huolto.

8 Sähkötilat, keskuksat ja kotelot

Aluksen sähkökeskukset ja -kotelot on nimetty toiminnallisen jaon mukaan (ks. luku 6). Toiminnan sähkönlaatuvaatimuksista ja sähkönjakelun häiriöttömyysvaatimuksista riippuu mistä kyseinen kulutusryhmä syötetään. Muuntamoiden huollot on sisällytetty sähkötilojen huolto-ohjeeseen. Keskusten huollot voidaan jakaa karkeasti kolmeen erilliseen: moottorikeskukset, voimanjakelukeskukset ja tärkeiden/hätäkuluttajien keskuksat. Kaikkien tässä käsiteltyjen keskuksien huolto-ohjeet ovat liitteessä 3.

8.1 Sähkötilat

Sähkötiloissa ja muuntamoissa tehdään liitteessä 2 mainitut tarkastukset. Tarkastusohjelma on koottu IACS:n ja luokituslaitoksen vaatimuksista, sekä mainituista lähteistä. Lämpökuvaus ja muut kunnonvalvontamittaukset on suoritettava toimintakauden alussa täyden kuormituksen testiajotilanteessa, josta saataviin ehjän tilanteen vertailuarvoihin toimintakauden mittaustuloksia verrataan. Toimintakaudella lämpökuvaus ja muut kunnonvalvontamittaukset olisi tehtävä rutiinotoimintona mahdollisimman usein. Vikaantumista epäiltäessä on lämpökuvaus ja muut aistinvarainen valvonta tihennettävä viikkokierrokseen toteutettavaksi. Päiväkohtainen erikoisvaatimus: Vesilinjan alapuolella olevien asennusten kaapeliläpiviennissä on aina työvuoron päättyessä, myös asennus- tai huoltotyön jäädessä vielä kesken, oltava paikallaan vesitiiviit kaapeliläpiviennit.

8.2 ATEX -tilat

Räjähdyksivaarallisissa eli ATEX-tiloissa olevien sähkölaitteiden ennakoivassa huollossa tulee noudattaa, ellei varustamon turvallisuusjohtamisjärjestelmässä, luokituslaitoksen tai katsastajan määräyksissä muuta vaadita, voimassaolevaa versiota standardista SFS-EN 60079-17 ”Räjähdyksivaaralliset tilat. Osa 17: sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito”, johon viittaa myös IACS-suositus. [75]. Siihen puolestaan viittaa luokituslaitoksen vaatimus. [81, s. 45]. Jäänmurtajilla olevat sähkötilat jakautuvat luokkiin IIC (akkuhuoneet), IIC (hitauspulloverastot) ja IIB (maalivarastot). [84, s. 41]. ATEX-tilojen sähkölaitteistoja koskevat huolto-ohjeet ovat liitteessä 2. Huomioitava ATEX-tilojen ennakkohuoltoon tarvittava henkilöstön pätevyysvaatimus.

8.3 Apuvoiman pääkeskus MS

Laivasähköissä päätaululla tarkoitetaan usein MS taulua (ks. lyhenteet), olipa sähköpääkeskuksen pääjännite millainen tahansa. Päätaulusta liitytään maasähköön ja hätäsähköihin, tosin keskijännitteiset laituriliitännät ja niiden yleistymistä edistävät ympäristömääräykset muuttanevat tilannetta. Apuvoiman päätaulu on nimellisarvoiltaan 2500 A:n ja 660 V:n kestoinen keskus, jossa on apumuuntajilta T1 ja T2 tulevaa syöttöä varten 2500 A:n ilmakatkaisija keskuksen kummassakin puoliskossa. Keskuksen

kiskosto voidaan jakaa kahteen erilliseen osaan 2500 A:n kiskoerottimella. Satamadieselien pyörittämä satamageneraattori liittyy keskukseseen 630 A:n ilmakatkaisijalla. Yli 320 A:n lähdöt keskuksessa on automaatein, pienemmät varokeytkimin. Satamageneraattorilla on generaattorisuojarele ja sen ansiosta toisarvoisten kuluttajien (lämmitys, keittiökoneet, hotellipuolen tuuletus, konetilan tuuletus) irtikytkentä kovemmassa kuormitustilanteessa [9.]

Apusähkötaulu MS2 on jännitetasoltaan pienempi, 230 V 50 Hz 630 A ja IP44 luokan laivakeskus. Keskuksessa on 630 A:n kiskoerotin, jolla se voidaan jakaa kahteen osaan. Keskusta syötetään valaistusmuuntajalla kahden ilmakatkaisijan kautta, sekä kahdella eri muuttajageneraattorilla [9.]

8.4 Moottorikeskus MCC

Laivalla on paljon erilaisia pumppu- ja puhallinkäyttöjä ja työkoneita, joita varten on tehty keskitettyjä moottorilähtökeskuksia. Ne syöttävät moottorilähtöjä 5,5 kW... 200 kW. [9]. Huolto-ohje on liitteessä 3, mutta moottorilähtöjen suojalaitteiden asettelut sekä sähkönlaatumittaukset tulee tehdä yhdessä moottorihuoltojen kanssa, joihin ei tämän työn laajuudessa tarkemmin käsitellä.

8.5 Hätäjakelukeskus ES

Hätäsähköjen päätaulun ES1 rakenne sama kuin päätaulun MS1, eli 660 V 50 Hz 1000 A IP22. Hätädiesel ja MS1 syötöt liittyvät keskukseseen ilmakatkaisijalla. Hätädieselin generaattori ja sen suojaus on samanlainen kuin satamadieselin generaattorillakin. Lähdöt ovat varokeytkinlähtöjä ja keskuksessa on hätäverkon eristystilan valvonta.

Hätäsähkön aputaulujen ES2 ja ES3 jännitetaso on 230 V ja niillä syötetään tärkeimmät hätäkuluttajat. Keskuksissa on erikoispiirteensä 400 A:n vaihtokontaktori tuleville syöttöille, joilla valitaan syöttöjen välillä. Hätävalaistuskeskus ES3 on 220 VAC/DC, siinä on 12 kpl kykinvarokelähtöjä ja 125 A:n vaihtokontaktori, jolla syöttö tulee ES2 keskukselta tai akustosta.

8.6 Maistaottokeskus SC

Maasähkön eli maistaottokeskuksen huollot, tarkastukset ja testaukset katsastusviranomaisen ja luokituslaitoksen voimassa olevien määräysten mukaan, jotka uusiutuvat useammin kuin laivan muun sähkölaitteiston tarkastusta koskevat säännöt. Maasähköliitännässä on pakollisena varusteena maasähköstä tulevalle nollalle ja suojamaalle omat liittimet, jotka eivät jatku laivan sähköverkkoon. Keskuksessa on myös verkon tahdistus ja varokesuojaus. Maistaottokaapeleiden kuntoa tulee seurata aktiivisesti.

8.7 Jakelukeskukset HB, LB, PB, OB, DL, EL

Ryhmäkeskukset on nimetty ja ryhmitelty toiminnallisen jaon mukaan (ks. lyhenteet). Keskustyyppistä riippuen keskukset syötetään kolmivaiheisesti 400 V:n tai 230 V:n pääjännitteellä ja niiden kulutusryhmät ovat jännitteeltään joko 230 V:n tai 400 V:n kulutusryhmiä. PB keskuksen kotelointiluokka IP44 ja sitä syötetään päätaulusta tai voimanjakelukeskuksista. Moottorikuluttajat koottu käynnistinkeskuksiksi, joissa lähdöt suojattu varokkeilla. Muutamissa keskuksissa on 63 A ja 32 A pistorasioita, joista osa ulkokansilla. HB on lämmityskotelo, joka käyttää muuntajan kautta syklokonvertterin säröyttämään sähköä. Harmoniset yliaallot voivat aiheutua vaurioita sähkölaitteissa, joten lämpökuvaus mahdollisimman samanlaisissa olosuhteissa lämmityskauden loppupuolella on tarpeellinen.

8.8 Haaroituskotelot

Riviliitinkotelot sisältävät vain riviliittimiä. Tarkastetaan vuosittain jotta mahdolliset viikaantumiset eivät olisi passiivisissa koteloissa. Riviliitinten liiallista kiristämistä on välttävä, sillä signaalikaapelin ohut johdin saattaa katketa liian tiukkaan kiristetyssä riviliittimessä.

8.9 400 V pistorasiat

Kolmivaihepistorasiat syöttävät suuritehoisia kulutuskojeita, korjausten ja kunnossapidon työmaatarpeita. Vanhoissa piirustuksissa pistorasiakotelot näkyvät vielä 380 V

nimityksellä, mutta nykyinen jännitetaso on 400 V. Suolaisesta meri-ilmasta johtuen, 3 vuoden välein tulee mitata pistotulppa-adapterin avulla voimapistorasioden ylimenovastus ja puhdistaa kosketinpinnat tarvittaessa.

9 Generaattorit

Generaattorihuolloissa noudatetaan samaa yhden isomman remontin mallia mitä muillakin laivan suurilla sähkökoneilla, eli yksi aukaistaan vuosittain perusteelliseen huoltoon. Huoltoväli on käytännössä hyväksi havaittu. [13]. Huolto-ohjeet ovat liitteessä 4.

9.1 Päägeneraattorit

Tahtigeneraattori on sähkökone, joka muuntaa mekaanisen pyörimisvoiman sähkötehoiksi ja luovuttaa sen sähköverkkoon. [59, s. 215]. Tahtigeneraattori tarvitsee vaihtosähkön tuottamiseen magnetointivirtaa eli tasavirtaa. [90, s. 3]. Kestomagneetti-generaattori syöttää jännitteensäätäjän kautta magnetointigeneraattorin magneettikäämiä. Magnetointigeneraattorin roottorikäämitys magnetoi sulakesuojattujen diodien kautta päägeneraattoria. [68.]

Kummankin pään laakereilla on oma voitelupumppu ja toisessa päässä on vesijäähdytys. Tuuletuksena generaattorilla on oma sisäänrakennettu tuuletin, jäähdytysilma ulkoa tai konehuoneesta. Suojavarusteena on 6 kpl Pt-100 lämpötila-antureita staattoriin, 2 kpl Pt-100 lämpötila-antureita laakerikuoriin, 2 kpl Pt-100 antureita tuloilmalle, 2 kpl paikallisesti osoittavia lämpömittareita laakereille ja 2 kpl paikallislämpömittareita tuloilmalle. Seisontalämmitysvastukset ovat staattorirungon sisäpuolella [82.]

Päägeneraattoreita on 4 kpl ja ne syöttävät keskijännitekojeistoa PS0. Kunkin generaattorin tähtipiste on maadoitettu resistanssin kautta ja jokaisella on suojarlein toteutettu sähköinen suojaus. Vähintään kaksi generaattoria on käynnissä potkurimoottorin pyöriessä. Päägeneraattoreita pyörittävät päädieselmoottorit, jotka toimivat edullisella raskaalla polttoöljyllä [68.]

9.2 Satamageneraattori ja hätägeneraattori

Satama- ja hätägeneraattorit ovat JM Otsolla samanlaiset. Kummassakin on VEM 3 SBE 316-4, harjaton ja päällerakennetulla jännitteensäätäjällä varustettu, 373 kVA tehoinen, 1500 rpm 400 V 50 Hz, ja kotelointiluokaltaan IP23. Generaattorilla on jäähdytystuuletin, jäähdytysilma tulee konehuoneesta, jonne se myös palautuu takaisin. Staattorikämeissä on kpl Pt-100 lämpötila-antureita ja generaattorissa on seisontalämmitysvastukset. Generaattorinsuoja on toteutettu suojarelein ja se on kummallakin samanlainen. [9.] Kumpaakin apugeneraattoria voidaan käyttää satamageneraattorina ja hätägeneraattorina, varsinainen hätägeneraattori käynnistyy ensin. [9; 13].

9.3 Muuttajageneraattorit

Apuvoiman päätaulusta MS1 halutaan syöttää 230 V:n apuvoimataulun MS2 herkempiä kuluttajia mahdollisimman häiriöttömällä ja siniaaltoisella sähköllä. Siksi laivan sähköverkkoon on aikanaan täytynyt rakentaa muuttajageneraattorit, joissa Strömbergin sähkömoottorin HXUR/CW 638 G2 B3, teho 180 kW 400 V 50 Hz 1500 rpm pyörittää akselinsa päähän kytkettyä harjatonta tahtigeneraattoria MG 507/4 Hitzinger 200 kVA 220 V 50 Hz 1500 rpm. Näin aikaansaadaan 2 x 200 kVA hyvälaatuista ja häiriötöntä sähköä, josta hintana maksetaan moottorin ja generaattorin häviöt, suojauksiin tarvittavat investoinnit, sekä huoltoon ja korjaukseen sidotut resurssit. Nykyisten syklokonvertterien häiriötasot ovat pienemmät ja sähkönlaatua saadaan parannettua erilaisin yliaaltosuodattimin.

10 Muuntajat

Sähkönjakelujärjestelmän erilaisista tarpeista johtuen laivalla esiintyy useita erilaisia jännitetasoja, joiden tuottamiseksi tarvitaan erilaisia muuntajia. Muuntajat ja muuntajiin lukeutuvat kuristimet eli reaktorit on esitelty tässä luvussa ja niiden huolto-ohjeet ovat liitteessä 5.

10.1 Apuvoiman syöttömuuntajat, päämuuntajat

Paloturvallisuussyistä johtuen laivakäytössä ei aikanaan ole sallittu kuin kuivamuuntajia. JM Otsolla päämuuntajat eli apujännitteen syöttömuuntajat T1 ja T2, jotka muuntavat pääjännitettä alemmalle tasolle, ovat valuhartsieristeisiä, kuivia, itsejäähdytteisiä, koteloituja kolmivaihemuuntajia. Teholtaan kumpikin on 1500 kVA kytkennällä Dyn ja koteloituluokalla IP23. Toisiopuolella on ylijännitesuoja ja lämpötila-anturi. Kokemus on osoittanut, että muuntajat on hyvä aukaista kokonaan tarkastusta ja huoltoa varten, eli yhdelle muuntajalle tehdään vuosittain suurempi huolto. [13].

10.2 Apumuuntajat

Valaistusmuuntaja T3 on 240 kVA:n kuiva, jännitteeltään kolmivaiheinen, 400/230 V:n kolmivaiheiseen toisioon muuntava, itsejäähdytteinen, koteloitu kuivamuuntaja, jonka koteloituluokka on IP23. Muuntaja muuntaa päämuuntajien T1 tai T2 keskijännitekojeistosta MS1 keskukselle syöttämää, syklokonvertterin säröyttämää jännitettä 400 V:n tasosta 230 V:n tasoon lämmitys- ja valaistuskäyttöön. Siksi muuntajalla on omat ilmakatkaisijat keskuksen MS2 kummallakin puoliskolla. Muuntaja ei kuitenkaan tee yksivaiheista sähköä, vaan laivan IT-järjestelmässä 230 V:n kuluttajakin on kahden vaiheen välissä, kun maasähköistä tutun TN-järjestelmän kuluttaja on yhden 230 V:n vaiheen ja nollan välissä.

.Hätävalaistusmuuntaja T6 on sekin kuivamuuntaja, 100 kVA 400/230 V 50Hz ja koteloituluokaltaan IP23. Muuntaja muuntaa hätäsähkön päätaulun ES1 syöttämää jännitettä 230 V:n tärkeille kuluttajille ja hätäkuluttajille ES2 hätäsähkötaulun käyttöön.

10.3 Magnetointimuuntajat

Magnetointilaitteiston tarvitsema teho muunnetaan sopivaksi magnetointimuuntajalla, joka on yleensä valuhartsieristeinen kuivamuuntaja. [90, s. 6]. Se on suunniteltu kestämään koviakin olosuhteita ja soveltuu palamattomuutensa johdosta hyvin myös laivakäyttöön. Kuivamuuntaja ei ole öljyeristeisen muuntajan tavoin herkkä ympäristöolosuhteille. Eristyksenä on käytetty valuhartsia joka on mekaanisesti ja sähköisesti lujaa [90, s. 6.]

Kuivamuuntajan elinikään vaikuttaa suuresti lämpötila; jokainen 10 °C lämpötilan nousu puolittaa sen eliniän. [90, s. 6]. Tuo on lähellä samaa kaavaa, jota UPS-akuston akut ikääntymisen nopeutumisessa noudattavat, joten lämpötilanhallintaan panostaminen kannattaa selkeästi. Magnetointimuuntajat ovat itsejäähdytteisiä, koteloituja 3-vaihemuuntajia, teholtaan 250 kVA, kytkentä Dyn, IP23. Toisiopuolella on suojarelein toteutettu ylijännitesuoja ja muuntajassa on lämpötila-anturi [9.]

10.4 Kommutointikuristimet

Syklokonvertterin vaiheyksiköiden syöttöön käytetään kommutointikuristimia, jotta syklokonvertterin ohjaamaan sähkökäyttöön saadaan vakautta. [13]. Tässä yhteydessä käytössä ovat Trasforin valmistamat DHT-FN kuristimet 250K/N, 6 kV / 6 kV, 520 A / 520 A, 50 Hz. Ne ovat itsejäähdytteisiä, koteloimattomia kolmivaihekuristimia. [9].

10.5 Keulapotkurin syöttömuuntaja

Jälkiasenteisen keulapotkurin syöttömuuntajaa syötetään pääsähköjärjestelmästä oman kontaktorilähdön kautta. Muuntaja muuntaa 6 kV jännitetason keulapotkurin taajuusmuuttajalle tarvittavaan 660 V:n tasoon. Muuntajan valmistaja on Mora Transformatoren ja muuntajan tyyppi on TH-523. Muuntaja on koteloitu kuivamuuntaja.

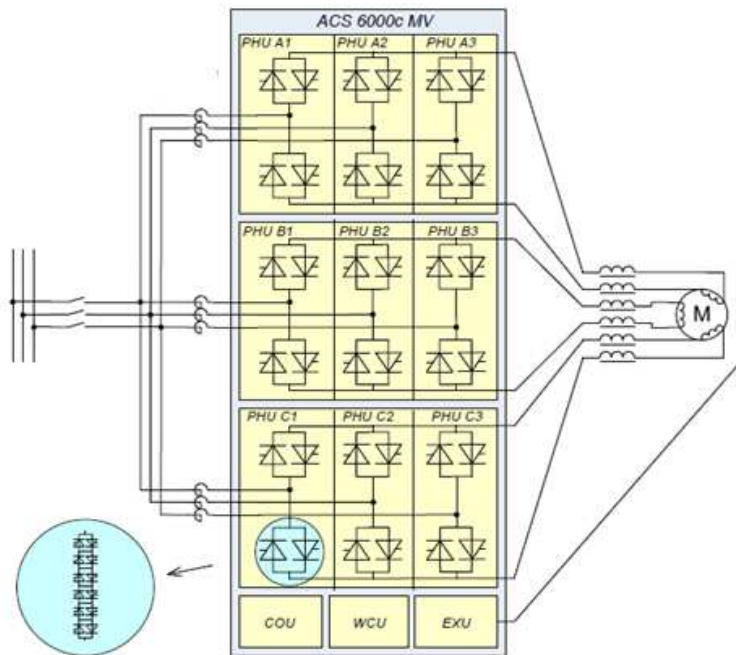
11 Sähkökäytöt

11.1 Syklokonvertteri

JM Otson potkurikoneiston muodostavat kaksi kolmivaiheista tahtimoottoria, joilla kumpaakin syöttävät omat, toisistaan riippumattomat syklokonvertterit CC1 ja CC2, jotka syötetään kommutointikuristimien kautta (kuvassa 8 esimerkki), pääjakelutausta PS0. [9]. Syklokonvertterit on uusittu vuonna 2010 ABB tyyppiin ACS 6000c, joka on hidaskäyntisten ja suuritehoisten moottorien ohjaamiseen tarkoitettu, keskijännitteellä toimiva, oman vesilaitoksensa vedellä jäähdytetty, suora taajuusmuuttaja. [17]. Niiden tehtävä on muodostaa potkurimoottorin vaihekäämeille sinimuotoinen virta, jonka taajuutta

säädetään tehonsäätöperiaatteella. [9]. Tällöin säätöjärjestelmä ohjaa potkurimoottorin tehon ohjearvon suuruiseksi ja pitää sen tehokertoimen noin yhdessä. [9].

Syklokonvertteri aiheuttaa häiriöitä sähköverkkoon, jolloin muuntajien T1 ja T2 sähkö kelpaa moottorikäytön lisäksi vain lämmitykseen ja valaistukseen. Yliaallot on huomioitu sähköjärjestelmän mitoituksessa.



Kuva 8. ACS 6000c syklokonvertterin periaatekaavio. [17].

Magnetointimuuntaja syöttää syklokonvertterin magnetointiyksikköä, joka syöttää potkurimoottorin magnetointipiiriä. Pääpotkurikäyttöä ohjataan yleensä nopeusohjeella, mutta jäissä kulkevissa laivoissa käytetään yleensä teho-ohjetta, koska näin jäiden aiheuttamat kuormitusmuutokset eivät teoriassa vaikuta dieselgeneraattorin tehontuotantoon. [89, s. 64]. Syklokonvertterin huolto-ohje liitteessä 6 on yhdistelmä uutta ja vanhaa. Näin siksi, että vesilaitoksen tiedot pätevät uudessakin, johtavuusarvot vain ovat hiukan erilaiset. [13].

11.2 Potkurimoottorit

Kummankin potkurin moottorina on Strömbergin valmistama tahtimoottori, 1-ankkurinen ja 10-napainen tahtikone, magnetointi liukurenkain. Tahtimoottori eroaa

rakenteeltaan oikosulkumoottorista roottorin rakenteen osalta, staattorien ollessa samanlaiset. [59, s. 255]. Tahtikoneen roottorissa on harjallinen magnetointi ja 12 hiiliharjaa, jotka tuottavat hiilipölyä haitaksi asti. [43]. Suuren ilmavälin ja erillisen magnetoinnin ansiosta tahtimoottori sopii hyvin pienille pyörimisnopeuksille. [59, s. 255]. Jäissä kulkevan laivan sähködynamiikan onkin oltava hyvä varsinkin kuormitusiskujen suhteen, toisin kuin avovedessä kulkevilla aluksilla. Suurin dynamiikan vaatimus tulee kohdalle silloin, kun potkurimoottorilla tehdään täydestä vauhdista suunnanvaihto ja jarruttaessaan potkurimoottori syöttää verkkoon takatehoa, joka saattaa nostaa sähköverkon taajuutta ja dieseleiden pyörimisnopeutta [89, s. 65.]

Potkurimoottorin syöttö ja magnetointi tulevat syklokonvertterin kautta, jota syötetään kommutointikuristimien ja magnetointimuuntajan kautta. [17]. Moottorin pyörimisnopeuden valvontaan on takometri sekä kaksi absoluuttianturia. [17; 82]. Kun moottorin teho on megawattien luokkaa, niin jäähdytysilmaakin tarvitaan sen mukaisesti; moottorin omat jäähdytystuulettimet imevät konetilasta suodattimen läpi 11,4 m³ / h jäähdytysilmaa ja palauttavat en konetilaan takaisin. Moottorissa on Pt-100 lämpötila-antureita staattorikäämityksen, laakereiden, tuloilman ja poistoilman lämmönseurantaan [82.] Moottorissa on SPM-nipat laakereiden kunnonvalvontamittauksia varten. [13].

11.3 Keulapotkuri

Keulan ohjauspotkurina on jälkeempään lisätty, Strömbergin valmistama 1,8 MW 0...60 Hz 690 V ja käyttönä SAMI STAR-taajuusmuuttaja 0...50 Hz 690 V. [8, s. 17]. Syöttö pääsähkötaulusta oman syöttömuuntajan kautta. Keulapotkurin tarkoitus on parantaa aluksen ohjattavuutta ja kääntymiskykyä työntämällä sitä keulassa poikittain sijaitsevalta propulsiokoneistolla jompaankumpaan suuntaan.

Liitteessä 6 on valmistajaa nykyisin edustavan ABB:n tekemään huoltotaulukkaan pohjautuva huolto-ohje. ABB tekee myös jaksotettuihin huoltoihin sopivia varaosapaketteja. Keulapotkurilla on ajettu kymmenessä vuodessa 690 h [13], joten huoltotarve on vähäinen ja aikaan sidottua. Kun vertaillaan valmistajan ensihuollon suositusta (4000 h tai 6 kk) toteutuneisiin käyttötunteihin, voidaan huollon määrä perustellusti minimoida tärkeimpiin kohtiin, luokituslaitoksen vaatimusten mukaisesti valmistajan huolto-oheita noudattaen.

11.4 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttaja on sähkömoottorin portaattomaan pyörimissuunnan ja -nopeuden säätöön tarkoitettu laite. Taajuusmuuttajia on välipiirittömiä eli suoria taajuusmuuttajia, kuten luvussa 11.1 esitelty syklokonvertteri, sekä pienemmille oikosulkumoottoreille tarkoitettuja välipiirillisiä taajuusmuuttajia, joissa sähköverkon vaihtosähkö tasasuunnataan ja vaihtosuunnataan moottoria syöttäväksi, ohjatuksi vaihtosähköksi. Liitteessä 7 on ABB:n huolto-ohjelmiin pohjautuvat taajuusmuuttajien huoltotaulukot. Luokituslaitoksen vaatimukset kehottavat noudattamaan valmistajan huolto-ohjeita, joten niistä ei ole syytä poiketa kuin ympäristöolosuhteiden perusteella havaitun tarpeen johdosta. Taajuusmuuttajien elinkaarta tulee seurata vuosittain, koska se vaikuttaa saatavilla olevaan varaosa- ja huoltopalvelun saatavuuteen sekä joissain tapauksissa myös hintaan.

12 Automaatio

Selvityksieni perusteella varustamon yksikkökäsikirja ottaa kantaa huolloissa vain instrumentoinnin osalta. [13]. Muilta osin automaation ennakkohuoltoon otetaan tiukasti kantaa luokituslaitoksen vaatimuksissa, erityisesti kriittiseksi luokiteltujen laitteiden osalta, sekä miehittämättömän E0-luokan konehuoneeseen liittyvän automaation osalta. [80; 81].

12.1 Konevalvonta- ja hälytysjärjestelmä

Konevalvonta- ja hälytysjärjestelmä on osa laivan hajautettua automaatiojärjestelmä. Sen on kyettävä valvomaan ja käsittelemään signaaleja luotettavasti sekä hälyttämään ja siirtämään hälytykset komentosillalle, hälytyskeskuksiin, asuintiloihin ja vahtijärjestelmään. [8, s. 46]. JM Otson E0-luokituksen mukaisesti toteutetun, eli miehittämättömän konehuoneen SELMA2 konevalvontajärjestelmän kokoluokka on Savolaisen mukaan [8, s. 66] yhteensä 1312 I/O-pistettä. Tähän on tullut lisäyksiä nykyiseen ABB 800xA –järjestelmään siirryttäessä. [13]. Uusi ABB:n 800xA-automaatiojärjestelmä, ja siihen kuuluva ABB:n PLC AC-800M, mahdollistaa monenlaisia järjestelmäintegrointeja ja lisää kunnossapidon käytettävissä olevia ohjelmallisia analyysityökaluja, joilloin voidaan puhua laivan automaatio- eli IAS-järjestelmästä.

Konevalvontajärjestelmän alkuperäisen SELMA2:n tilalle osin modernisoitu ABB 800xA, johon oli saatavissa vähän valmistajan tekemiä, varsinaiseen laitteistoon liittyviä ennakkohuolto-ohjeita eikä automaatiojärjestelmän pääkaaviotakaan löytynyt kuin uusittujen syklokonvertertien osalta. Ennakkohuolto-ohjeet (liite 8) on kasattu Huhtalan [30, s. 9] vastaavanlaiselle järjestelmälle koostamista ohjeista, sekä JM Otsolta löytyneiden huoltomuistiinpanojen ja valmistajan dokumentaation pohjalta, luokituslaitoksen vaatimukset huomioiden.

12.2 Instrumentointi

Instrumentoinnin testaukset on tehtävä valmistajan ohjeiden, yksikkökäsikirjan, sekä luokituslaitoksen ja katsastusviranomaisen voimassaolevien vaatimusten mukaisesti. Testauksista pidetään kirjaa aluskohtaisesti PMS-järjestelmässä [15.] E0-luoan miehitämättömän konehuoneen instrumentoinnin ennakkohuolto tulee tehdä luokituslaitoksen vaatimuksen mukaisesti vuosittain. [80; 81].

12.3 Mittaus- ja säätöpiirit

Kaikki mittaus- ja säätöpiirit, joilla mitataan tai säädetään jotain suuretta, on tarkastettava 12 kk:n välein. Piirien instrumenttien ja kenttäkaapeloinnin kuntoa on seurattava erityisen tarkasti raskaiden asennus- ja huoltotöiden yhteydessä mekaanisten vaurioiden oikea-aikaiseksi havaitsemiseksi. Kytkenät, liitokset ja liittimet tulee tarkastaa 12 kk välein, toistuvasti kiristämistä tarvitsevilla tai häiriöherkissä kohteissa 1 kk:n välein tai useammin. Ylläpidetty mittaus- ja säätöpiiriluetelo tehostaa ennakkohuollon suunnittelua, budjetointia, varaosahallintaa ja helpottaa ostopalvelujen tilaamista esim. kalibrointikierroksena. Kriittisten järjestelmien mittaus- ja säätöpiirit on kalibroitava vuosittain ja toimilaitteiden sekä anturien varaosavaranto kartoitettava vuosihuollon yhteydessä. Mahdollisten lukitusten toiminta ja testaus, varsinkin E0-luokan konehuoneen piirien osalta, on tarpeen, sillä luokituslaitoksen vaatimuksen mukaan instrumenttia tarkastettaessa on tarkastettava koko instrumentin ohjaus- tai säätöpiiri, sekä siihen liittyvät lukitukset ja hälytykset. [80; 81].

12.4 Häätäpysäytykset

Koneiston häätäpysäytyslaitteiden koestuksien yhteydessä tulee niiden kunto, kiinnitys ja eheys tarkastaa visuaalisesti. Jos ulkoinen tarkastus tai sijaintipaikan olosuhteet antavat syyn epäillä toimivuutta, tulee ylimenovastus mitata 60 kk:n välein. Muut huollot ja tarkastukset, kuten toiminnan testaukset, tehdään luokituslaitoksen määräysten mukaan kriittisiin järjestelmiin kuuluville 6 kk:n välein ja muille häätäpysäytyksille 12 kk:n välein. [80; 81].

13 Öljyntorjuntalaitteisto (JM Kontio)

Luvussa 2.3 on esitelty Kontion öljyntorjuntalaitteistoa pääpiirteittäin. Huoltovälien määrityksissä on huomioitava, että jäänmurtajaan asennetun öljyntorjuntalaitteiston toimintavarmuuteen arktisissa olosuhteissa kohdistuu asiaankuuluvat odotukset.

Tuokkolan [4, s. 36] opinnäytetyössä tuodaan esiin lämpökuvauksen soveltuvuus myös hydrauliiikan kunnossapitoon tilanteissa joissa ympäristön lämpötila ei ole liian kylmä, joten lämpökuvauus soveltuu erittäin hyvin myös öljyntorjuntalaitteiston hydrauliiikkoneikon hydraulisten ja sähköisten laitteiden kunnonvalvontaan. Lämpökuvaukset on suoritettava lämpimien vuodenaikojen öljyntorjuntaharjoituksissa, jotta mahdolliset viikaantumisien aiheuttamat lämpötilamuutokset saadaan paremmin havaittua. Työnjako hydrauliikkoneikon lämpökuvauksen suorittamisen ja mahdollisten löydösten analysoimisen osalta on sovittava konemestarin kanssa. Mahdollisen öljyntorjuntaan osallistumisen jälkeisessä kalustehuollossa on tehtävä kaikki 12 kk tarkastushuoltotoimenpiteet normaalin toimintakyvyn varmistamiseksi ja palauttamiseksi.

JM Kontion öljyntorjuntalaitteiston ennakkohuollot koottuna liitteeseen 9.

14 Päätelmät ja ehdotukset

14.1 Uudet mittaukset ja menetelmät

Lämpökuvaus hydraulikkakoneikoille vaikutti olevan vähän selvitetty aihe, joten sen soveltuvuutta peräsinkoneen ja öljyntorjuntalaitteiston hydraulikkakoneikkojen ennakko- huoltoon sähkölaitteiden lisäksi myös hydraulikkalaitteiden osalta kannattaa kokeilla. Lämpökuvausta kannattaa kokeilla myös akustolle ja vertailla tuloksia tarkasti muihin mittauksiin silloin kun yksittäisen akun sähköisten arvojen mittaus tai aistinvarainen tarkastus paljastavat vikaantumisen. CBM-kunnossapitostrategian mukaista olisi hankkia laitekohtainen ja laaja lämpökuvauskurssi ainakin ensimmäisille sähkömestareille kuvauskäytäntöjen, työturvallisuuden ja tulosten laadun vakiinnuttamiseksi mahdollisimman yhteismitalliseen muotoon, sillä lämpökuvauksen mahdollisuuksia kunnossapidossa voitaisiin laajentaa huomattavasti ottamalla käyttöön lämpökuvausikkunoita, joiden läpi sähkölaitteiston lämpökuvauksen voi suorittaa normaalissa käyttötilanteessa ja ilman mitään erityisjärjestelyitä. Keskijännitekojeistossa lämpökuvausikkunoiden sijoitus mahdollisuuksien mukaan alaspäin, jotta käyttötilanteen aikanakin kaapelitilassa olisi mahdollista saada lämpökamera oikealle kohdalle kuvaamaan kaapeliliitoksia, kiskostoa, mittamuuntajia, erottimia tai katkaisijaa. Vaihtoehtoinen sijoituspaikka on suoja-releiden takana aputilassa, keskijännitekennon yläpuolella. Lämpökuvausikkunoilla saataisiin ratkaistua suurimmat sähkötyöturvallisuuteen liittyvät ongelmat, joita lämpökameran nykytilanteen kartoituksessa tuli esiin. [13]. Laitteiden liitäntäkoteloihin, kytkentäkoteloihin ja keskusten oviin sijoitettu, kohteeseen soveltuva ja hyväksytty lämpökuvausikkuna tai -ritilä laajentaisi lämpökameran käyttökohteita ja nopeuttaisi huomattavasti kierrostoimintana tehtävää lämpökuvausta. Kaikkein tarpeellisimmissa kohteissa voidaan tapauskohtaisesti harkita jopa lämpökamera-anturin puolikiinteää sijoittamista, tai sellaisella voidaan kuvata keskijännitekojeistoa alapuolelta asentamalla kaapelitilaan kisko, jota pitkin lämpökuvausanturin kelkka liikkuu kuvauskohteesta toiseen. Robotiikalla voitaisiin tehostaa kunnonvalvontaa paljon, olipa kyseessä mittauspäättä muuntajan lähellä liikuttava eristeaineinen logiikan ohjaama varsi, tai pohjasinkkien kuvauslaitteisto.

Parantavasta kunnossapidosta pidemmälle menevä *kehittävä kunnossapito* voisi selvittää olisiko valokaarivartijajärjestelmää keskijännitekojeistoihin valmistavalla yrityksellä halua kehittää järjestelmästäan monikäyttöisempi, jossa samoilla valokuitulinssillä

voitaisiin toteuttaa sekä valokaarivalvontaa, että suorittaa lämpökuvausta turvallisesti myös täyden kuormituksenkin aikana. Soveltuisi erityisesti katveisiin, joihin muutoin ei lämpökameralla saada näköyhteyttä, tai kuvaaminen on työturvallisuussyistä mahdollista tai vaarallista, kuten esimerkiksi vaunukatkaisijoiden keskijännitteiset osat, tai moottoreiden ja muiden laitteiden liitännäkotelot. Kumpikin menetelmä havainnoi valoa, mutta erilaisilta aallonpituuksilta. [125]. Jos hiiliharjojen pöly on vielä potkurimoottoreiden ongelmana [43], kannattaa kehittää uudeksi menetelmäksi jännitetyöpölynimurin hyödyntäminen puolikiinteänä asennuksena hiilipölyn kohdepoistoon ajon aikana, mikäli alati kehittyvistä sähköä johtavista laakereista ei vielä löydy virran ja jännitteen kestoltaan sopivaa ja kulumatonta korvaajaa hiiliharjojen tilalle. Uutta kehittävä kunnossapito voisi kehittää myös valmistajien kanssa yhteistyössä lämpökuvausikkunan periaatteella lämpösäteilyn läpäisevän ja sähköisesti eristävän kosketussuojan, sekä mittauspisteeseen kiinnitettävän mustan kohdetunnistetarran tai sapluunan läpi tarkoitukseen tehdyllä maalilla maalattavan täpän, jonka avulla kuvantunnistusohjelma osaa lukea tunnistetarraan koodattuna tai numeron perusteella tietokannasta noudettuna kuvauskohteen tiedot, emissiivisyyskertoimen, lämpötila-alueen, halutun zoomauksen, sekä tarkan etäisyyden ja kuvauskulman ikkunan tasosta tarran tasoon automaattista tarkennusta varten. Nämä tiedot ovat hyvän lämpökuvan saamiseksi tärkeitä. [69, s. 103; 70, s. 22]. Tarra voidaan tehdä myös ympäristöään analysoivana RFID-tarrana [118], jolloin sen kautta voidaan etälukea lämpökuvattavan pinnan lämpötilatieto lämpökuvausikkunan läpikin ja mitatun tiedon perusteella säätää automaattisesti lämpökameran emissiivisyyskerroin oikeaksi. Näin on tehtävä kiiltävien pintojen tai muuten vaikeasti määritettävissä olevan emissiivisyyskertoimen tapauksissa. [91, s. 10]. Sähkökojeiston olosuhteisiin suoraan soveltuva RFID-järjestelmä on jo kehitettykin [119] ja tässä työssä havaitun perusteella järjestelmän soveltuvuutta myös keskijännitteelle kannattaa ehdottomasti tutkia tarkemmin. Lämpökuvausikkunan reunoille jos saadaan lisättyä lämpökameran kosketuksettomasti luettavaksi kotelon sisä- ja ulkopuolen lämpötilan sekä ilmanpaineen tai paine-eron mittaava ominaisuus, niin kuvaustulokset tarkentuvat. Näin sähkökeskusten lämpökuvattavuus siirtyisi tälle vuosituhannele ja lämpökameran käytöstä voisi tulla helppo, nopea ja automaattisesti tiedot AMOS-järjestelmään siirtävä osa päivärutiinia, ollen tuloksiltaan silti tarkempi kuin nykyiset erikoisjärjestelyinkään tehdyt lämpökuvaukset. Tällöin lämpökuvausikkunoidun keskuksen lämpökuvaus ja muut mahdolliset etämittaukset voidaan toteuttaa myös siirtämällä ne teollisuusrobotin, tai vastaavan vakioliikeradalle ohjelmoitavan liikealustan suoritettavaksi ja etäkunnossapidon analysoitavaksi, jolloin ennakoitavuus saataisiin maksimoitua ja kunnossapidon kustannukset minimoitua. Paljon henkilöresursseja sitovan akkuhuollon korvaajak-

si kannattaisi tehdä teknistaloudellinen tarkastelu vetypolttokennon tai vastaavan huoltovapaamman järjestelmän soveltuvuudesta akkujen korvaajaksi. [94, s. 6; 128]. Näitä käytetään sukellusveneissäkin, joten luokituslaitoksen vaatimukset täyttäviä järjestelmiä löytyy kaupallisena tuotteena. Uusissa, hyvän itsediagnostiikan omaavissa katkaisijoissa ja erottimissa toiminta-aikaa, liikenopeutta ja sen laatua sekä kosketinpainetta mittaavaa anturointia on vakiovarusteena, mutta hintavertailun vuoksi on hyvä tutkia voidaanko vastaavanlaista anturointia toteuttaa samanlaisella optisella mittausjärjestelmällä, jolla mitataan muuntajien käämimuutoksia tai pyörivien koneiden ilmaväliä. Suojareleiden kosketinpintojen hapettumisen oikea-aikaiseen havaitsemiseen en löytänyt aiheesta viittauksia, joten ehdotan uudeksi tutkittavaksi menetelmäksi Raman-spektroskopian [97; 98] soveltamista sähköisten koskettimien, erityisesti suojareleiden hopeoitujen koskettimien, mittaavaan kunnonvalvontaan. Menetelmän avulla kosketinpintojen ja vastaavien aistinvarainen arviointi voidaan muuttaa mitattavaan muotoon ja kuituoptisella mittauspäällä voidaan mitaten valvoa kosketinpintojen puhtautta vuosittain kunnonvalvontamittauksena, tai jatkuvatoimisena mittauksena. Hopeoitujen koskettimien puhdistamiseen voidaan kokeilla hammaskiven poistoon tarkoitettua ultraäänipuhdistinta, joka varustetaan kultapaikkojen puhdistuksen varustein. Samaa laitetta voidaan kokeilla erilaisin varustein myös sulakkeenpitimien ja erotinveitsien kosketuspintojen puhdistamiseen.

Keskijännitekojeiston ongelmia aiheuttaneiden kaapelikenkien kunnonvalvontaan löytyi monikanavainen, optinen lämpötilavalvontalaitteisto; on olemassa kuituantureita, joilla saadaan siirrettyä esimerkiksi suurjännitteisten muuntajien käämien lämpötilan hot spot-mittaus turvallisesti kauemmaksi muuntajan jännitteisistä osista ja täysin sähköäjohtamattomasti, jollaisten soveltuvuutta kaapelipäätteiden, erottimien ja muuntajien lämpötilavalvontaan kannattaa tutkia tarkemmin, mikäli lämpökuvauksikunoita ei voida keskijännitekojeistoon sijoittaa. Halvempi ratkaisu voi löytyä jännitetyökelpoisesta endoskoopista, mikäli sellaisen optiikka saadaan sopimaan myös lämpökuvauksen tarpeisiin. Muussa tapauksessa eristetty endoskooppi soveltuu pyörimättömien laitteiden käytönaikaiseen valvontaan. Aluksen muuntajat ja tahtikoneet kun puretaan auki melko usein, niin kannattaa kokeilla saadaanko mitattua sopivia vertailuarvoja, johon vertaamalla voidaan muuntajien ja moottoreiden käämimuutoksia mitata FRA-menetelmällä. [47, s. 197; 114; 115]. VLF-menetelmä on tarkoitettu sähkökoneiden kunnonvalvontaan [116], mutta soveltuu kaapeleiden kunnonmittaukseenkin [48, s. 18], joten soveltuvuutta laivakäyttöön kannattaa kokeilla. Kaapelikenkien, erotinveitsien ja vastaavien metallisten osien eheyttä voidaan mitata jännitteettömissä olosuhteissa myös uudella mag-

neettisellä EMAR-tekniikan sovellutuksella [74; 100], mutta kotimaisen valmistajan kanssa yhteistyössä kannattaa kehittää suunnitelluissa seisokeissa ja ajokauden blackout -tilanteissa tai -harjoituksissa muuntajasydämet ja vastaavat nopeasti tutkiva kiinteä järjestelmä. Menetelmän soveltuvuutta erottimien, katkaisijoiden ja kontaktorien koskettimien jännitteettömänä, mutta purkamattomana tapahtuvaan kunnonvalvontaan kannattaa ehdottomasti selvittää. Kannattaa myös selvittää voidaanko paljon jäädytysilmaa tarvitsevien koneiden ja laitteiden vikaantumista enteileviä kaasuja mitata nykyaikaisilla, tarkoilla ja nopeilla monikaasuanalysointilaitteilla suoraan jäädytysilma-kanavaan asennettavan näytteenottoputken kautta.

Hidaskäyntisillä koneilla on kiinteän värähtelymittauksen ja kiertotoimintona tehtävän SPM-mittauksen [6] vaihtoehdoksi tai rinnakkaiseksi menetelmäksi suositeltavaa tutkia MEMS-antureilla toteutettua akustisen emission mittausta jatkuvana kunnonvalvontana. Jäänmurtajan kun on mahdollista kerätä mittauksen onnistumisen edellytyksenä oleva hyvä referenssidata täydellä kuormituksella avovedessä (paaluveto/vast.), tekemällä blackout-harjoitus jäissä ajettaessa tai toisen jäänmurtajan työntäessä täysin toimintakyvyttöä alusta jäissä, jolloin saadaan eroteltua aluksen oman koneiston ja jäiden aiheuttamat herätteet ja voidaan verrata niitä täydellä kuormituksella jäissä ajon aiheuttamiin heränteisiin. Näin luodaan FRA-menetelmän mittausten periaatteella [115] laajempikin referenssikirjasto ja aikaansaadaan todelliset vikaantumisen aiheuttamat herätteet luotettavammin tunnistava järjestelmä. Akustisen emission menetelmää kannattaa kokeilla PD-mittauksen rinnalla [47, s. 193] myös kohteisiin, joihin lämpökameralla ei nähdä tai mittausta ei voida suorittaa turvallisesti normaalissa käyttötilanteessa, sekä hydraulikkakoneikkojen kunnonvalvontaan ultraäänen kanssa rinnan. LDV, eli optinen värähtelymittaus, mahdollistaisi värähtely- ja äänimittausta jopa lasin läpi ja muutaman metrin etäisyydeltä, kiinteänä tai kiertotoimintona tehtävänä mittauksena. [44]. Sitä kannattaa kokeilla muuntajien värähtelyiden mittauksiin, löystyneiden liitosten paljastamiseen. Värähtelymittauksen tulisi olla monikanavainen, eli nopeuden, kiihtyvyyden ja siirtymän mittauksen lisäksi tehdä muitakin analyysejä [117], kuin luokituslaitoksen värähtelymittaukselle asettama FFT-analyysointivaatimus [81, s. 133].

Erilaisia äänitaajuusanalyysejä voidaan tehdä samoin menetelmin ja joskus myös samoin laittein kuin värähtelymittauksen analyysejä. [20, s. 462]. Varsinkin ultraäänitaajuudet soveltuvat hyvin monenlaisten muutosten havaitsemiseen. [20, s. 456]. Ultraäänimittauksien helpottamiseksi löytyy lämpökuvausikkunan kaltaisia ultraääni-ikkunoita ja jopa yhdistelmämalleja, joiden kautta voidaan tehdä sekä lämpökuvaus, että ultraää-

nimittaus. Yhdistämällä värähtelymittausten ja äänimittausten analysointia, voidaan hankkia riittävän kehittynyt ja monikäyttöinen ohjelmisto analysoimaan äänitallenteet, värähtelymittaustulokset ja muut vastaavanlaiset kunnonvalvonnan signaalit. Tällöin on kannattavaa kokeilla moottorin kytkentäkotelon sisään sijoitettavaa ääni- tai ultraääni-tallennusta, jolla saadaan tallennettua moottorin ääni aistinvaraista arviota yhteismitallisempaan muotoon ja referenssiksi, ilman kytkentäkotelon ulkopuolella häiritsevää taustamelua. Järjestelmän kustannustehokkuudesta ja hintakehityksestä riippuu kannattaako valvoa vain hankalassa paikassa olevia moottoreita tai peräsinkoneen hydraulikan virtausääniä, vai voidaanko äänianalyysin avulla mittaava kunnonvalvonta ulottaa yksittäisen lämmittimen ja valaisimen tasolle hurinan ja yliaaltojen analysointiin, esimerkiksi hyödyntämällä langattomia ja standardoituja (ISO/IEC 14543-3-10) EnOcean-tyyppisiä anturijärjestelmiä.

Piilevien vikojen haitallisuudesta johtuen on suositeltavaa tutkia mahdollisuutta mitata generaattoreiden, kiskoston, kaapeleiden, erottimien, katkaisijoiden, moottoreiden, muuntajien, kuristimien ja keskijännitekojeiston mittalaitteiden vikaantumista enteileviä osittaispurkauksia käyttöön parhaiten soveltuvin PD-mittauksin. [103; 105; 106; 107; 108; 109; 110]. Osittaispurkauksia voidaan havainnoida radiotaajuushäiriöistä tai purkauksen aiheuttamasta äänestä. [93, s. 17]. Menetelmä sopii myös keskijännitekaapelin ja kaapelipäätteiden tarkastukseen [23, s. 87 - 90; 37; 48, s. 26; 102; 104], ja osittaispurkausmittauksia tehdään sekä normaalissa käyttötilanteessa (on-line -mittaus), että vaarattomassa huoltotilanteessa (off-line -mittaus). [37; 36, s. 19 - 21; 23, s. 87 - 90; 111]. Off-line -mittauksista kokeilla kannattaa EMR-menetelmää, jossa osittaispurkauksia havainnoidaan niiden emittoiman sähkömagneettisen säteilyn perusteella. [47, s. 194]. PD-mittausten yhteydessä tulee aina huomioida suhteellinen kosteus, sekä yliaaltojen ja vastaavanlaisen kuormituksesta tulevan kohinan mittaukseen aiheuttamat häiriöt. [112]. Suositeltava siirrettävä kunnonvalvontamenetelmä ja kiinteäksikin mittaukseksi [110] tarkemman kustannusselvityksen arvoinen. Painotan kokeilun tärkeyttä menetelmien osalta, koska sähkölaitos- ja teollisuusympäristöissä kokeillut menetelmät toimivat laivan metallisessa ympäristössä eri tavoin äänen ja radiohäiriöiden vaimentumisen ansiosta. Mittamuuntajat ja katkaisijat ovat ne kohdat, joissa keskijännite ja pienjännite ovat samassa kojeessa lähekkäin, jolloin kannattaisi tutkia tarkemmin voisiko nykyiseen asennukseen lisätä osittaispurkauksia mittaavaa tai kuuntelevaa laitteistoa kiinteästi, ja moduloida uusi signaali nykyiseen jännite- tai virranmittaussignaaliin, tai tuoda oma johdin siinä ohessa. Mittamuuntajien tapaisten laitteiden eristyksen eheyttä voidaan mitata soveltuvalla ultraäänilaitteistolla [99], tai jollain muulla soveltuvalla

menetelmällä [47, s. 200]. Voidaan kokeilla passiivista anturointiakin, jossa lähetinvastaanotin lukee mittaustuloksena anturin kantaaltoon moduloiman signaalin. Muuntajien, mittamuuntajien ja kompensointikondensaattoreiden kunnonvalvonnassa tärkeää on häviökertoimen mittaaminen. [28, s. 14; 47, s. 186]. Myös sähkön laatua tulee seurata mittaamalla ja tilastovertailuna sähkönlaadun muutosten oikea-aikaiseksi havaitsemiseksi erityisesti yliaaltojen osalta. [101; 102].

Herkimpien ja arvokkaimpien varaosien säilytyshyönteiden tukijaloissa kannattaa kokeilla pieniä paljemaisia kaasujousia (eng. *bellows*), jotta varaosiinkin ulottuva värinä saataisiin mahdollisimman hyvin minimoitua. Nykyisin on saatavilla dataloggereita pitkäaikaiseenkin tiedonkeruuseen, jollaisia kannattaisi hyödyntää ainakin kertaluonteisena projektina varaosahyllyn ja UPS-laitteiden värinän ja lämpötilan, sekä sähkötilojen kosteuden ja lämpötilan mittaamiseen vuositasolla, toimintakaudelta ja ajotuntien ajalta. Vaihtoehtoisesti suureita voidaan mitata ja tallettaa nykyisellä automaatiojärjestelmällä ja vertailla tuloksia edellisiin trendeihin, koska ympäristölämpötila ja kosteus ovat tärkeimpiä seurattavia suureita sähkölaitteiden kunnonvalvontamittausten osalta. Kiinteiden mittauspisteiden kolmen eri ulottuvuuden (x, y, z) kiihtyvyyssmittauskäyrien pinta-ala nollassa nähden (integraali), sekä terävimmät iskumaiset kuormitukset käyrän piikkien jyrkkyytenä olisivat arvokasta tietoa analysoitaessa vian perussyytä vikaantumishetkestä taaksepäin, värinän kokonaismäärän ja iskujen voimakkuuden perusteella. Vähintään tulisi rekisteröidä luokituslaitoksen värinälle asettamien raja-arvojen [95, s. 20] ylitykset sekä 75 % läheisyyteen yltäneen osuuden kokonaismäärä ja jyrkkyys.

Värähtelymittauksen tiedonkeruuseen käytettävää laitteistoa voidaan hyödyntää myös pyörivien sähkökoneiden roottorien kunnonvalvontaan virtaspektrianalyysillä. [25, s. 600]. Tällöin olisi kannattavaa tutkia laajemmin millaisella laitteistolla ja ohjelmistolla varustamon tasolla saavutettaisiin mahdollisimman kattava, erilaisten mittausten menetelmien hyödynnettävyys sekä koneiden että sähkölaitteiden kunnossapitomittauksissa. Tarkemmin kannattaisi myös tutkia saataisiinko laajentuneen menetelmävalikoiman ansiosta SPM-mittausten ja lämpökuvausten kaltaisille kierrostoimintona tehtäville kunnonvalvontamenetelmille enemmän tarkkuutta analysoimalla päällekkäin samassa aikajaksossa ja samalla näytteenottotaajuudella monikanavaisesti tehtyjä erilaisia kunnonvalvontamittauksia lämpökuvaan yhdistäen. Tällöin yhden mittausmenetelmän epävarma tulos voi saada lisää todennäköisyyttä toisten mittausmenetelmien tuloksista TMR-varmennuksella [29, s. 82]; menetelmässä äänestetään kolmen erilaisen mittauksen samanhetkisistä tuloksista kaksi saman indikaation antavaa hyväksytyksi [42, s.

20] ja samaa ajatusta voidaan soveltaa äänestämällä usean erilaisen kunnonvalvontamittauksen tuloksista vähintään kaksi samaa tulosta hyväksytyksi. Kolmen erilaisen mittaustuloksen tapauksessa äänestystä seuraavista mittaustuloksista jatkaen, kunnes saadaan kaksi vastaavuutta riittävän monta kertaa peräkkäin, tai mittaus lopetetaan. Uudenlaisia täydentäviä mittausmenetelmiä voivat siis olla mainitut ääni- ja ultraääni-mittaukset, osittaispurkaus- eli PD-mittaukset, ja optiset lämpötilamittaukset, perinteisten sähkönlaatumittausten lisäksi. Kokeilla kannattaa myös samasta mittauspisteestä useaa eri suuretta, esim. lämpötilaa ja painetta mittaavia, tai lämpötilaa ja värähtelyä mittaavia yhdistelmäantureita. Mittausten yhteydessä voi olla myös haluttuja äänitaajuuksia tallentava anturi, jonka avulla voidaan eri mittausmenetelmien tuloksia vahvistaa, tai niitä voidaan tarkentaa esim. poistamalla jokin mittaustuloksia häiritsevä tekijä, kuten muuntajan hurina. Kaupallisena tuotteena on saatavissa ainakin lämpökameran ja virran mittauksen tiedot yhdistävä laitepaketti. Mittausmenetelmien kehittämisen lisäksi tärkeää on myös mittaustulosten analysoimisen kehittäminen automatisoidummaksi, jota ilman CBM voi muodostua huoltohenkilöstölle taakaksi. [120, s. 1621].

Tutkan moottorin tapaisten, vaikeasti luoksepäästävien kohteiden kunnonvalvontaan tulisi harkita myös jännitteen, virran, taajuuden ja tehokertoimen laatua valvovia releitä [92, s. 22 - 39], joita voidaan käyttää hälytystiedon antamiseen. Generaattoreiden ja tärkeimpien tai ongelmallisimpien moottorikäyttöjen linjausta kannattaa valvoa jatkuva-toimisella järjestelmällä laser-anturein, halvempaa gyroskooppista ratkaisua rinnakkain tutkien.

14.2 PMS-kehitys

Monia kriittisiä kohteita ennakkohuolletaan aikaperusteisesti tai käyttötunteihin sidotusti, koska halutaan varmistaa toiminnan keskeytymättömyys hankalasti luoksepäästävässäkin tilanteessa. Mielestäni strategia on onnistunut, välttämätön ja korreloi suoraanverrannollisesti haluttuun käyttövarmuusasteeseen, koska jäänmurtajan ennakkohuolto suunnitellusti, kesällä, normaalina työaikana ja laiturissa tehtynä maksaa kokonaiskustannuksena vähemmän, kuin toimintaa haittaavan tai sen kokonaan keskeyttävän vikaantumisen korjaaminen keskellä jäätynyttä merta tai kovassa myrskyssä, kenttäolosuhteissa toteutettuine mahdollisesti vain tilapäisine korjauksineen ja helikopterilla kuljetettuine korjausapuineen. Tällöin varustamon laatujärjestelmän olisi tunnistettava kunnossapitostrategian olevan laitetasolla joiltakin osin RCM, eli luotettavuuskeskeinen

kunnossapito. Tämä pätee määritelmätasolla erityisesti silloin, kun ennakkohuolloiksi kuuluvien tarkastusten ajankohta tai toteutusväli määräytyy kriittisyysluokituksen, varustamon laatukäsikirjan, luokituslaitoksen tai katsastusviranomaisen määräysten, tai sähkölaitteistoihin liittyvien lakien ja standardien perusteella, tai huolto tehdään sopivassa välissä esim. konerikon aikana, toteutuneista käyttötunneista tai kunnonvalvontamittauksista ja aistinvaraisista havainnoista riippumatta, sekä myös silloin, kun käytönaikaista kunnonvalvontaa ei voida luotettavasti tehdä mitaten tai aistinvaraisesti arvioiden (esim. keskijännitekojeistot). Tavoiteltaessa *ennakoitavaa huoltoa* [11, s. 15] siirrytään mielestäni kuntoon perustuvasta kunnossapidosta luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon, jossa kustannustekijät ja työn ajoitus ovat erilaiset, eikä kunnonvalvontamittausten välineistölle ole yhtä korkeita vaatimuksia.

JM Otson tuotannollisen toimikauden ollessa kauppa-aluksiin tai voimalaitoksiin verrattuna lyhyt, talven ajoaika enimmilläänkin alle 2600 h ja toimintapäiviä enimmillään 175, toiminta-ajan jäädessä aina alle 6 kk:n [19], voitaisiin vikaantumisen lyhyelle toimintakaudelle aiheuttama haitta saada parhaiten esiin KNL-mittarein. Riskien hallinnan näkökulmasta arvioiden erilaisten kunnonvalvontamenetelmien osaamisen tasainen hajauttaminen, eli teknisen henkilöstön lisääntyvä erikoistuminen, vähentäisi varustamon, aluksen ja toimikauden riskejä sekä ostopalveluihin liittyviä riskejä. Kunnossapitostrategian laitetaso tarkentaminen selkeästi luotettavuuskeskeiseen tai selkeästi kuntoperusteiseen kunnossapitoon olisi tarpeellista, jotta voitaisiin vuosittain tarkastella erilaisten kunnonvalvontamittausvälineiden, -järjestelmien ja kunnonvalvontamittauksia tuottavien palveluiden hintatason kehitystä ja arvioida niiden tarpeellisuutta.

Kunnossapidon tunnuslukujen vertailu, eli *benchmarking*, kannattaisi suorittaa vastaavanikäisen tai vastaavan tuntimäärän ajossa olleen ja saman jääluokituksen omaavan dieselsähköisen aluksen kanssa kunnossapitotoiminnoissa huoltovälien optimoimiseksi. Kunnossapidon kustannusten muuttamista käynnissäpitoperusteiseksi, jossa käytettyvyysaste määrittää suurimman osan maksuperusteesta ja varaosahuollossa säästäminen eräiden muiden osatekijöiden kanssa määrittää bonus-osuuden, kannattaa tutkia tarkemmin. Pohtimisen arvoinen ajatus on myös mahdollistaa teknisen henkilöstön laajempi hyödyntäminen ja osallistuminen urakkavalvonnassa, urakkatarjousvaiheen suunnittelussa, valvonnassa ja urakoiden toteutuksessakin, jolloin voidaan käyttää normaalin korjaus- ja kunnossapitotoiminnon ulkopuolista urakkapalkkausta, tai työn voi ostaa urakkana. Varustamon yksikkökäsikirjan ja sähköturvallisuusmääräysten tulisi

tarkentaa rajaukset oman henkilöstön ja palveluja tuottavan henkilöstön vaaditusta pätevyydestä sähkötyön osalta.

PMS-järjestelmän sähköiseen versioon (AMOS) tulisi liittää kaikki vanhat piirustukset PDF-tiedostoiksi skannattuna, vanhat piirustusnumerot ja litteranumerot SFI-koodin linkitettyinä, sekä laite- ja komponenttiluettelot mahdollisine varaosaluetteloineen puhtaaksikirjoitettuna ja paikkansapitäviksi päivitettyinä, erityisesti kriittisten järjestelmien osalta. Teollisuudessa havaitun perusteella, alkuperäisten litteranumeroiden, muiden mahdollisten koodien ja SFI-koodin välistä yhteyttä ei mielestäni kannata aluksen elin-iän aikana poistaa. Jokaisen laitteen tyyppikilpi pitäisi uutta laitetta asennettaessa, tai vanhaa huollettaessa valokuvata ja liittää kuva laitteelle AMOS-järjestelmään liitetiedostoksi myöhempää huoltotarvetta varten, samoin kuin kannattaisi liittää liitetiedostoksi varmuuskopio viimeisimmästä toimivasta laitteen ohjelmistoversiosta. Liitetiedostoksi olisi hyötyyn nähden vähäisellä vaivalla skannattavissa vanhojen laitteiden alkuperäiset huolto- ja korjausohjeet, uusien laitteiden ohjeiden sähköisenä usein jo löytyessä ja helposti liitettävissä. AMOS-järjestelmän hyöty alustyypeittäin ja varustamon laajuudessa pääsisi täyteen tehoonsa, mikäli järjestelmään tallennettujen liitetiedostojen kirjoitukset olisivat koneellisesti tunnistettavassa muodossa, jolloin hakutoiminnot löytäisivät vikakuvauksen tai vikaantuneen laitteen tietojen perusteella nopeasti vastaavat tapaukset historiasta ja muiltakin aluksilta. AMOS-järjestelmän kehittäminen sitä käyttävien varustamojen aloitteesta tuottaisi kaikille lisäarvoa, mikäli järjestelmässä olisi käytettävissä palvelu, johon varustamot sitoutuisivat lähettämään anonymisti laitetyyppikohtaista tietoutta vikatilanteista ja mahdollisista korjausratkaisuista. Samalla tarjoutuisi tilaisuus varaosien loppukäyttäjien verkkokaupalle ympäristössä, jossa komponenttien tekniset vaatimukset ovat luokituksista johtuen varsin yhteneväiset ja jopa laitteiden SFI-koodi on samanlainen. Varustamon päähän etäkunnossapitoon olisi myös mahdollista siirtää automaattisesti mittaustulosten analysointi ja pitkäaikaisseuranta, mikäli kunnollisen analysointiohjelmiston hintaluokka edellyttää hyvin keskitettyä, koko laivaston kattavaa tehokasta käyttöä, tai ei voida lisätä aluskohtaista kuormitusta lisääntyvän mittaustiedon käsittelyllä.

Turvallisuusjohtamisjärjestelmän osaksi, mutta vain sähköisessä muodossa, tulisi liittää selkeä ja jatkuvasti päivitetty matriisi siitä minkä ohjeiden ja määräyksen mukaan mitään sähkö- tai automaatiolaitteita tarkastellaan maissa tai merellä sähkötyöturvallisuuden, tarvittavien työluupien, asennusvastuun, huoltovastuun, korjauksen, hätäkorjauksen, luokituksen, määräaikaistarkastuksen tai katsastuksen osalta. Turvallisuusjohta-

misjärjestelmän, lakien, kansainvälisten lakien ja standardien, erityisesti sähkötyöturvallisuusstandardin, väliset vastuujaot sekä aluksen järjestelmiin vaadittavat koulutukset, sähköpätevyudet, pätevyyskirjat, erikoiskurssit ja lupakortit tulisi olla selkeästi eriteltyinä ja helposti löydettävissä myös varustamolta ja sähköisesti. Aluskohtaisesti eritelty toteutus onnistuisi parhaiten SFI-koodiin sidotusti ja tietokantamuotoisena massakäsittelynä, josta datalouhinnalla saatava raportti kertoo SFI-koodin perusteella esim. millainen pätevyys, koulutus ja kurssitus kyseisen kohteen jännitteetöntä mittausta tekevällä huoltajalla tai jännitetyötä tekevällä asentajalla tulee olla, ja millaisia määräyksiä kyseiseen laitteeseen sovelletaan kansallisesti ja kansainvälisesti (esim. sähkötyöturvallisuuden SFS 6002 kansalliset määräykset) ja millaisia erilaisia varustamo- ja aluskohtaisia työlupia tarvitaan.

Erittäin tärkeää olisi saada SFI-koodin sidotusti laitekohtainen selkeä viite sitä koskevaan luokituslaitoksen vaatimukseen, kansalliseen tai kansainväliseen standardiin tai lakipykälään, jonka täytyisi aina näkyä työmääräimissä ja laiteluetteloissa, samoin kuin luokituslaitoksen määräyksistä tulevat velvoitteet laitteiden määräaikaistarkastuksiin. Samaan tietokantamuotoiseen raporttiin olisi mahdollista lisätä myös tiedot laitetyyppi-kohtaisista erikoistyyppikalusta SFI-koodin perusteella, kuten keskijännitelaitteiston korjaukseen ja huoltoon kuuluvat työmaadoitusvälineet, standardinmukainen suojavaatetus, tai jännitetyöluopan sidottuna jännitetyökalut työskentelysuojineen ja pakollisine suojavausteineen, puhumattakaan koodiin sidotusta, automaattisesta takasyöttövaaran varoituksesta. Tarkasti SFI-koodilla rajautuviin kohteisiin voidaan tietokannan avulla nittoa sujuvasti luettavaan muotoon laitekohtaisia, laitetyyppi-kohtaisia, valmistajakohtaisia, jännitetasokohtaisia, sijainnista riippuvia, tai aluskohtaisia ohjeita, jollaista tapaa on käytetty jo aluksen rakentamisen aikana. Tarkemmin kannattaa myös tutkia löytyisikö valmiina tuotteena SFI-koodin sidottuja luokituslaitoksen määräysten asiahakemistoja tai laajempia matriiseja, joissa esitetään asennusstandardiin pohjautuvan SFS-EN-standardin, kansainvälisen IEC-standardin, näitä harmonisoivan CENELECin HD-harmonisointiasiakirjan, sekä luokituslaitoksen määräysten yhteenkuuluvuudet ja tärkeimmät eroavuudet. Tietokantojen ja datalouhinnan aikakaudella realistisena tavoitetasona on tilanne, jossa mainitunlaiset raportit tulostuvat automaattisesti työmääräimiin mukaan, olivatpa työmääräimet sähköisiä tiedostoja kunnossapidon näytöllä, tai paperille tulostettuja. SFI-koodiin sidotusti tehty työtilaus mahdollistaisi myös automaattisen lupamenettelyprosessin, jossa kriittisen järjestelmän korjaamiseen tai muutokseen tarkastajalta tarvittavan luvan hakuprosessi tapahtuisi automaattisesti suoraan tarkastajan päätelaitteeseen ja tallentuisi arkistoon myös varustamolla. Jatkokehittelyyn kannattaisi

samalla ottaa mukaan sähkölaitteiden SFI-koodin nimikkeiden yhteensopivuus S2010 sähkönimikkeistön kanssa, sekä yksinkertaisimpien huoltotyökoodien yhteensopivuus SHK-YSE 1998 *yleisten hankintaehtojen* [56, s. 1] kanssa tai vakiotekstejä käyttävien huoltopalvelujen kanssa [88, s. 57]. Huoltotoimenpidenimikkeiden vertailevasta tilastoinnista kun saataisiin numeerista tietoa siitä miten suuri osuus sähkö- ja automaatiolaitteiston ennakkohuollosta on peruslaatuista tai yleismaailmallista, ja miten suuri osuus on meri- ja jäänmurtotyössä opittua, alus-, alustyyppi-, laitetyyppi- tai laitekoh- taista erikoisosaamista. Näin saadaan laajahko jatkoprojekti, mutta se tarkastelisi kuitenkin vain samaa asiaa hiukan eri näkökulmista.

Rahanarvoista tietoa ovat vikojen perussyyt, vikaantumisvälit, vikaantumista vähentävät muutostoimenpiteet, tiheän huoltovälin ansiosta saadut ennakoivat löydökset, sekä erityisesti erilaisten todettujen vikojen emittoimat herätteet, unohtamatta erilaisten kunnonvalvontamittausten laivaympäristössä koeteltua soveltuvuutta ja luotettavuutta; lyhyt ajokausi mutta rankoissa olosuhteissa kun olisi kunnonvalvontamittauslaboratoriona erinomainen.

Ohjeistuksesta tulisi olla identtinen ja päivitettävä kopio varustamalla, joka helpottaa esimerkiksi sijaisten, ostopalveluiden, urakoiden ja vastaavanlaisten vaatimuksien määrittelyjä. Turvallisuusjohtamisjärjestelmän dokumentit sekä sähkö- ja automaatio- alan työhön vaikuttavat erilaisten toimijoiden suositukset, ohjeet, määräykset, standardit ja lait tulisi löytyä sähköisenä yhdestä paikasta, jossa ylläpidetään sisällön päivitys- lokia ja jonka sisältöä voidaan muuttaa vain varustamon suunnasta. Sama sisältö tulisi löytyä alukselta, myös paperiversioina, yhdestä selkeästi merkitystä mappisarjasta, jonka ylläpidettävä ja identtinen sisällysluettelo löytyy myös varustamol- ta. Ohjeistukseen kannattaisi lisätä vanhentuneiksi leimattuna myös ne sähköasennuksiin vaikutta- vat määräykset, jotka ovat olleet voimassa aluksen rakentamishetkellä, koska niihin viitataan yhtiön omassa sähköturvallisuusmääräyksessä. [16].

Aluksen peruskorjausvaiheessa suunnittelun pohjatyöksi voidaan tehdä vanhojen pii- rustusten digitointi [33, s. 22 - 23], tai mittojen kolmiulotteista digitointia varten laser- keilaus [33, s. 12], jonka tuloksia voidaan hyödyntää myös huoltotoiminnoissa lisättynä todellisuutena (AR) [33, s. 25 - 30; 32, s. 19 - 20] esim. näyttämään ennakkohuoltoa kierrostoimintona tekevän päätelaitteessa huoltovuorossa olevat tai vikaantuneet lait- teet, tai vertailemaan samoilla asetuksilla tehtyjen aikaisempien lämpökuvausten kuvia nykyisiin. Kolmiulotteisen keinotodellisuuden ollessa paikkasidonnaista, voidaan sen

avulla vertailla myös paikkaan sidottuja vikaantumista ilmaisevia tai vikaantumista ennakoivia ääni- ja kaasuanalyysimittauksen tuloksia. Järjestely mahdollistaisi myös kokonaan uudentyypisen etäkunnossapidon, jossa tuotespesialistit saadaan tuotua virtuaalisesti paikanpäälle analysoimaan tilannetta, sekä viereen neuvomaan ja näyttämään monimutkaisiakin huolto- ja korjaustoimenpiteitä.

Ohjelmistot on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, mutta haastattelujen ja luokitustuloksen määräyksissäkin olevan maininnan perusteella [39, s. 22] korostetusti mainitsen toimivasta ohjelmistosta otettavan varmuuskopion tärkeyden myös laite-tason näkökulmasta, olipa kyseessä anturin ohjelmiston paikallinen varmuuskopio, tai siitä samalla kertaa automaattisesti etäyhteyden päähän varustamolle ja mahdolliselle huoltopalvelun tuottajalle lähetetty varmuuskopio. Tärkeää on selvittää ja tarvittaessa ennakolta kokeilla erilaisia ohjelmistoversioita sisältävien antureiden ja automaatiojärjestelmän komponenttien yhteensopivuus, jota ei aina välttämättä ole edes valmistajan saman tuotenumeron mutta eri tuotantoeristä tulevien tuotteiden välillä. Tämä on automaatiolaitteiden varaosahuollon kannalta säännöllisen saatavuusseurannan ja varaosapakkausten RFID-tarroihiin perustuvan, sähköisen, nopean ja puoliautomaattisen varastokirjanpidon lisäksi tärkeä kehityskohde, joihin tulisi panostaa. Stuxnet-haittaohjelma toi paljastuessaan [31] yleiseen tietoisuuteen ohjausjärjestelmiin räätälöidyt, vakavat ja vaaralliset haittaohjelmat, jonka perusteella USB-porttien käyttö tulisi olla oletusarvoisesti estetty ja työkäytössä olla vain yksilölliset, holvatut USB-massamuistit, koska haittaohjelmat voivat tunkeutua hyvin suojattuihin ja erityyksissä oleviin kohteisiin [40]. Myös WLAN-verkkoon ja ohjausjärjestelmien RJ45-portteihin oletusarvoinen esto ja oletussalasanoiden käytön estäminen edellä mainittujen lisäksi, suojausten tilojen tarkastelu ajo- ja huoltokauden välissä sekä erityisesti huoltokauden aikana, on myös tärkeä osa automaatiolaitteiston ennakkohuollon ja tietoturvallisuuden välisellä vastuualueella olevaan toimintaa. Niin tärkeä, että se tarvitsisi määritellyn, OSI-malliin [25, s. 131] tai uudempiin standardeihin sidotun turvallisuuspolitiikkansa varustamon turvallisuusjohtamisjärjestelmässä. Turvallisuusvalvonta lokitiedostojen automaattisen valvonnan tasolla tulisi yhdistyä automaattisesti aiemmin mainittuun etäkunnossapitoon. Se voi olla varustamon oma, tai suurta huoltovarmuutta vaativilla laivanvarustajilla yhteinen.

15 Yhteenveto

Työssä on tarkoitus etsiä ja jäsentää yhdenmukaisia ja sisaralusten kesken kopioitavissa olevia ennakkohuolto-ohjeita konventionaalisten jäänmurtajien sähkö- ja automaatiolaitteistojen pääosilta kunnossapidon tarpeisiin. Työn edetessä ja tarkentuessa alkuperäisestä tavoitteesta karsittiin pois jäänmurtaja Urhon osuus, ohjelmistoversion ja komponentin toimivuuden selvittämiseen tähtäävä varaosatarkastelu, sekä lämpökuvauksen ja jatkuvana kunnonvalvontana tapahtuvan värähtelymittauksen soveltuvuuden tarkastelu ja hintatason selvitys. Mielestäni työn rajausta oli lopulta onnistunut.

Työssä ei ole tarkoitus huomioida käyttötoimenpiteiksi tai käynnissäpidoksi luokiteltavia päivä- ja viikkotarkastusten rutiineja testeineen, eikä syrjäyttää vajaan kolmen vuosikymmenen huoltohistoriaa ja kahdelta alukselta kertynyttä kokemusta, vaan etsiä yhdenmukaisempia toimintatapoja uusista mittausmenetelmistä ja toimintatavoista kuntoon perustuvan kunnossapidon edistämiseksi.

Työssäni olen noudattanut samaa ”kölilaskuvuoden säännösten noudattamisen”-ajatusta jollainen on varustamon sähköturvallisuusmääräyksissäkin, eli työn tekemisen aikana voimassa olleet säännökset seuraavat työn loppuun, eikä tarkastelua muuteta työn aikana. Luokituslaitoksen määräyksiin tehdyt viittaukset kirjoitin mahdollisuuksien mukaan suhteellisena, koska avoimuus mahdollistaa ohjeiden soveltuvuuden luokasta ja luokituslaitoksesta riippumattomasti.

Tekijälle työ antoi erinomaisen kattavan läpileikkauksen kunnonvalvonnasta sekä sähkö- ja automaatiolaitteistojen kunnossapitomenetelmistä eri aloilla, mikä auttoi luomaan varsin kattavasti uusiakin ehdotuksia.

Lähteet

- 1 Arctia Oy, verkkosivut. <http://www.arctia.fi> Luettu 29.9.2013.
- 2 Turunen A., Partanen P. 2011. Raakaa voimaa. Keuruu: Otava.
- 3 Arctia Shipping Oy:n julkaisu, Vuosikertomus 2012. Helsinki.
- 4 Tuokkola, Kristian. 2013. Lämpökameran käyttö hydrauliiikan kunnossapidossa. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57484/Tuokkola_Kristian.pdf?sequence=1 . Luettu 27.7.2013.
- 5 Sähkömestari Jari Anttilan haastattelu JM Kontiolla 20.6.2013, Helsinki.
- 6 Sähkömestari Esa Savolaisen haastattelu JM Kontiolla 4.10.2013, Helsinki
- 7 Lamor öljyntorjuntajärjestelmän käyttö- ja huolto-ohjekansiot. EMSA-laitteet JM Kontiolla.
- 8 Savolainen, Esa. 2006. Jäänmurtajien ms Kontion ja ms Otson valvonta- ja ohjausautomaation päivityksen suunnittelu. Opinnäytetyö. EVTEK-ammattikorkeakoulu.
- 9 ABB STRÖMBERG DRIVES. 1992. JM Otson käyttöohjekansio 7.
- 10 Roukkula, Aapo. 2011. Akustojen kunnonhalintajärjestelmien selvitys. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26369/Aapo_Roukkula.pdf?sequence=1 . Luettu 15.6.2013.
- 11 Suominen, Tomi. 2012. Suunnitellun kunnossapitojärjestelmän käyttömahdollisuuksien kartoittaminen Arctia Shipping Oy:ssä. Opinnäytetyö, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/41262/Suominen_Tomi.pdf?sequence=1 . Luettu 19.5.2013.
- 12 Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T., Åström, T. 2011. Kunnossapito (4. painoksen lisäpainos). Helsinki: KP Media Oy.
- 13 Jäänmurtajien ja varustamon teknisen henkilöstön haastattelut ja kirjeenvaihto kesällä ja syksyllä 2013, Helsinki.

- 14 Juuso, Nils. 2013. Sähkökunnossapitosuunnitelma Kittilän kaivokseen. Opinnäytetyö, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59202/Juuso_Nils%20Juhan.pdf?sequence=1 . Luettu 13.07.2013.
- 15 Yksikkökäsikirja Arctia Icebreaking Oy (AIY), rev.6.
- 16 Tikkanen, Esa. 2012. Sähkötyöturvallisuusmääräykset, sisäinen. Arctia Shipping Oy.
- 17 ABB Switzerland Ltd. Users's Manual ACS 6000c, OTSO control upgrade. CD-ROM.
- 18 Hannula, Toni. 2011. Paperitehtaan sähkönjakelun ennakkohuolto-ohjelma. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31250/Hannula_Toni.pdf?sequence=1 . Luettu 19.5.2013.
- 19 Koneosasto/konepäällikkö. JM Otso, Talven ajotunnit, yhdistelmä. Taulukko.
- 20 Mikkonen, Henry. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito käsikirja (1. painos). Helsinki: KP Media Oy.
- 21 Rauhalampi, Iiris. 2013. Huolto-ohjelman laatiminen sähkönjakeluverkon komponenteille. Opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu.
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/57791/Huolto-ohjel-man%20laatiminen%20sahkonjakeluverkon%20komponenteille.pdf?sequence=1> . Luettu 27.7.2013.
- 22 Liikenteen turvallisuusvirasto TraFi. 2013. Alusten sähköasennukset, määräys TRAFI/22294/03.04.01.00/2011. http://www.finlex.fi/data/normit/40379-TRAFI_22294_03.04.01.00_2011_FI_Alusten_sahkoasennukset.pdf . Luettu 20.8.2013.
- 23 S-18.4149 Sähkölaitteiden kunnonvalvonta. Verkkodokumentti, 149 sivua. Luettu 19.12.2013.
- 24 STRÖMBERG. 1986. JM Otson käyttöohjekansio 2.
- 25 ABB. 2000. TTT - Teknisiä tietoja ja taulukoita (9. painos). Vaasa.
- 26 Etto, Jaakko. 1998. Prosessisähköistyksen kunnossapito, osa 2. Kunnossapitokoulu, KUNNOSSAPITO-lehden erikoisliite N:o 48 (7/98).

- 27 Korhonen, Joel. 2011. Sähkölaitteiston hoito- ja kunnossapito-ohjelma. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/30995/Korhonen_Joel.pdf?sequence=1 . Luettu 19.5.2013.
- 28 Etto, Jaakko. 1998. Prosessisähköistyksen kunnossapito, osa 1. Kunnossapitokoulu, KUNNOSSAPITO-lehden erikoisliite N:o 47 (6/98).
- 29 Ahvenjärvi, Sauli. 2003. KUN LAIVAT OVAT RAUTAA – ja SOFTAA. Kokemäki.
- 30 Huhtala, Arto. 2007. Automaatiojärjestelmän ennakkohuoltosuunnitelma. Opinnäytetyö, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu.
- 31 Leino, Raili. 2010. Stuxnet näytti, mikä on mahdollista. Tekniikka & Talous.
<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/stuxnet+naytti+mika+on+mahdollista/a538622>
Luettu 24.10.2013.
- 32 Suhonen, Mika. 2010. Lisätyn todellisuuden käyttö rakentamisessa. Opinnäytetyö, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.
https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20842/lisatyn_todellisuuden_kaytto_rakentamisessa.pdf?sequence=1 . Luettu 21.12.2013.
- 33 Härkönen, Kim / Pöyry Finland Oy. 2010. Vanha dokumentaatio ja kenttäselvitys (luento). Projektitoiminta IV, Haikon Kartano 22.04.2010 (PSK-seminaari).
http://www.psk-standardisointi.fi/Alasivut/Tiedotteet/Haikon_seminaari_2010/Kim_Harkonen.pdf . Luettu 08.12.2013.
- 34 Johansson, Ottavainen / Turvatekniikan keskus. 2005. ONNETTOMUUSTUTKINTARAPORTTI, Dnro 3634/07/2004, Sähköasentajan kuolemaan johtanut sähkötapaturva Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan ydinvoimalaitoksella.
http://www.tukes.fi/Tiedostot/varoasiat/raportit/Loviisa_fortum_290704.pdf . Luettu 19.12.2013.
- 35 Heinonkoski, Risto. 2011. Koneautomaation kunnossapito (2. uudistettu painos). Edita Prima Oy.
- 36 Puranen, Sari. 2012. Jakelumuntajien diagnostiikka. Opinnäytetyö. CENTRIA ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52466/puranen_sari.pdf?sequence=1 . Luettu 15.6.2013.
- 37 Nurmi, Juuso. 2005. PD-mittaukset osana kunnonvalvontaa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9870/TMP_objres.143.pdf?sequence=2 . Luettu 21.12.2013.

- 38 Karppanen, Eeva / Sähkötieto ry. 2005. Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät. ST-käsikirja 20. Forssa.
- 39 Det Norske Veritas (DNV). 2008. Offshore Standard DNV-OS-D202, Automation, Safety, and Telecommunication Systems. Luettu 10.6.2013.
- 40 Korhonen, Suvi. 2013. Kosmonautin usb-tikku saastutti avaruusaseman tietokoneen. Tekniikka & Talous. <http://www.tekniikkatalous.fi/ict/kosmonautin+usbtikku+saastutti+avaruusaseman+tietokoneen/a946845> . Luettu 20.12.2013.
- 41 Det Norske Veritas (DNV). 2011. Offshore Standard DNV-OS-D201, Electrical Installations. Luettu 10.6.2013.
- 42 Anttila, Jari. 2003. Automaatiojärjestelmän uudistus aluksissa. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- 43 Häkkinen, Pentti. 2009. MUISTIINPANOT JM OTSON VIERAILUSTA 18.11.2009. Verkkodokumentti. https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/kul-24.4420/materiaali/Kul-24_4420_otson_vierailu.doc Luettu 14.6.2013.
- 44 SKF. 2013. SKF Laser Vibrometer -värähtelymittalaite mahdollistaa kosketuksettoman värähtelymittauksen. <http://www.skf.com/group/news-and-media/news-search/2013-12-02-skf-laser-vibrometer-offers-non-contact-vibration-measurement.html> . Luettu 05.12.2013.
- 45 Härö, Toivo. 2012. Sähkökunnossapidon ennakkohoultokortiston päivitys Ruukki Metals Oy:n Oulaisten tehtaalla. Opinnäytetyö. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44665/Haro_Toivo.pdf?sequence=1 . Luettu 20.12.2013
- 46 EATON Corporation. UPS-käsikirja, euroopan versio. http://pqlit.eaton.com/ll_download_bylitcode.asp?doc_id=24030 Luettu 1.9.2013.
- 47 Aro, M., Elovaara, J., Karttunen, M., Nousiainen, K., Palva, V. 2003. Suurjännite-tekniikka (3. muuttamaton painos). Helsinki: Otatieto / Gaudeamus Helsinki University Press Oy.
- 48 Estola, Juha. 2010. Maakaapeliin kuntomittaukset. Kandidaatintyö. Lappeenranta teknillinen yliopisto. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/59497/nbnfi-fe201003221538.pdf?sequence=3> . Luettu 05.12.2013.
- 49 Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto. 1986. Kiinteistöjen sähköjärjestelmien käyttö- ja huoltosuunnitelma, laadintaohje. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

- 50 ABB. 3BSE065040D0011 rev A. Control Systems, Preventive Maintenance Kits for System 800xA. Luettu 21.12.2013.
- 51 ABB. DOCPDSAMID001 rev A. Product Description, Preventive maintenance for SAMI MEGASTAR. Luettu 21.12.2013.
- 52 ABB. DOCPDSAMIF003 rev B. Product Description, Preventive maintenance for SAMI STAR. Luettu 21.12.2013.
- 53 ABB. DOCMSSAMIF001 rev H. Maintenance Schedule, SAMI STAR AC drive. Luettu 21.12.2013.
- 54 ABB. SP60 EN REVA 2011 #15497. Service note, Cut SAMI STAR drive operating costs with preventive maintenance. Luettu 21.12.2013.
- 55 ABB. 4FPS10000043083 rev E. Maintenance Schedule, ACS550 and ACH550 drives. Luettu 21.12.2013.
- 56 Sähkötieto ry. 2010. ST 95.60.03 SÄHKÖENERGIAN JAKELU- JA KÄYTTÖ-JÄRJESTELMIEN SEKÄ TIETOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN HUOLTO JA KUNNOSSAPITO. TEHTÄVÄLUETTELO. ST-kortti. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 57 Kanninen, Tuomo. 2013. Jäänmurtajan PMS-järjestelmän modernisointi. Opin- näytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60566/Kanninen_Tuomo.pdf?sequence=21 . Luettu 15.6.2013.
- 58 STRÖMBERG. 1986. JM Otson käyttöohjekansio 8.
- 59 Aura, L., Tonteri, A. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektronikan perusteet. Helsinki: WSOY.
- 60 Laki aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä. 1686/2009.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20091686> .Luettu 18.9.2013.
- 61 Sähköturvallisuuslaki. 410/1996.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960410> . Luettu 18.9.2013.
- 62 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteiden turvallisuudesta. 1193/1999. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1999/19991193> . Luettu 18.9.2013.
- 63 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä. 516/1996.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960516> . Luettu 18.9.2013.
- 64 Valtioneuvoston asetus aluksen miehityksestä ja laivaväen pätevyydestä. 166/2013. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130166> . Luettu 18.9.2013.

- 65 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä. 517/1996. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517> .Luettu 18.9.2013.
- 66 SpecTec. AMOS SFI, Group System, Product Description. Tuotekuvaus, 12 s. <http://www.spectec.dk/Files/Billeder/PDF/SFI%20Product%20Description%202005-09-30.pdf> . Luettu 14.6.2013.
- 67 Mörsky, Jorma. 1992. Relesuojaustekniikka (2. korjattu painos). Otatieto.
- 68 STRÖMBERG. 1986. JM Otson käyttöohjekansio 1.
- 69 Kauppinen, T., Paloniitty, S. 2006. Rakennusten lämpökuvaus. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.
- 70 Orava, Niko. 2008. Painolaitoksen ennakkohuoltojen tehostaminen. Opinnäyte-työ. EVTEK-ammattikorkeakoulu.
- 71 Lähdeniemi, M. 2011. Salabra. Laivojen sähköasennukset. Verkkodokumentti. Satakunnan Ammattikorkeakoulu (SAMK). <http://salabra.tp.samk.fi/er/siirto/laiva.doc> . Luettu 20.10.2013.
- 72 Hall, Dennis. 1999. Practical Marine Electrical Knowledge. Second edition. London: Witherby & Co Ltd. ISBN 1 85609 182 1.
- 73 IACS. 1999. Maintenance and inspection of electrical equipment on the ship. Recommendation No.57. http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Guidelines_and_recommendations/PDF/REC_57_pdf197.pdf . Luettu 4.10.2013.
- 74 Mäenpää, Ilona. 5.4.2013. Elektria synnyttää uusia yrityksiä. <http://www.insinööri-lehti.fi/electria-synnyttää-uusia-yrityksiä> . Luettu 5.6.2013.
- 75 IACS. 1992. Inspection and Maintenance of Electrical Equipment Installed in Hazardous Areas. Recommendation No.35/Rev.1 Mar 2006. http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Guidelines_and_recommendations/PDF/REC_35_pdf187.pdf . Luettu
- 76 SESKO ry. 2009. SFS 6001 + A1 + A2 suurjännitesähköasennukset (3. painos). Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 77 SESKO ry. 2012. SFS-600 kirja. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 78 IACS. 2013. CLASSIFICATION SOCIETIES - WHAT, WHY and HOW? Verkkodokumentti.

- http://www.iacs.org.uk/document/public/explained/Class_WhatWhy&How.PDF .
Luettu 17.7.2013.
- 79 TraFi. 2013. 14.02.2013 TRAFI/976/03.04.01.00/2013 Määräys alusten katsastuksesta. http://www.finlex.fi/data/normit/40738-TRAFI_976_03.04.01.00_2013_FI_Alusten_katsastukset.pdf . Luettu 16.9.2013.
- 80 Det Norske Veritas (DNV). 2011. Rules for classification of ships, Part 6 Chapter 3, Periodically Unattended Machinery Space. Luettu 10.6.2013.
- 81 Det Norske Veritas (DNV). 2013. Rules for classification of ships, Part 7 Chapter 1, Ships in Operation, Survey Requirements. Luettu 9.10.2013.
- 82 STRÖMBERG. 1986. JM Otson käyttöohjekansio 6.
- 83 OTSO. Satama- ja hätäaggrekaatit, 1348. JM Otson käyttöohjekansio 61.
- 84 Seppälä, Jukka. 2005. Varustamoliikelaitos sähköturvallisuusmääräykset 2005.
- 85 Koski, Jaakko. 1996. Laivasähkökäyttöjen välijännitekojeiston (6,6 kV) suunnittelu- ja koestusohjeisto. Insinööriyö. Helsingin teknillinen oppilaitos.
- 86 STRÖMBERG. 1986. JM Otson käyttöohjekansio 2.
- 87 STRÖMBERG. 1986. JM Otson käyttöohjekansio 4.
- 88 Määttä, Tuomas. 2012. Veitsiluodon sahan sähkölaitteiden ennakkohuolto. Opinnäytetyö. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42153/Maatta_Tuomas.pdf?sequence=1 . Luettu 01.12.2013.
- 89 Niiranen, Jouko. 1999. Sähkösäätöjärjestelmien digitaalinen ohjaus. Helsinki: Oy Yliopistokustannus/Otatiето.
- 90 Marttinen, Minna. 2010. Vesivoimajeneraattorien magnetointijärjestelmien eliniän arviointi. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. http://webhotel2.tut.fi/units/set/opetus/pdf%20julkiset%20dtyot/Marttinen_Minna_julk.pdf . Luettu 04.12.2013.
- 91 Aspelin, Saku. 2011. Sähkökomponenttien lämpökuvaus. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32484/Aspelin_Saku.pdf?sequence=1 . Luettu 13.09.2013.
- 92 Salenius, Vili. 2012. Sähkökoneiden vikaantumisen havainnointi. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu.

- https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39580/Salenius_Vili.pdf?sequence=1 . Luettu 13.09.2013.
- 93 Rätty, H., Muttonen, J-A. 2011. Sähkömoottoreiden kunnonvalvonta. Opinnäytetyö. Pohjois-karjalan ammattikorkeakoulu.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29418/Sahkomoottoreiden%20kunnonvalvonta.pdf?sequence=1> . Luettu 13.09.2013.
- 94 Ojanpalo, Anneli. 2012. Katsaus Tekesin Polttokennot-ohjema ja Demo2013 ko-keilu ympäristöhanke.
https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/37a74152/Ojapalo_Ohjelma_Demo2013_15112012-9955.pdf . Luettu 17.11.2013.
- 95 ABB. 2011. Technical Appliation Papers No.12, Generalities on naval systems and installations on board.
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/bbd44c18cab3c869c125787800483c77/\\$file/qt12_en.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/bbd44c18cab3c869c125787800483c77/$file/qt12_en.pdf) . Luettu 13.09.2013.
- 96 Kaleva (sanomalehti). 03.02.2003. Tankkilaiva ja jäänmurtaja kolaroivat Oulussa 31.1.2003.
- 97 Myllymäki, Riitta. 2009. Raaka-aineiden tunnistus Raman-spektroskopiolla. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.
<https://www.theseus.fi/xmlui/bitstream/handle/10024/5598/MyllymakiRiitta.pdf?sequence=1> . Luettu 05.06.2013.
- 98 N. Ravi Chandra Raju*, K. Jagadeesh Kumar, A. Subrahmanyam. 2010. Silver oxide (AgO) thin films for Surface Enhanced Raman Scattering (SERS) studies. CP1267, XXII International Conference on Raman Specroscopy (edited by P.M. Champion and L.D. Ziegler).
- 99 Puronhaara, Pasi. 2010. Vuotomittaukset ja materiaalin tutkiminen ultraäänellä. Opinnäytetyö. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15831/Puronhaara%20Pasi.pdf?sequence=1> . Luettu 01.08.2013.
- 100 M.Hirao, H. Ogi, N. Suzuki, T. Ohtani. 1998. Ultrasonic Attenuation Peak During Fatigue Test of Pure Copper Observed with Electromagnetic Acoustic Resonance (EMAR). 1998 IEEE Ultrasonics symposium-835. IEEE julkaisu.
- 101 S. De Falco, N. Pasquino. 2008. Nonstationary Models for PQ Monitoring in Naval Electrical Systems. International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Speedam 2008. IEEE julkaisu.
- 102 Malcolm Seltzer-Grant, Lee Renforth, Sasa Djokic, Paul McKeever. 2013. Combined Power Quality and Condition Monitoring of Offshore Networks. CIRED 22nd International Conference on Electricity Distribution, Stockholm. Paper 1334. IEEE julkaisu.

- 103 Agostino Galati, Stefano Cheli, Pierangelo Tuninetti, Michele Maddaluno. 2009. Condition Based Maintenance on MV Circuit Breakers. CIREN 20th International Conference on Electricity Distribution, Prague. Paper 0540. IEEE julkaisu.
- 104 R. Ross, N. van Schaik. 2003. PD Diagnostics on Cable and Terminations for CBM. Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials, June 1-5 2003, Nagoya. IEEE julkaisu.
- 105 G. C. Stone. 2013. Condition Monitoring and Diagnostis of Motor and Stator Windings - A Review. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 20, No. 6; December 2013. IEEE julkaisu.
- 106 Mitsuhiro Kamei, Osamu Takai. 2011. Influence of Sensor Information Accuracy on Condition-Based maintenance Strategy for GIS/GCB Maintenance. IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 26, No. 2, April 2011. IEEE julkaisu.
- 107 Jia-Bin Wang, Ching-Chau Su, Cheng-Chi Tai, Jiann-Fuh Chen, Shih-Shong Yen. 2012. New Designed Wideband Amplifier and Waveguide for Partial Discharge Location in Cast-Resin Dry-Type Tranformer. 2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis. IEEE julkaisu.
- 108 Peter Werle, Hossein Borsi, Ernst Gockenbach. 2002. Diagnosing the Insulation Condition of Dry Type Transformers using a Multiple Sensor Partial Discharge Localization Technique. Conferene Record of the 2002 IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Boston, USA. IEEE julkaisu.
- 109 IEEE Recommended Practise for Installation, Application, Operation, and Maintenance of Dry-Type General Purpose Distribution and Power Transformers. ANSI/IEEE C57.94-1982. IEEE-standardi.
- 110 M. Tozzi, L. Testa, M. Busi, M. Marotta, M. Kennerly, G.C.Montanari. 2011. On-board permanent PD monitoring for propulsion, distribution and generation systems in marine applications. IEEE julkaisu.
- 111 Yaw D. Nyanteh, Lukas Graber, Sanjeev Srivastava, Chris Edrington, David Cartes, Horatio Rodrigo. 2013. Determination of Remaining Life of Rotating Machines in Shipboard Power Systems by Modeling of Dielectric Breakdown Mechanisms. IEEE julkaisu.
- 112 Vicki Warren. 2013. Partial Discharge Testing on Air-Cooled Generators in Marine Environments. 2013 Electrical Insulation Conference, Ottawa, Ontario, Canada. IEEE julkaisu.
- 113 Mihael D. Fontaine, Dennis M. Green, John C. Webb, Peter A. Stoppello. 2013. IEEE/ESW Applying Reliability Centered Maintenance (RCM) to Electrical Equipment to Worker Safety. Paper No. ESW2013-15. IEEE julkaisu.

- 114 Satoru Miyazaki, Yoshinobu Mizutani, Tatsuki Okamoto, Yoshihiro Wada, Chikara Hayashida. 2012. Abnormality Diagnosis of Transformer Winding by Frequency Response Analysis (FRA) Using Circuit Model. 2012 IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Bali, Indonesia. IEEE julkaisu.
- 115 M. Wang, A. J. Vandermaar, K. D. Srivastava. 2004. Transformer Winding Movement Monitoring in Service - Key Factors Affecting FRA Measurements. IEEE Electrical Insulation Magazine, September/October 2004-Vol.20, No.5. IEEE julkaisu.
- 116 IEEE Guide for Test Procedures for Synchronous Machines. IEEE Std 155-2009. IEEE-standardi.
- 117 David B. Durocher, Gerry R. Feldmeier. 2004. Predictive Versus Preventive Maintenance, Future control technologies in motor DIAGNOSIS and system WELLNESS. IEEE Industry Applications Magazine, Sept/Oct 2004. IEEE-julkaisu.
- 118 Sari Linnea Merilampi, Johanna Virkki, Leena Ukkonen, Lauri Sydänheimo. 2012. Testing the effects of temperature and humidity on printed passive UHF RFID tags on paper substrate. International Journal of Electronics, Volume 101, Issue5.
- 119 Michael Heiss, Ralf Hildebrandt. 2013. High-Temperature UHF RFID Sensor Measurements in a Full-Metal Environment. Smart SysTech, June 11-12, 2013 in Erlangen/Nuremberg, Germany. IEEE-julkaisu.
- 120 Li Liu, Kevin P. Logan, David A. Cartes, Sanjeev K. Srivastava. 2007. Fault Detection, Diagnostics, and Prognostics: Software Agent Solutions. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 56, No. 4, July 2007. IEEE-julkaisu.
- 121 SESKO ry. 2008. SFS-EN 60079-17 Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 17: Sähköasennusten tarkastus ja kunnossapito (3. painos). Helsinki: Suomen standardoimisliitto.
- 122 Saarenpää, Jari. 2006. Sähkötekniikan laitteiden kunnossapidon kehittäminen sinkkitehtaalla. Diplomityö. Lappeenranta teknillinen yliopisto. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/29885/TMP.objres.476.pdf> . Luettu 07.10.2013.
- 123 Pernu, Niko. 2012. Keskuskaavion päivitys ja sähkölaitteiston kunnossapito-ohjelma. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46064/Pernu_Niko.pdf?sequence=1 . Luettu 07.10.2013.
- 124 Kurssimappi: a)Nurmijärven sähkölaitos/A Sarjamo/ms. 27.2.1992. Sähköasemien käyttö- ja kunnossapitokurssi 5. – 6.3.1992. b)Keski-Suomen Taitotieto Oy. Sähköasemien vianetsintä 5. – 6.11.1991, Jyväskylä.

- 125 Vierinen, Kari. 12/2013. Henkilökohtainen tiedonanto. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- 126 Kuosa, Daniel. 2007. Vika- ja kunnossapitotietojen hyödyntäminen suurjännitekytkinlaitteiden kunnonhallinnassa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. <http://lib.tkk.fi/Dipl/2007/urn009894.pdf> . Luettu 07.10.2013.
- 127 Holappa, Tommi. 2011. Terässulaton sähkönjakelu ja kunnossapito. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29843/Holappa_Tommi.pdf?sequence=1 . Luettu 06.11.2013.
- 128 Oksanen, Mikko. 2011. Maakaasua ja metanolia käyttävien kiinteäoksidipoltto-kennojen (SOFC) käyttö laivoissa. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31187/mikko_oxanen.pdf?sequence=1 . Luettu 06.11.2013.
- 129 Ojala, Tero. 2011. Epätahtimoottoreiden kunnonvalvonta ja huolto. Opinnäytetyö. Keski-pohjanmaan ammattikorkeakoulu. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26498/ojala_tero.pdf?sequence=1 . Luettu 07.10.2013.
- 130 ABB. 3BFP 000 063 R0101 REV D. Manual for High Voltage Process Performance Motors. October 2006.
- 131 The McGraw-Hill Companies. 2004. Power Generation Handbook, Chapter 33, Generator Testing, Inspection, and Maintenance. Verkkodokumentti. Digital Engineering Library @ McGraw-Hill. <http://www.digitalengineeringlibrary.com> . Luettu 19.9.2013.
- 132 ABB. SPD27 EN REVA 2004. ACS 6000 AC Drive Preventive maintenance.

Liitteet

- Liite 1. Huoltotaulukko, keskijännitekojeet ja sähkönjakelun laitteet
- S. 1 [14; 18; 26; 65; 68], s. 2 [13; 14; 18; 49; 56; 123; 124; 126], s. 3 [13; 14; 18; 49; 56; 58; 73; 123; 124; 126], s. 4 [13; 14; 18; 49; 56; 58; 73; 123; 124; 126], s. 5 [14, s. 49; 27, s. 20; 28, s. 14; 45, s. 29; 49, s.50; 56].
- Liite 2. Huoltotaulukko, sähkötilat
- s. 1 [14, s. 46; 26, s. 10; 28, s. 14; 49, s. 48; 56, s. 5; 73; 76; 124], s. 2 [75; 81, s. 44; 121; 123].
- Liite 3. Huoltotaulukko, keskuskeskukset ja kotelot
- s. 1-6 [10; 14; 18; 25; 26; 27; 45; 49; 56; 73; 81; 123].
- Liite 4. Huoltotaulukko, generaattorit
- s. 1-3 [13; 14; 26, s. 12; 59, s. 262; 73; 82; 131 s. 33.1-33.21], s. 4 [13; 14; 59, s. 262; 73; 82; 83], s. 5 [13; 14; 59, s. 262; 73; 82].
- Liite 5. Huoltotaulukko, muuntajat
- s. 1-2 [14; 25; 56; 59; 73; 109;122; 124].
- Liite 6. Huoltotaulukko, sähkökäytöt
- s. 1 [6; 13; 14, s. 66; 25, s. 600-601; 26, s. 12; 49, s. 65; 72; 92; 93; 129], s. 2-5 [6; 13; 14, s. 66; 25, s. 600-601; 26, s. 12; 49, s. 65; 72; 73; 92; 93; 129; 130], s. 6-8 [13; 14; 26, s. 12; 59, s. 262; 73; 82], s. 9-11 [9; 13; 17; 43; 68; 73; 132].
- Liite 7. Huoltotaulukko, taajuusmuuttajat
- s. 1 [53], s. 2 [52], s. 3 [54], s. 4 [55].
- Liite 8. Huoltotaulukko, automaatio
- s. 1 [17; 30; 80; 81].
- Liite 9. Huoltotaulukko, JM Kontion öljyntorjuntalaitteisto
- s. 1 [5], s. 2 [13], s. 3 [5], s. 4 [5;7], s. 5 [6;7].

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Keskijännitekojeisto (PSO)	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

12 kk:n välein:

- Tarkastetaan mekaanisten lukitusten toiminta ja lukitusmagneettien toiminta (katkaisijat, kontaktorit, erottimet). Tarkastetaan apukytkimien toiminnat.
- Tarkastetaan vaunun ja kojeiston välinen maadoitus. Tarkastetaan jokaisen vaunun toiminta. Tarkastetaan vaunurakenteiden rasvaus. Koestetaan sähköiset ja mekaaniset lukitukset. Koestetaan paikallis- ja kauko-ohjausten toiminta.
- Tarkastetaan kojeiston kiinnitykset toisiinsa ja alustaan. Tarkastetaan liitosten kireys. Tarkastetaan kiskoliitokset.
- Suojamaadoitusten tarkastus. Ilmavälien tarkastus. Merkintäkilpien tarkastus. Käyttövälineiden tarkastus.
- Tarkastetaan ovien ja valokaaripurkausluukkujen aukeama. Tarkastetaan kojeiston ovien ja luukkujen suoruus ja eheys. Tarkastetaan maalipinnan eheys, paikkamaalataan naarmut. Tarkastetaan kotelointiluokka.
- Kojeiston siivous ja puhdistus sisältä ja ulkoa. Silmämääräinen tarkastus. Työvalon tarkastus niistä kenoista joissa se on.
- Kunnonvalvontamittaukset, mittaustulosten analysointi ja mahdolliset toimenpiteet.
- Tarkastetaan että kaapelit ja kojeet ovat suunnitelluilla paikoillaan ja ettei niissä näy merkkejä ylikuumenemisesta, palamisesta, eläintuhoista, kemiallisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Tarkastetaan johtimien, liittimien ja kojeiden merkinnät sekä kiinnityksen kireys.
- Tarkastetaan varaosien, kulutusosien jne. saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa sekä valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

36 kk:n välein:

- Suojareleiden ja apureleiden koestukset ja asetteluarvojen tarkastus.
- Eristysvastuksen mittaus. Maadoitusjohtimien kunnan ja merkintöjen tarkastus.
- Katkaisija- ja erotinhuolto.
- Ylivirtasuojien mitoituksen ja kunnan tarkastus.

60 kk:n välein:

- Maadoitusresistanssin mittaus.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Keskijännitekojeisto, erottimet	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

1 kk:n välein:

- Aistinvarainen tarkastus. Lämpökuvaus.

12 kk:n välein:

- Erottimen toiminnan tarkastus tarkastus aistinvaraisesti, endoskoopin tai peilin avulla.
- Maadoitusten tarkastus. Ilmavälien tarkastus. Merkintäkilpien tarkastus. Käyttövälineiden tarkastus.
- Kunnonvalvontamittaukset, mittaustulosten analysointi ja mahdolliset toimenpiteet. Ylimenovastuksen mittausta mikro-ohmimittarilla ja mittaustuloksen vertailu edellisen huollon jälkeisen varmistusmittauksen tuloksiin.
- Eristimien eheyden tarkastus aistinvaraisesti, puhdistus imuroimalla ja pyyhkimällä nukkaamattomalla liinalla.
- Erottimien toiminnan tarkastus toistamalla erotusliike muutamia kertoja varmistaen etteivät veitset ole juuttuneet kiinni tai jäykistyneet ja että liikkeet menevät perille asti ilman ylimääräistä voimaa ja kerta-liikkeenä.
- Tarkastetaan että kojeet ovat suunnitelluilla paikoillaan ja ettei niissä näy merkkejä ylikuumentumisesta, palamisesta, eläintuhoista, kemiallisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Tarkastetaan kaapelien, johtimien, liittimien ja kojeiden merkinnät sekä kiinnityksen kireys. Maadoitusjohtimien kunnon ja merkintöjen tarkastus.
- Tarkastetaan varaosien, kulutusosien jne. saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa sekä valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

36 kk:n välein lisäksi:

- Suojareleiden ja apureleiden koestukset ja asetteluarvojen tarkastus, ensiökoestus katkaisijoiden ja erottimien kanssa huoltojen jälkeen toimintojen ja lukitusten varmistamiseksi.
- Eristysresistanssin mittausta. Maadoitusresistanssin mittausta. Apujännitteen mittausta.
- Tarkastetaan erottimen runko, kiinnitys, veitset, koskettimet, vivusto, jouset, mekaaniset lukituslaitteet, sähköiset lukitukset, apukytinten toiminta. Akselin ja nivelmekanismin liikkuvuuden ja voitelun tarkastus.
- HUOM: Koskettimet ja vivusto puhdistetaan liuottimella voiteluaineesta ja voidellaan valmistajan vaatimalla voiteluaineella. Erilaisten voiteluaineiden sekoittaminen saattaa jumiuttaa erottimen koskettimet tai vivuston kokonaan. Kiinnijuuttuneiden tai erityisen likaisten kosketinpintojen puhdistukseen voidaan kokeilla kuivajääpuhallusta.

60 kk:n välein lisäksi:

- Kosketinvoimien mittausta jousivaa'an avulla. Eristimien, erotinveitsien ja rungon tarkastus ultraäänen avulla.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Keskijännitekojeisto, katkaisijat	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

1 kk:n välein:

- Aistinvarainen tarkastus. Lämpökuvaus. Tapahtumalaskurin lukeman tallennus.

12 kk:n välein:

- Maadoitusten tarkastus. Ilmavälien tarkastus. Merkintäkilpien tarkastus. Käyttövälineiden tarkastus.
- Kunnonvalvontamittaukset, mittaustulosten analysointi ja mahdolliset toimenpiteet; Ylimenovastuksen mittaus mikro-ohmimittarilla ja mittaustuloksen vertailu edellisen huollon jälkeisen varmistusmittauksen tuloksiin.
- Eristimien eheyden tarkastus aistinvaraisesti, puhdistus imuroimalla ja pyyhkimällä nukkaamattomalla liinalla.
- Ulosvedettävien katkaisijoiden erotustoiminnon tarkastus toistamalla erotusliike muutamia kertoja varmistaen etteivät koskettimet ole juuttuneet kiinni tai jäykistyneet ja että liikkeet menevät perille asti ilman ylimääräistä voimaa ja kertaliikkeenä. Vaunun maadoituskoskettimen toiminnan tarkastus.
- Tarkastetaan että kojeet ovat suunnitelluilla paikoillaan ja ettei niissä näy merkkejä oikosulusta, ylikuumentumisesta, palamisesta, eläintuhoista, kemiallisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Tarkastetaan kaapelien, johtimien, liittimien ja kojeiden merkinnät sekä kiinnityksen kireys.
- HUOM: Koskettimet ja vivusto puhdistetaan liuottimella voiteluaineesta ja voidellaan kevyesti valmistajan vaatimalla voiteluaineella. Erilaisten voiteluaineiden sekoittaminen saattaa jumiuttaa koskettimet tai vivuston kokonaan.
- Tarkastetaan varaosien, kulutusosien jne. saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa sekä valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

36 kk:n välein lisäksi:

- Tarkastushuolto.
- Suojareleiden ja apureleiden koestukset ja asetteluarvojen tarkastus, ensiökoestus katkaisijoiden ja erottimien kanssa huoltojen jälkeen toimintojen ja lukitusten varmistamiseksi.
- Eristysresistanssin mittaus. Maadoitusresistanssin mittaus. Virran ja jännitteen mittaus ja mittaustulosten vertailu mittamuuntajien arvoihin. Apujännitteen mittaus. Maadoitusjohtimien kunnon ja merkin­töjen tarkastus. Kosketinvoimien mittaus jousivaa'an avulla. Eristimien ja rungon tarkastus ultraäänen avulla.
- Ylivirtasuojien mitoituksen ja kunnon tarkastus. Apulaitteiden koestus. Sähköisten lukitusten koestus. Mekaanisten lukitusten koestus. Mekaanisen kojeiston toiminnan tarkastus.
- Valokaaren sammutuskammioiden tarkastus, puhdistus ja vaurioituneiden vaihto. Koskettimien kuluneisuuden tarkastus ylimenovastuksen mittauksella.

60 kk:n välein lisäksi:

- Katkaisijan täydellinen huolto.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Keskijännitekojeisto, SF6-kontaktorit	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

1 kk:n välein:

- Aistinvarainen tarkastus. Lämpökuvaus. Tapahtumalaskurin lukeman tallennus.

12 kk:n välein:

- Maadoitusten tarkastus. Ilmavälien tarkastus. Merkintäkilpien tarkastus. Käyttövälineiden tarkastus.
- Kunnonvalvontamittaukset, mittaustulosten analysointi ja mahdolliset toimenpiteet; Ylimenovastuksen mittaus mikro-ohmimittarilla ja mittaustuloksen vertailu edellisen huollon jälkeisen varmistusmittauksen tuloksiin.
- Eristimien eheyden tarkastus aistinvaraisesti, puhdistus imuroimalla ja pyyhkimällä nukkaamattomalla liinalla.
- Ulosvedettävien katkaisijoiden erotustoiminnon tarkastus toistamalla erotusliike muutamia kertoja varmistaen etteivät koskettimet ole juuttuneet kiinni tai jäykistyneet ja että liikkeet menevät perille asti ilman ylimääräistä voimaa ja kertaliikkeenä. Vaunun maadoituskoskettimen toiminnan tarkastus.
- Tarkastetaan että kojeet ovat suunnitelluilla paikoillaan ja ettei niissä näy merkkejä oikosulusta, ylikuumentumisesta, palamisesta, eläintuhoista, kemiallisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Tarkastetaan kaapelien, johtimien, liittimien ja kojeiden merkinnät sekä kiinnityksen kireys.
- Tarkastetaan varaosien, kulutusosien jne. saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa sekä valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

36 kk:n välein lisäksi:

- Tarkastushuolto.
- Suojareleiden ja apureleiden koestukset ja asetteluarvojen tarkastus, ensiökoestus katkaisijoiden ja erottimien kanssa huoltojen jälkeen toimintojen ja lukitusten varmistamiseksi.
- Eristysresistanssin mittaus. Maadoitusresistanssin mittaus. Virran ja jännitteen mittaus ja mittaustulosten vertailu mittamuuntajien arvoihin. Apujännitteen mittaus. Maadoitusjohtimien kunnan ja merkintöjen tarkastus. Kosketinvoimien mittaus jousivaa'an avulla.
- Ylivirtasuojien mitoituksen ja kunnan tarkastus. Apulaitteiden koestus. Sähköisten lukitusten koestus. Mekaanisten lukitusten koestus. Mekaanisen kojeiston toiminnan tarkastus.
- Koskettimien kuluneisuuden tarkastus ylimenovastuksen mittauksella.

60 kk:n välein lisäksi:

- Katkaisijan täydellinen huolto.
- Koskettimien kuluneisuus mitataan sammutuskammion ulkopuolelta mittaamalla rakotulkilla vällys. Valmistajan ohjearvon alittavat koskettimet on vaihdettava.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Loistehon kompensointilaitteet	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ
<p><u>12kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Lämpökuvaus: johtimet, liittimet, kontaktorit, konensaattorit, vastukset, sulakkeet.2. Irtikytkentä, odota muutama minuutti, työmaadoita.3. Eristimien puhdistus.4. Kaapeliliitosten tarkastus ja kiristys.5. Kondensaattoripariston puhdistus.6. Pariston astian vuotojen tarkastus, läpivientien kunto.7. Merkintöjen ja kilpien tarkastus ja puhdistus.8. Kontaktoreiden tarkastus aistinvaraisesti ja tarvittaessa mittaamalla.9. Säätäjän asetteluarvojen ja toiminnan tarkastus.10. Hälytysten toiminnan tarkastus ja koestus.11. Kapasitanssin tarkastus mittaamalla yksikön virta ja vertaamalla sitä nimellisvirtaan.12. Sulakkeiden ja purkausvastusten tarkastus mittaamalla.13. Tuulettimen tarkastus ja puhdistus.			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkötilat, muuntamot	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ
<p><u>1kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Sähkötilan ovien kunto ja merkinnät, saranat, lukituksen toimivuus ja voitelutarve. Kulkutiet, yleinen siisteys, kaapeliläpivientien tiivistys ja palokatko seinissä, katossa ja lattiassa, valaistuksen ja varavalaistuksen toiminta, sähkötilan lämmitys ja jäähdytys. Maadoituskojen liitokset, puhtaus ja merkinnät (muuntamoissa). Sammuttimen kunto, ensiaputaulu, silmähuuhde (akkuhuoneissa), kasv suojuus, sulakkeenvaihtokahva, pääkaavio, siirrettävät kyltit ja kiinteät varoituskilvet. Työmaadoitusvälineet, sulakkeenvaihtovälineet, varasulakkeet, työskentelysuojat, lippusiimat ja sulkupuomit, jännitteenkoettimen toiminta, tilan hälytysjärjestelmien toiminta. Ohjausvivut ja -sauvat. Akkuja sisältävistä tiloista tarkastetaan tilan tuuletus, akkujen lämpökuvaus, ilmansuodattimet, tilan jäähdytys tai lämmitys, lämpötila, sekä tilan merkinnät ja siisteys. Kaikissa tiloissa tarkastetaan tuuletus, suodattimet, ilman kosteus, lämpötila. <p><u>12kk välein lisäksi:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Sähkötilan lämpötila kovimman kuormituksen ja kuumimman vuodenajan aikana, lämpötilan vaihteluväli, ilman virtaus, ylipaine, suodattimien vaihto, tuuletusaukkojen ja tuulettimien tarkastus, mahdollisten jäähdytyslaitteiden tarkastus. Tutkittava tarkoin löytyykö merkkejä vesivuodoista tai tuhoeläinten kulkuaukoista. Keskuskaaviot ja muu dokumentaatio ajantasainen ja oikealla paikalla. Valaisinhuolto, käytöstä poistuneiden kaapeleiden purku, tyhjien aukkojen tulppaus, kaapelireittien puhdistus. Vuoden huoltomerkintöjen tarkastus, poikkeamien tutkiminen, vikojen korjaus. Kojeiston liitosten ja purkausaukkojen tarkastus, sähkötilan rakenteiden kunto. Lämpökuvaus vuosihuollon jälkeen, referenssiksi ajokaudelle. Keskusten imurointi ja puhdistus ulko- ja sisäpuolelta. Korroosiotarkastus. Löytyneiden naarmujen paikkamaalaus. Sähkötilan puhdistus. Valvonnan tarkastus (valvontakamera, sisäpuhelin, radiopuhelimen kuuluvuus). <p><u>60kk välein lisäksi:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Maadoitusten ja eristysvastuksen mittaus. 			

Kohde, SFI		Kriittisyys	x
Kohde, nimi	ATEX-tilat	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

ATEX-tiloissa olevien sähkölaitteiden huollossa tarvittava dokumentaatio on aina oltava laadittuna, ajan tasalla ja saatavilla:

- Tilaluokituspiirros ATEX-alueista.
- Kaasulle lämpötilaluokkien IIB ja IIC vaatimukset.
- Sähkölaitteista riittävästi taustatietoa kunnossapidon suorittamiseksi.
- Edellisen tarkastusten pöytäkirjat. Jokaisesta huoltotarkastuksesta on tehtävä pöytäkirja. ATEX tilassa olevan sähköasennuksen toiminnan kuvaava piirustus.

Tarkasta vuosittain, että käytössä on voimassa oleva standardin IEC 60079-17 versio ja luokitustilalaitoksen tulkinta siitä. IIB ja IIC huollot standardin tarkastuslistan eli taulukon 1 mukaisesti siten, että vuositarkastuksessa silmämääräisen tarkastuksen työt, välitarkastuksessa lähitarkastuksen työt ja uusintatarkastuksessa yksityiskohtaisen tarkastuksen työt.

Tarkasta syöttöpiirin merkinnät, kaapeliläpivientien ja muiden tiivistyksien tiiveys ja kunto, näkykö korroosiota. Tarkasta, ettei asennusta ei ole muutettu, luvattomia asennuksia ei ole tehty ja merkinnät kentällä ja dokumentaatiossa täsmäävät.

Mittaa maadoitus ja eristysresistanssi soveltuvalla työmenetelmällä. Eristysresistanssin oltava vähintään 1MΩ.

ATEX-tilojen pakolliset määräaikaiset viranomaistarkastukset eivät korvaa ennakkohuoltoa, vaan ovat pakollinen osa sitä.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Pienjännitekeskukset	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

12 kk:n välein:

- Tarkastetaan kotelon kiinnitys, ulkoinen eheys, kotelointiluokan toteutuminen, yleinen kunto ja pinnoitteen kunto, korroosioauriot.
- Tarkastetaan laitekilven tai vastaavan merkinnän kiinnitys, näkyvyys ja tietojen oikeellisuus.
- Tarkastetaan kannen kunto ja suoruus, kannen tiivisteiden kunto, saranoiden ja mahdollisen aukkipitäjän kunto sekä mahdollinen voitelutarve, sekä kotelon lukituksen kunto ja voitelutarve. Koestetaan kannen auki ja kiinni lukittuminen.
- Tarkastetaan kaapeliniippojen kiinnitys ja tiiviys kotelon sisä- ja ulkopuolelta tutkien. Tarkastetaan kaapelien kiinnitys ja vedonpoisto. Tarkastetaan kaapelien vaipan eheys.
- Tutkitaan kotelon likaantumisasaste ulko- ja sisäpuolella ja puhdistetaan kotelo sisä- ja ulkopuolelta imuroiden tai nukkaamattomalla liinalla pyyhkien.
- Tarkastetaan että kaapelit ja kojeet ovat suunnitelluilla paikoillaan ja ettei niissä näy merkkejä ylikuumenemisesta, palamisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Tarkastetaan johtimien, liittimien ja kojeiden merkinnät sekä kiinnityksen kireys. Liittimien ylikiristämistä tulee välttää, sillä pienimmät johtimet katkeavat muutaman lisäkierityskerran jälkeen mikäli liitin ei ole löystynyt kiristysten välillä.
- Tarkastetaan keskuksen kojeiden kunto testipainikkeiden avulla (vikavirtasuojakytkimet), aistinvaraisesti etsien merkkejä ylikuormituksesta tai rikkoutumisesta, lämpökuvauksella (täyden kuormituksen aikana) ja satunnaismittauksin. Rikkoutuneiden merkkilamppujen, kytkimien ja johdonsuoja-automaattien vaihdetaan uusiin.
- Kontaktorien, apureiden ja apukärkien toiminnan tarkastus mittaamalla. Painikkeiden ja vipujen jumiumattoman toiminnan tarkastus. Pääkytkimen toiminnan tarkastus mittaamalla.
- Eristysresistanssin mittaaminen, suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen, kosketussuojan tarkastus.
- Yli 30 A:n kojeiden, erityisesti kontaktorien, koskettimien ylimenovastuksen mittaaminen. Paljon käytetyt, esim. moottoriventtiilien kontaktorit vaihdetaan vuosittain.
- Vertaillaan keskuskaavion tietoja keskuksen merkintöihin, senhetkiseen asennukseen ja täydennetään mahdollisesti puuttuvat tiedot.
- Tarkastetaan suojalaitteiden asetusarvot ja korjataan tiedot tarvittaessa suojalaitteen asetuksiin tai piirustuksiin. Tuntemattomat kytkennät on selvitettävä ja poistuneet purettava viimeistään vuosihuollon yhteydessä.
- Keskuksen täydentyessä uudella ryhmällä, on viimeistään vuosihuollossa laskennallisesti tarkastettava ja päivitettävä keskuskaavioon keskuksen huipputeho ja -virta, keskuskaavioon merkityn käyttöretoimen mukainen teho ja virta, sekä keskusta syöttävän suojalaitteen ja itse keskuksen nimellisvirran riittävyys.
- HB on lämmityskotelo, joka käyttää muuntajan kautta syklokonverterin säröyttämää sähköä. Harmoniset yliaallot voivat aiheuttaa vaurioita sähkölaitteissa, joten lämpökuvaus mahdollisimman kovan kuormituksen aikana on tehtävä useamman kerran ajo-kaudessa.
- Tarkastetaan jokaiseen koteloon määriteltyjen varaosien, sulakkeiden, kulutusosien jne. saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa sekä valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Pienjännitekeskukset	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

36 kk:n välein lisäksi:

- Tutkittava keskuksen selektiivisyys; keskusta syöttävän kaapelin suoja ei saa toimia ennen keskuksen kulutusryhmän johdonsuoja-automaattia. Johdonsuojan on toimittava jumiutumatta laukaisukäyränsä mukaisilla arvoilla. Testataan mittaamalla myös jokaisen keskuksen kojeen toiminta. Kontaktorien, apureleiden ja apukärkien toiminnan tarkastus ja ylimenovastus mittaamalla.
- Koestettava keskuksen selektiivisyys; keskusta syöttävän kaapelin johdonsuoja ei saa toimia ennen kulutusryhmän johdonsuojaa. Johdonsuojan on toimittava laukaisukäyränsä mukaisilla arvoilla ja jumiutumatta.
- Tutkittava näkykö pitkäaikaisen ylikuormituksen aiheuttamia lämpövaurioita. Jatkuvan ylikuormituksen syy on selvitettävä ja sähköjakelua tarvittaessa vahvistettava.
- Jokainen lähtö on tutkittava dokumentaatiota ja asennusta verraten: onko käyttökerroin muuttunut, onko syöttävä ryhmä riittävän iso, onko sähkön laatu riittävä, onko kaapelointi tarpeeksi lyhyt.
- Kulustietojen selvitystyö on tehtävä ennen suojareleiden koestusta, jotta mahdolliset asetteluarvojen muutokset saadaan tehtyä ajoissa ja koestus toteutettua oikeilla asetteluarvoilla.

60 kk:n välein lisäksi:

- Tarkastettava mittaamalla tarkastettava jokaisen keskukselta lähtevän ja keskukselle tulevan kaapelin eristysresistanssi, keskuksen eristysresistanssi, sekä suojajohtimen jatkuvuus.
- Keskusten kiskostoihin voidaan käyttää kuivajääpuhallusta, mutta sen käytössä tulee huomioida heikoimpien merkintöjen ja maalin irtoaminen, sekä tehokas työnaikainen tuuletustarve.
- Kaikkien kiinnitysten ja liitosten kireyden tarkastus.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Pienjännitekeskukset, maistaotto (SC)	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

Kaikki pienjännitekeskusten huollot, joiden lisäksi

12 kk:n välein:

- Tarkastetaan kaikkien keskusten tahdistuslaitteiden toiminta kertatyönä.
- Tarkastetaan että kaapelit ja kojeet ovat suunnitelluilla paikoillaan ja ettei niissä näy merkkejä ylikuumenemisesta, palamisesta tai mekaanisesta rasituksesta. Tarkastetaan johtimien, liittimien ja kojeiden merkinnät sekä kiinnityksen kireys.
- Eristysresistanssin mittaus, suojajohtimen ja nollajohtimen risteämättömyyden tarkastus, kosketus-suojan tarkastus.
- Yli 30 A:n kojeiden, erityisesti kontaktorien, koskettimien ylimenovastuksen mittaus.
- Tarkastetaan varaosien, sulakkeiden, kumikaapelijatkosten, kulutusosien jne. saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa sekä valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Pienjännitemoottorikeskukset (MCC)	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

Kaikki pienjännitekeskusten huollot, joiden lisäksi

12 kk:n välein:

- Tarkastetaan keskuksen kojeiden kunto testipainikkeiden avulla (vikavirtasuojakytkimet), aistinvaraisesti etsien merkkejä ylikuormituksesta tai rikkoutumisesta, lämpökuvauksella (täyden kuormituksen aikana) ja jokainen lähtö mitaten.
- Eristysresistanssin mittausta, suojajohtimen jatkuvuuden mittausta, kosketussuojan tarkastus jokaisesta moottorilähdöstä.
- Yli 30 A:n kojeiden, erityisesti kontaktorien, koskettimien ylimenovastuksen mittausta. Paljon käytetyt, esim. moottoriventtiilien kontaktorit vaihdetaan vuosittain.
- Lämpöreiden ja vastaavien suojalaitteiden asetteluarvojen ja toiminnan tarkastus moottorihuoltojen yhteydessä.
- Moottorilähtöjen jännite, virta, tehokerroin, resistanssi, eristysresistanssi ja oikosulkuvirta tulee mitata moottorihuoltojen yhteydessä.
- Moottorikeskuksiin asennetut tilapäiset kunnonvalvontamittalaitteet on asennettava valmistajan ohjeen mukaisesti, mutta samalla vakavuudella kuin uudet kiinteät asennukset. Kiinnittämättömät tai huonosti kiinnitetyt kaapelit, johtimet, liitokset, kojeet ja komponentit ovat turvallisuusriski laitteistolle ja käyttäjille.
- Harmoniset yliaallot voivat aiheuttaa vaurioita sähkölaitteissa, joten lämpökuvauksella mahdollisimman kovan kuormituksen aikana on tehtävä useamman kerran ajo-kaudessa. Keskusten yliaaltojen esiintymistä tulee mitata pistokokeina.
- Tarkastetaan jokaiseen moottorilähtöön määriteltujen varaosien, sulakkeiden, jne. kulutusosien saatavuus aluksen varastossa, varustamon varastossa, valmistajalla tai jälleenmyyntiliikkeissä.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Haaroituskotelot	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ
<p><u>12kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Tarkastetaan kotelon ulkoinen eheys, kunto ja pinnoitteen kunto.2. Tarkastetaan nimikilven ja vastaavien merkintöjen kiinnitys, näkyvyys ja tietojen oikeellisuus.3. Tarkastetaan kannen kunto, kannen tiivisteiden kunto, saranoiden kunto ja mahdollinen voitelutarve, sekä kotelon lukituksen kunto ja voitelutarve.4. Tarkastetaan kaapelinippojen kunto, kiinnitys ja tiiviys kotelon sisä- ja ulkopuo-lelta tutkien.5. Tarkastetaan kaapelien kiinnitys ja vedonpoisto. Tarkastetaan kaapelien vaipan eheys.6. Tutkitaan kotelon likaantumisasaste ulko- ja sisäpuolella ja puhdistetaan kotelo sisä- ja ulkopuolelta.7. Tarkastetaan johtimien, liittimien ja kojeiden kunto ja kiinnityksen kireys.8. Rikkoutuneiden riviliittimien ja kaapelinippojen vaihto uusiin.9. Käytöstä poistuneiden kaapeleiden nipat tulpataan varalle.10. Tarkastetaan riviliitintunnusten näkyvyys ja oikeellisuus. <p><u>60kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none">12. Eristysresistanssin mittaus.			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	400 V pistorasiat	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

12 kk: välein:

1. Tarkastetaan kotelon kiinnitys, ulkoinen eheys, kunto ja pinnoitteen kunto.
2. Tarkastetaan nimikilven tai vastaavan merkinnän kiinnitys, näkyvyys ja tietojen oikeellisuus.
3. Tarkastetaan kannen kunto ja kannen tiivisteiden kunto.
4. Jännitteen ja eristysresistanssin mittaaminen.
5. Tarkastetaan kaapeliniippojen kiinnitys ja tiiviys kotelon ulkopuolelta tutkien.
6. Tarkastetaan kaapelin kiinnitys ja vedonpoisto.
7. Tarkastetaan kaapelin vaipan eheys.
8. Puhdistetaan kotelo ulkopuolelta.
9. Lukituksia sisältävien pistorasioiden lukituksen toimivuus koestettava.
10. Tarkastetaan johtimien, liittimien ja kojeiden kunto ja kiinnityksen kireys. Rikkoutuneiden vaihto.
11. Tarkastetaan näkykö ylikuumentumisesta merkkejä.
12. Tarkastetaan koskettimien kunto ja puhtaus, ylimenovastuksen mittaaminen ulkotiloissa.
13. Vaihejärjestyksen tarkastus, ei ylimääräisiä virtelmiä.
14. Vikavirtasuojauksen testaus.

60 kk:n välein lisäksi:

15. Selektiivisyystarkastelu ja oikosulkuvirran mittaaminen.
16. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaaminen.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Päägeneraattorit, PG	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

1 kk:n välein:

- Aistinvarainen tarkastus.
- Lämpökuvaus.
- Akselitiivisteiden seuranta.
- Laakereiden värähtelymittaus ja kuuntelu.
- Kytkeiden ja kiinnitysruuvien seuranta.
- Jäähdytyskennon tarkastus ja puhdistus.
- Lämmityksen tarkastus.
- Jäähdytysilmansuodattimien puhdistus tai vaihto.

12 kk:n välein lisäksi:

- Lämpökuvaus vuosihuollon jälkeen referenssiksi.
- Laakerihuolto.
- Liukurenkaiden pintojen tarkastus.
- D-pään maadoitushilien tarkastus.
- Koneen sisäosien puhdistus.
- Koneen tuuletusjärjestelmän tarkastus.
- Koneen lämpötila-antureiden koestus ja kalibrointi.
- Jäähdytyspuhaltimen huolto.
- Huoneen lämpötilan jatkuva seuranta.
- Staattorikäämitysten siderakenteiden ja tukirakenteiden kunnan tarkastus.
- Staattorikäämitysten urakiilojen paikallaan pysymisen tarkastus.
- Käämitysten eristyksen kunnan tarkastus.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Päägeneraattorit, PG	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

- Napakäämin paikallaan pysymisen tarkastus.
- Käämitysten eristysresistanssin mittaus.
- Sakarakytkimen kunnan tarkastus.
- Laakereiden voitelun ja kunnan tarkastus.
- Jäähdytyslaitteiden kunnan ja toiminnan tarkastus.
- Magnetointipiirin tarkastus.
- Lukitusten tarkastus, suoja-areleiden tarkastus.
- Korroosioaurioiden tarkastus, naarmujen paikkamaalaus.
- Diodisillan mittaus.
- Maadoitusvastuksen mittaus.

60 kk:n välein lisäksi:

- Alkumittaukset ennen huoltoa.
- Koneen purku ja puhdistus.
- Jäähdyttimien ja lämmönvaihtimien tarkastus ja pesu.
- Puhaltimien ja laakeroinnin tarkastus ja puhdistus.
- Staattorin ja roottorin mittaukset ja pesu. Tarkastusmittaukset kuivatuksen jälkeen paikalleen asennettuna.
- Takometrin keskeisyyden tarkastus.
- Aistinvaraiset tarkastukset: staattorin käämintä, tuenta, kiilaukset, runko ja roottori. Laser-keilaus nopeuttaa ja tekee vertailusta yhteismitallisen.
- Ilmavälin tarkastus.
- Eristeiden kunnan tarkastus.
- Hiilipaineen tarkastus ja hiiliharjojen vaihto tarvittaessa.
- D-pään akselin maadoitushiiliharjan vaihto.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Päägeneraattorit, PG	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

- Tiivisterenkaiden ja laakereiden tarkastus.
- Pestyjen osien uunikuivaus.
- Roottorin tasopainotus (pöytäkirja) ja ilmavälin säätö.
- Mitataan moottorin arvot ja loppukoestus.
- Paikkamaalaukset.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Hätägeneraattori, satamageneraattori, HG,PG	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

12 kk:n välein:

- Diodien mittaus. Vastusten mittaus. Induktanssien mittaus keloista.
- Jännitteen mittaus, virran mittaus, taajuuden mittaus.
- Eristysresistanssin mittaus häiriönpoistokondensaattoreiden poistamisen jälkeen.
- Ilmavälien ja eristeiden tarkastus. Jännitteensäätäjän tarkastus. Tahdistinlaitteiston toiminnan tarkastus.
- Merkkilamppujen, rajakytkimien ja painikkeiden koestus tai mittaus.

60 kk:n välein lisäksi:

- Alkumittaukset ennen huoltoa.
- Koneen purku ja puhdistus.
- Jäähdyttimien ja lämmönvaihtimien tarkastus ja pesu.
- Puhaltimien ja laakeroinnin tarkastus ja puhdistus.
- Staattorin ja roottorin mittaukset ja pesu. Tarkastusmittaukset kuivatuksen jälkeen paikalleen asennettuna.
- Aistinvaraiset tarkastukset: staattorin käämintä, tuenta, kiilaukset, runko ja roottori. Laser-keilaus nopeuttaa ja tekee vertailusta yhteismitallisen.
- Ilmavälin tarkastus. Eristeiden kunnan tarkastus.
- D-pään akselin maadoitushiiharjan vaihto.
- Tiivisterenkaiden ja laakereiden tarkastus.
- Pestyjen osien uunikuivaus.
- Roottorin tasopainotus (pöytäkirja) ja ilmavälin säätö.
- Mitataan moottorin arvot ja loppukoestus.
- Paikkamaalaukset.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Muuttajageneraattorit, MG	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

12 kk:n välein:

- Diodien mittaus. Vastusten mittaus. Induktanssien mittaus keloista.
- Jännitteen mittaus, virran mittaus, taajuuden mittaus.
- Eristysresistanssin mittaus häiriönpoistokondensaattoreiden poistamisen jälkeen.
- Ilmavälien ja eristeiden tarkastus. Jännitteensäätäjän tarkastus. Tahdistinlaitteiston toiminnan tarkastus.
- Merkkilamppujen, rajakytkimien ja painikkeiden koestus tai mittaus.
- Jäähdytyksen toiminnan tarkastus.

60 kk:n välein lisäksi:

- Alkumittaukset ennen huoltoa.
- Koneen purku ja puhdistus.
- Jäähdyttimien ja lämmönvaihtimien tarkastus ja pesu.
- Puhaltimien ja laakeroinnin tarkastus ja puhdistus.
- Staattorin ja roottorin mittaukset ja pesu. Tarkastusmittaukset kuivatuksen jälkeen paikalleenasennettuna.
- Aistinvaraiset tarkastukset: staattorin käämintä, tuenta, kiilaukset, runko ja roottori. Laser-keilaus nopeuttaa ja tekee vertailusta yhteismitallisen.
- Ilmavälin tarkastus. Eristeiden kunnan tarkastus.
- D-pään akselin maadoitushiiharjan vaihto.
- Tiivisterenkaiden ja laakereiden tarkastus.
- Pestyjen osien uunikuivaus.
- Roottorin tasopainotus (pöytäkirja) ja ilmavälin säätö.
- Mitataan moottorin arvot ja loppukoestus.
- Paikkamaalaukset.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Kuivamuuntajat	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

3 kk:n välein:

- Muuntajan aistinvarainen tarkastus; ei näy ylikuormituksen merkkejä tai roskia, ei kuulu normaalia enempää sirinää, ei haise palaneelta. Lämpökuvaukset, äänimittaukset, PD-mittaukset.

12 kk:n välein:

- Tarkastetaan muuntajan puhtaus ja ulkoinen eheys, sekä laitekilven tiedot.
- Tarkastetaan tukieristimien kunto (jännitteettömänä ultraäänellä).
- Tarkastetaan lämpötilamittauksen toiminta.
- Imurointi, puhdistus nukkaamattomalla liinalla. Paineilmalla puhallusta ei lainkaan, tai hyvin alhaisella paineella.
- Tutkittava näkykö pitkäaikaisen ylikuormituksen tai yliaaltojen aiheuttamia vaurioita.
- Jännitteiden, taajuuden, virran laadun, eristysvastuksen, suojajohtimen jatkuvuuden, häviökertoimen, tehokertoimen ja polarisaatioindeksin mittaus. Muuntosuhteen mittaus.
- Metalliosien mahdollisten naarmujen paikkamaalaus.
- Suojareleiden asettelujen tarkastus aina muuntajahuoltojen yhteydessä.
- Hälytysten koestus.

36 kk:n välein lisäksi:

- Muuntajasydämen liitosten kireyden tarkastus. Muuntajan ulkoisten osien eheyden tarkastus, kiinnitysten ja liitosten tarkastus.
- KytKentäryhmän tarkastus. Käämiresistanssien mittaus. Oikosulkuimpedanssin ja kuormitushäviöiden mittaus.
- Kaapeleiden ja kaapelipäätteiden tarkastus.

60 kk:n välein lisäksi:

- Perusteellinen puhdistus kuivajääpuhalluksella, tai kuivamuuntajan puhdistusaineella erikseen kuiva-ten. Käytössä tulee huomioida heikoimpien merkintöjen ja maalin irtoaminen, sekä tehokas työnaikainen tuuletustarve.
- Käämien mittaukset.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, epätahtimoottorit	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

6 kk:n välein:

- Laakerien SPM-mittaus kierrostoimintona. Lämpökuvaus.

12 kk:n välein lisäksi:

- Moottorin aistinvarainen tarkastus. Jäähdytyksen tarkastus.
- Ulkoisena puhdistuksena harjaus ja/tai paineilmapuhallus.
- Moottorin akselitiivisteiden kunnon säännöllinen seuranta. Moottorin kytkentöjen ja kiinnitysten säännöllinen seuranta.
- Laakerien kuuntelu, lämpötilan mittaus, tarkasta värähtelytasot. Ilmoitetun kestoiän lähestyessä tiennetään laakereiden kunnonvalvontamittauksia kuukausittaiseksi tai jopa viikottaiseksi, erityisesti kuuntelua.
- Jännitteen mittaus, virran mittaus, tehokertoimen mittaus, taajuuden mittaus. Mahdollisten anturien ja termistorien tarkastus ja kalibrointi. Lämpökuvaus.
- Moottorin säännöllinen pyöräytys (ei jumiudu kun käytetään joskus).
- Moottorin laakerien rasvaus laakerin koon, kierrosnopeuden ja käyttötuntien perusteella huomioiden olosuhteet, käyttöpaikka ja lämpötila. Poistuvan rasvan laadun tarkkailu.

36 kk:n välein lisäksi:

- Eristysresistanssin mittaus, induktanssin ja resistanssin mittaus. Jos eristysresistanssi alentunut edellisestä mittauksesta, suoritettava polarisaatioindeksimittaus.
- Prosessisuureen mittaus (vääntö, pyörimisnopeus). Jos alentunut edellisestä mittauksesta, suoritettava vuomittaukset.
- Moottorin tuuletuksen pesu tai kuivajääpuhallus moottorin käyttöpaikasta, likaisuusasteesta ja kotelointiluokasta riippuen.

60 kk:n välein lisäksi:

- Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus, syöksyaaltomittaus.

120 kk:n välein lisäksi:

- Aina laakerivaihtojen yhteydessä ja viimeistään 120 kk:n välein moottorin sisäosien imurointi ja kuivajääpuhallus. Paineilmapuhallus sallittu vain pienellä paineella ja laajalla suuttimella, jottei lika painu syvemmälle käämin rakoön.
- Vaihtoehtoisesti märkäpesu ja kuivaus uunissa, lämminilmapuhalluksella tai sähkövirralla.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, keulapotkuri	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

7.3.1 Recommended maintenance program

Abbreviation used in maintenance program:

- V = Visual checking
- C = Cleaning
- D = Disassembling and assembling
- R = Reconditioning or replacement
- T = Testing and measurement.

Not all options are applicable for all machines.

Table 7-1. Maintenance intervals

Maintenance object	MAINTENANCE INTERVAL				Check / Test
	In equivalent operating hours or time period, which ever comes first				
	L1	L2	L3	L4	
	4 000 Eq. h 12 000 Eq. h 20 000 Eq. h 28 000 Eq. h	8 000 Eq. h 16 000 Eq. h	24 000 Eq.h	80 000 Eq.h	
	½ year	Annual	3-5 years	Overhaul	

7.3.1.1 General construction

Maintenance object	L1	L2	L3	L4	Check / Test
Machine operation	V/T	V/T	V/T	V/T	Starting, shut down, vibration measurement, no-load point
Mounting and foundation	V	V/T	V/T	V/T/D	Cracks, rust, alignment
Exterior	V	V	V	V	Rust, leakage, condition
Fastenings	V	V/T	V/T	V/T	Tightness of all fastenings
Anchor bolts	V	V	V/T	V/T	Fastening, condition

Main supply connection

Maintenance object	L1	L2	L3	L4	Check / Test
High voltage cabling	V	V/T	V/T	V/T/D	Wear, fastening
High voltage connections	V	V/T	V/T	V/T/D	Oxidation, fastening

Terminal box accessories, i.e. surge capacitors, arrestors and current transformers	V	V	V	V	General condition
Cable transits	V	V	V	V	Condition of cables entering the machine and inside the machine

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, keulapotkuri	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

7.3.1.2 Stator and rotor

Maintenance object	L1	L2	L3	L4	Check / Test
Stator core	V	V	V	V/C	Fixing, cracks, welds
Stator winding insulation	V	V/T	V/T/C	V/T/C	Wear, cleanliness, insulation resistance, turn insulation test, (high voltage test)
Stator coil over hangs	V	V	V	V	Insulation damages
Stator coil supports	V	V	V	V	Insulation damages
Stator slot wedges	V	V	V	V	Movement, tightness
Stator terminal bars	V	V	V	V	Fixing, insulation
Instrumentation	V	V	V	V	Condition of cables and cable ties
Rotor winding insulation	V	V/T	V/T/C	V/T/C	Wear, cleanliness, insulation resistance
Rotor balancing weights	V	V	V	V	Movement
Shaft	V	V	V	V	Crack, corrosion
Connections in rotor	V	V	V/T	V/T	Fixing, general condition
Earthing brushes	V	V	V	V	Operation and general condition

NOTE: It is not recommended that totally enclosed machines are dismantled and inspected internally more often than every 3-5 years (L3).

7.3.1.3 Auxiliaries

Maintenance object	L1	L2	L3	L4	Check / Test
Pt-100 elements (stator, cooling air, bearing)	V	V/T	V/T	V/T	Resistance
Anticondensation heaters	V	V/T	V/T	V/T	Operation, insulation resistance
Encoders	V	V	V/T	V/T	Operation, general condition, alignment
Auxiliary terminal boxes	V	V/T	V/T	V/T	General condition, terminals, wiring condition

7.3.1.4 Lubrication system and bearings

Maintenance object	L1	L2	L3	L4	Check / Test
Bearing during operation	T	T	T/R	T/R	General condition, extra noise, vibration
Waste grease	V	V/C	V/C	V/C	Condition, purging
Re-greasing	V	V/R	V/R	V/R	According to bearing plate
Seals	V	V/D	V/D	V/D	Leakage
Bearing insulation	V/C	V/C	V/C/T	V/C/T	Endshield cleanliness, insulation resistance

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, keulapotkuri	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

6 kk:n välein:

- Laakerien SPM-mittaus kierrostoimintona. Lämpökuvaus.

12 kk:n välein lisäksi:

- Moottorin aistinvarainen tarkastus.
- Jäähdytyksen tarkastus. Lämmityksen tarkastus.
- Ulkoisena puhdistuksena harjaus ja/tai paineilmapuhallus.
- Moottorin akselitiivisteiden kunnon säännöllinen seuranta. Moottorin kytkentöjen ja kiinnitysten säännöllinen seuranta.
- Laakerien kuuntelu, lämpötilan mittaus, tarkasta värähtelytasot. Ilmoitetun kestoiän lähestyessä tiennetään laakereiden kunnonvalvontamittauksia kuukausittaiseksi tai jopa viikottaiseksi, erityisesti kuuntelua.
- Jännitteen mittaus, virran mittaus, tehokertoimen mittaus, taajuuden mittaus. Mahdollisten anturien ja termistorien tarkastus ja kalibrointi. Lämpökuvaus.
- Moottorin säännöllinen pyöräytys (ei jumiudu kun käytetään joskus).
- Moottorin laakerien rasvaus laakerin koon, kierrosnopeuden ja käyttötuntien perusteella huomioiden olosuhteet, käyttöpaikka ja lämpötila. Poistuvan rasvan laadun tarkkailu.
- Keulapotkurikäytöstä tarkastetaan termostaatti, lämmitin, voitelupumppu moottoreineen, lämmityspumppu 1 moottoreineen, lämmityspumppu 2 moottoreineen, tyhjömanometri, hälytysjärjestelmät, suodattimen paine-kytkin, pinnankorkeusvahti, ylikuumenemissuojat. Pumppujen pyörimissuunnat tarkastettava aina käyttöönotossa huoltojen jälkeen.

36 kk:n välein lisäksi:

- Eristysresistanssin mittaus, induktanssin ja resistanssin mittaus. Jos eristysresistanssi alentunut edellisestä mittauksesta, suoritettava polarisaatioindeksimittaus.
- Prosessisuureen mittaus (vääntö, pyörimisnopeus). Jos alentunut edellisestä mittauksesta, suoritettava vuomittaukset.
- Moottorin tuuletuksen pesu tai kuivajääpuhallus moottorin käyttöpaikasta, likaisuusasteesta ja kotelointiluokasta riippuen.

60 kk:n välein lisäksi:

- Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus, syöksyaaltomittaus.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, keulapotkuri	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

120 kk:n välein lisäksi:

- Aina laakerivaihtojen yhteydessä ja viimeistään 120 kk:n välein moottorin sisäosien imurointi ja kuivajääpuhalletus. Paineilmapuhallus sallittu vain pienellä paineella ja laajalla suuttimella, jottei lika painu syvemmälle käänmin rakoon.
- Vaihtoehtoisesti märkäpesu ja kuivaus uunissa, lämminilmapuhalluksella tai sähkövirralla.
- Vähäisestä käytöstä johtuen ennakkohuoltoja ei käyttötunteihin sidotusti, vaan vuositason huollot ja kunnonvalvontamittausten perusteella.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, potkurimoottorit, PM	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

1 kk:n välein:

- Aistinvarainen tarkastus.
- Lämpökuvaus.
- Liukurengaslaitteiden seuranta.
- Akselitiivisteiden seuranta.
- Laakereiden värähtelymittaus ja kuuntelu.
- KytKentöjen ja kiinnitysruuvien seuranta.
- Jäähdytyskennon tarkastus ja puhdistus.
- Lämmityksen tarkastus.
- Jäähdytysilmansuodattimien puhdistus tai vaihto.

6 kk:n välein lisäksi:

- Pulssianturien tarkastus.
- Takogeneraattorin tarkastus.

12 kk:n välein lisäksi:

- Lämpökuvaus vuosihuollon jälkeen referenssiksi.
- Hiilet ja jouset tarkastettava, puhdistettava, vaihto tarvittaessa.
- Laakerihuolto.
- Liukurenkaiden pintojen tarkastus.
- D-pään maadoitushilien tarkastus.
- Koneen sisäosien puhdistus.
- Koneen tuuletusjärjestelmän tarkastus.
- Koneen lämpötila-antureiden koestus ja kalibrointi.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, potkurimoottorit, PM	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

- Jäähdytyspuhaltimen huolto.
- Huoneen lämpötilan jatkuva seuranta.
- Staattorikäämitysten siderakenteiden ja tukirakenteiden kunnon tarkastus.
- Staattorikäämitysten urakiilojen paikallaanpysymisen tarkastus.
- Käämitysten eristyksen kunnon tarkastus.
- Napakäämin paikallaanpysymisen tarkastus.
- Käämitysten eristysresistanssin mittaus.
- Hiiliharjojen, liuukurenkaiden ja kotelon kunnon tarkastus ja puhdistus.
- Sakarakytkimen kunnon tarkastus.
- Laakereiden voitelun voitelupumpun ja kunnon tarkastus.
- Jäähdytyslaitteiden ja -pumpun kunnon ja toiminnan tarkastus.
- Magnetointipiirin tarkastus.
- Lukitusten tarkastus, suojareleiden tarkastus.
- Korroosioaurioiden tarkastus, naarmujen paikkamaalaus.

60 kk:n välein lisäksi:

- Alkumittaukset ennen huoltoa.
- Koneen purku ja puhdistus.
- Jäähdyttimien ja lämmönvaihtimien tarkastus ja pesu.
- Puhaltimien ja laakeroinnin tarkastus ja puhdistus.
- Staattorin ja roottorin mittaukset ja pesu. Tarkastusmittaukset kuivatuksen jälkeen paikalleen asennettuna.
- Liuurenkaan, liuurenkaiston ja takometrin keskeisyyden tarkastus.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, potkurimoottorit, PM	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

- Aistinvaraiset tarkastukset: staattorin käämintä, tuenta, kiillaukset ja runko. Roottorin käämitukien tila, häkkipäämityksen juotosten ja roottorisauvojen tila. Laser-keilaus nopeuttaa ja tekee vertailusta yhteismitallisen.
- Ilmavälin tarkastus.
- Eristeiden kunnon tarkastus.
- Hiilipaineen tarkastus ja hiiliharjojen vaihto tarvittaessa.
- D-pään akselin maadoitushiiliharjan vaihto.
- Tiivisterenkaiden ja laakereiden tarkastus.
- Pestyjen osien kuivaus (uuni, kuumailmapuhallus, sähkövirta).
- Roottorin tasopainotus (pöytäkirja) ja ilmavälin säätö.
- Mitataan moottorin arvot ja loppukoestus.
- Paikkamaalaukset.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, syklokonverterit, CC	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

	Years from start-up																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Start-up	P																				
Cooling																					
➤ Air Filters	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
➤ Cooling fan (if installed)	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I
➤ De-ionizer and mech. filters	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I
➤ Cooling pump seals	I	I	I	R	I	I	I	I	R	I	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I
➤ Cooling pumps	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	R	I	I
➤ Heat exchanger	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
➤ Aux Cooling fan (if installed)	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I	I	I	R	I
Aging																					
➤ Battery of UPS (if installed)	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I	R	I
Connections & Surroundings																					
➤ Cable and DC Bus connection torques	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
➤ Dustiness, corrosion and temperature	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Improvements																					
➤ SW / HW upgrade	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
➤ Based on product notes	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Measurements																					
➤ Basic measurements with aux. supply voltage / control of protection settings	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
➤ Optical connected boards with transmitter	I	I	I	I	I	I	I	P	I	P	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I
➤ Fiber optic cables	I	I	I	I	I	I	I	I	P	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
➤ Clamp capacitors	I	I	I	I	I	I	I	P	I	I	P	I	I	I	I	P	I	I	I	I	P
➤ Snubber capacitors	I	I	I	I	I	I	I	P	I	I	P	I	I	I	I	P	I	I	I	I	P
➤ DC capacitors (CBLU)	I	I	I	I	I	I	I	P	I	I	P	I	I	I	I	P	I	I	I	I	P
Spare Parts																					
➤ Spare Parts	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I

Legend:
R = Replacement of component
I = Inspection (visual inspection, correction and replacement if needed)
P = Performance of on-site work (commissioning, tests, measurements, etc.)

3BHT 490 472 R0001 Specifications subject to change without notice.

3 kk:n välein:

- Yksiköissä COU ja EXU on tulo- ja poistoilmansuodattimet, tarkasta puhtaus. Vaihtosuodattimet: luokka G3 (EN779), paksuus 10mm.
- Tarkasta Suojareleiden laskurit, syklokonverterin vika- ja hälytyslokit, analysoi löydökset, arkistoi ja nolaa laskurit.
- Lämpökuvaus.

6 kk:n välein lisäksi:

- Tarkasta kosteus kaappien sisäpuolelta.
- Tarkasta sisäpuolen pölypitoisuus.

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, syklokonverterit, CC	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

- Tarkasta näkykö merkkejä ylikuumentumisesta komponenteissa, johtimissa, kaapeleissa tai kiskostoissa.
- Tarkasta näkykö korroosiota piirilevyissä, liittimissä tai kiskostoissa.
- Kaapeleiden, kaapelisuojen ja johtimien kiinnityksen tarkastus.

12 kk:n välein lisäksi:

- Syklokonvertterin kaikki tyristereita suojaavat sulakkeet on mitattava apujännitteellä, virran oltava kaikissa sama.
- Tarkasta kaapelieristeiden ja ulkovaipan eheys. Jos lisäyksiä, tarkasta että on oikeanlaiset kaapelityypit.
- Suojaa laitteet putoavalta lialta puhdistuksen ajaksi. Käytä puhdistamiseen vain antistaattisia harjoja ja pehmeäpäistä pölynimurin suulaketta.
- Kiskostot ja kaapeliasennukset voidaan puhdistaa pölynimurilla tai nukkaamattomalla kankaalla.
- Vesi sekä öljy- ja rasva-jäämät tulisi puhdistaa vettä ja öljyä imevällä mikrokuidulla.
- Puhdista reiät pölystä ja liasta nailonharjalla tai pölynimurilla.
- Käytön kaapit voidaan puhdistaa ulkopuolelta pölynimurilla tai puhdistusliinoilla. Älä käytä alkoholia tai liuottimia.
- Tarkasta kaikkien sähkö- ja ohjauskaapeleiden kaikkien ruuvi- ja pistoliittimien kireys. Erityisesti valokaapeleiden hyllyasennukset ja liittimet.
- Eristystason valvontalaitteen toimintatesti.
- Magneettiventtiileiden toiminnan tarkastus.
- Panielähtettimien kalibrointi.
- Lämpötilälähtettimet ja Pt-100 anturit kalibroitava vuosittain.
- Vesipumpun pyörimissuunnan tarkastus aina huoltojen yhteydessä.
- Lämmönvaihtimen huuhtelu ja vuotojen tarkastus.
- Paisuntasäiliön vuotojen tarkastus.
- Paisuntasäiliön vastapaineen, liitosten ja kiinnitysten tarkastus.


Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Sähkökäytöt, syklokonverterit, CC	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ

- Veden suodattimet vaihdetaan kun järjestelmän kokonaispaine kasvaa hälytysrajaan.
- Tarkasta kosketussuojat. Tarkasta ilmavälit (clearance 14mm, creeping 25mm).
- Tarkasta suojalaitteet ja niiden oikeat asetusarvot.
- Tarkasta turvamerkintöjen ja kilpien näkyvyys ja paikallaanolo.
- Tarkasta valokuitujen vaimennukset ja vertaa niitä edellisiin mittaustuloksiin sekä alkuperäisen asennustarkastuksen mittaustuloksiin: alun perin > -17dBm.

60 kk:n välein lisäksi:

- Ionimassan vaihtoväli 5 vuotta. Johtavuusmittauslaitteiston sähköinen ja kemiallinen ja ohjelmistollinen kalibrointi samassa yhteydessä.

SAMI STAR AC drive	
Legend: Replacement of component R Inspection (visual inspection, correction and replacement if needed) I Performance of on-site work (commissioning, tests, measurements, etc.) P Replacement if high ambient temperature or cyclic heavy duty (R)	
	Years from start-up
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
Start-up	P
Cooling	
> Cooling fan (airflow < 120 dm ³ /s)	I I R I I R I I R I I R I I R I I R I I
> Cooling fan (airflow > 120 dm ³ /s)	I I I I I I R I I I I I I I R I I I I I I
Aging	
> GTR:	
> Battery	I R I R I R I R I R I R I R I R I R I R I R
> Electrolytic capacitors (PAC)	
> Electrolytic capacitors (CBU)	
> GTO:	
> Battery	I R I R I R I R I R I R I R I R I R I R I R
> Electrolytic capacitors (PAC, CHC)	
> Electrolytic capacitors (CBU)	
> Chopper and snubber capacitors	
> Snubber diodes	
Connections & Surroundings	
> Ribbon cables (connections)	
> Fiber optic cables (connections)	
> Tightening of clamping connectors	
> Dustiness, corrosion and temperature	
> Quality of supply voltage	
Improvements	
> SW / HW upgrade	
> Input thyristor bridge (upgrade)	
> Based on product notes	
Measurements	
> Basic measurements with supply voltage	P P
Spare Parts	
> Spare Parts	I P I P I P I P I P I P I P I P I P I P I P
Note! Service intervals and component replacements are based on the operational environment specified by ABB. Please refer to service instructions and product manuals for more information or go to www.abb.com/driveservices .	
© Copyright 2005 ABB Oy. All rights reserved. Specifications subject to change without notice.	

	Product Description			DOCPDSAMIF003
Issued by	Date	Language	Revision	Page
ABB Oy, Product Support	06.02.2009	en	B	1 (1)
Created by	Juha Salminen		Distribution	Public

Preventive maintenance for SAMI STAR

Preventive maintenance is based on a site survey, or when the exact condition of the drive is known otherwise.

1. SERVICE PROVIDES

Actions at the customer's premises determined by the start-up year of the drive

- Qualified and certified drives specialist to perform maintenance work with genuine spare parts
 - Components marked with "R" in the maintenance schedule and the work related to their replacement has to be agreed on separately
- Visual inspection of the electrical drive and its environmental conditions
- Inspection of the connections, the ribbon cables and the fiber optic cables
- Functional inspection of the fan(s) and the cooling system
- ESD protected cleaning of the drive
- Inspection of the emergency stop and the prevention of unexpected start-up circuit if applicable
- Inspection of the fault logger
- Inspection and storage of the parameters
- Functional testing of the drive under normal conditions, if planned
- Basic measurements with the supply voltage
- Inspection of the drive spare part inventory
- Reforming of spare module capacitors

Reporting

- A detailed service report including recommendations for future actions is provided once the maintenance work has been completed and inspection data fully analyzed

2. SERVICE DOES NOT PROVIDE

- Repair work and spare parts for repair, which will be charged according to the valid price list
- Assistance
- Waiting time caused by the customer or his actions
- Upgrades

3. LIABILITIES OF THE PARTIES

The supplier is responsible for the defined preparation for and performance of the preventive maintenance, and any reporting during the time agreed. When necessary, the customer is responsible for implementing actions identified in the service report. The customer is responsible for providing all available information, especially the maintenance record, of the drive and its application. The supplier must also have free access to the drive for maintenance during the shutdown as agreed and the maintenance must be planned well in advance in order to reserve resources and service parts needed. In addition, it has to be possible to operate the drive under its normal conditions. If tuning for special conditions is required, it has to be possible to operate the drive in such conditions.

4. OTHER TERMS AND CONDITIONS

General conditions of Orgalme SE 01 are applied for all deliveries and installations.

	Years from startup																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Startup	P																				
Cooling																					
Cooling fan (airflow < 120 dm ³ /s)	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
Cooling fan (airflow > 120 dm ³ /s)	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I
Aging																					
GTR:																					
Battery		I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
Electrolytic capacitors (FAC)										(R)		R									(R)
Electrolytic capacitors (CBL)										(R)		R									(R)
GTO:																					
Battery		I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R
Electrolytic capacitors (FAC, GHC)																					
Electrolytic capacitors (CBL)											(R)		R								(R)
Chopper and snubber capacitors																					
Snubber diodes																					
Connections and environment																					
Ribbon cables (connections)																					
Fiber optic cables (connections)																					
Tightening of crimping connections																					
Dustiness, corrosion and temperature																					
Quality of supply voltage																					
Improvements																					
SW / HW upgrade																					
Input thyristor bridge (upgrade)																					
Based on product notes																					
Measurements																					
Basic measurements with supply voltage		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Spare Parts																					
Spare Parts		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P

Note! Recommended maintenance intervals and component replacements are based on specified operational and environmental conditions. ABB recommends annual drive inspections to ensure the highest reliability and optimum performance. More detailed maintenance information can be found in maintenance instructions, product manuals and on the Internet.

Legend:
 I - Inspection (visual inspection and maintenance action if needed)
 P - Performance of on/off-site work (commissioning, tests, measurements or other work)
 R - Replacement of component
 (R) - Replacement if high ambient temperature or cyclic heavy load

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	SAMI STAR	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ
<p><u>12 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Kytcentöjen, kytcentäkaapeleiden ja liitosten tarkastus. Kaapelinippojen EMC. Jäähdytyselémentin lämpötilan tarkastus ja puhdistus. Jäähdytystuulettimien toiminnan tarkastus ja puhdistus. Suodattimen vaihto. Sähköisten arvojen mittaukset. Ohjauspanelin toiminnan tarkastus ja backup. Suurin elektroniikkaa heikentävä tekijä on lämpötila, myös tärnän, kosteuden, sähkökemiallisen korroosion ja pölyn vaikutuksia tulee seurata. Varastoitujen taajuusmuuttajien kondensaattorin elvytys vuosittain. <p><u>72 kk välein lisäksi:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Välipiirin elektrolyyttikondensaattorin vaihto. Pariston vaihto. Jäähdytystuulettimien vaihto. 			

ABB	Maintenance Schedule			4FPS10000043083	
Issued by ABB Oy, Drives Service	Date 5.4.2013	Language en	Revision E	Page 1 (1)	
Creator name		Distribution	Public		

ACS550 and ACH550 drives

Legend:	
Replacement of component (At rated load and ambient conditions)	R
Inspection (visual inspection, correction and replacement if needed)	I
Performance of on-site work (commissioning, tests, measurements, etc.)	P

	Years from start-up																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Start-up	P																					
Cooling																						
➤ Internal/additional cooling fan for IP54 and ACx550-01				R			R			R			R			R			R			R
➤ Cooling fan (ACx550-01)				I			R			I			R			I			R			I
➤ Cooling fan (ACS550-02)				I			R			I			R			I			R			I
Aging																						
➤ Electrolytic capacitors (DC circuit)										R											R	
Connections & environment																						
➤ OITF + flat cables										R											R	
➤ Tightness of terminals																						
➤ Dustiness, corrosion and temperature																						
Improvements																						
➤ Based on product notes																						
Spare Parts																						
➤ DC circuit capacitors reforming		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	ABB ACS550	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ
<p><u>12 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Kytöntöjen, kytkentäkaapeleiden ja liitosten tarkastus. Kaapelinippon EMC. Jäähdytysalueen lämpötilan tarkastus ja puhdistus. Jäähdytystuulettimien toiminnan tarkastus ja puhdistus. Suodattimen vaihto. Sähköisten arvojen mittaukset. Ohjauspaneelin toiminnan tarkastus ja backup. Suurin elektroniikkaa heikentävä tekijä on lämpötila, mutta myös tärinän, kosteuden, sähkökemiallisen korroosion ja pölyn vaikutuksia tulee seurata. Varastoitujen taajuusmuuttajien kondensaattorin elvytys vuosittain. <p><u>72 kk välein lisäksi:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Välipiirin elektrolyyttikondensaattorin vaihto. Pariston vaihto. Jäähdytystuulettimien vaihto. 			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Konevalvonta- ja hälytysjärj. 800xA	Sijainti, nimi	JM Otso
Littera nro		Vastuu	SÄHKÖ
<p><u>3 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Lämpökuvaus. Tarkasta kaikki laitteiden kiinnitykset ettei mikään ole löystynyt tärinässä. Laitekaapin lämpötilan tarkastus. Tarkasta laitteiden ja laitekaappien ulkoinen kunto ja siisteys. Tuuletuksen/tuulettimen ja suodattimien tarkastus. Tarkasta kaapelit, johtimen ja liittimet. Tarkasta kaikki LED-tilat ovat ohjeiden mukaiset. Hälytyslokien tarkastus, analysointi, arkistokopiointi ja nollaus. Tarkasta ohjelmiston versio. Tarkasta päivitysten saatavuus. Aina uuden tullessa kopioi viimeisin toiminut versio talteen ennen päivitystä. Varmuuskopioi. Tarkasta valmistajan aikataulutuksen soveltuvuus. <p><u>12 kk välein (edellisten lisäksi):</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Tarkasta valokaapelien ja nauhakaapeleiden liitokset, kiinnitykset ja ulkoinen eheys. Tarkasta suojajohtimen jatkuvuus. Lämpökuvaus ennen liittimien kiristämistä. Jännitelähteiden mittaus. Varmuuspariston vaihto. Suodattimen vaihto ja tuuletuksen/tuulettimen tarkastus. Mittaa valokaapelin vaimennus ja vertaa edelliseen mittaukseen. Pölyn poisto staattisen sähkön purkautumisia ehkäisevin ESD-menetelmin. <p><u>36 kk välein (edellisten lisäksi):</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Tuulettimen vaihto. <p><u>60 kk välein (edellisten lisäksi):</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Teholähteen kondensaattorin vaihto. 			

Preventive Maintenance schedule for System 800xA		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Years from start-up	Internal battery			R		R		R		R		R		R		R		R		R		R	
	Rechargeable external battery				R			R			R			R			R			R			R
Communication	Fan, PU410 RTA-unit		I	I	R		I	I	R		I	I	R		I	I	R		I	I	R		I
	Electrolytic capacitors						R					R					R						R
Improvements	HW/SW upgrade		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Based on product notes		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Spare Parts			I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I

R = Replacement of component (At rated load and ambient conditions)
I = Inspection (visual inspection, correction and replacement if needed)
P = Performance of on-site work (commissioning, tests, measurements, etc.)

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Taajuusmuuttajat	Sijainti, nimi	JM Kontio
Littera nro	EMSA	Vastuu	SÄHKÖ
<p>VACON, 11916052</p> <p><u>12 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Kytkeäntöjen, kytkentäkaapeleiden ja liitosten tarkastus.2. Jäähdytysselementin lämpötilan tarkastus ja puhdistus.3. Jäähdytystuulettimien toiminnan tarkastus ja puhdistus.4. Yleinen puhtaus, tilan puhdistus, suodattimien vaihto.5. Ohjauspaneelin toiminnan tarkastus ja backup.6. Suurin elektroniikkaa heikentävä tekijä on lämpötila, mutta myös tärinä,7. kosteuden, sähkökemiallisen korroosion ja pölyn vaikutuksia tulee seurata.8. Sähköisten arvojen mittaus. <p><u>72 kk välein lisäksi:</u></p> <ol style="list-style-type: none">8. Välipiirin elektrolyyttikondensaattorin vaihto.9. Pariston vaihto.10. Jäähdytystuulettimien vaihto.			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Moottorit	Sijainti, nimi	JM Kontio
Littera nro	EMSA	Vastuu	SÄHKÖ
<p>ABB, M3BP 315SMB4, 132 kW Skimmerin kuumavesipumpun moottori</p> <p><u>12 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Koekäyttö ja ulkoinen tarkastus.2. Lämpökuvaus. <p><u>36 kk välein lisäksi:</u></p> <ol style="list-style-type: none">3. Laakerien SPM-mittaus.4. Liittimien, liitosten ja syöttökaapeleiden tarkastus.5. KytKentäkotelon ja kaapeliniippojen tiiveyden tarkastus.6. Eristysresistanssin mittaus, käämien mittaus.7. Jännitteiden ja virtojen mittaus.8. Suojalaitteiden tarkastus. <p>Öljynsiirtopumpun moottori</p> <p><u>12 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Ulkoinen tarkastus.2. Liittimien, liitosten ja syöttökaapeleiden tarkastus.3. KytKentäkotelon ja kaapeliniippojen tiiveyden tarkastus.4. Eristysresistanssin mittaus, käämien mittaus. Jännitteiden ja virtojen mittaus.5. Jännitteiden ja virtojen mittaus.6. Laakerien SPM-mittaus.7. Suojalaitteiden tarkastus.			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Skimmeri	Sijainti, nimi	JM Kontio
Littera nro	EMSA	Vastuu	SÄHKÖ
<p>Skimmerin ohjain <u>3 kk välein, öljyntorjuntaharjoitusten yhteydessä</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Toiminnan tarkastus, akun tarkastus ja ulkoinen tarkastus.2. <u>HUOM: Akku vaihdettava 500 latauksen tai 6 vuoden välein.</u> <p>Skimmerin kaapelointi (24V) LAMOR <u>3 kk välein, öljyntorjuntaharjoitusten yhteydessä</u></p> <ol style="list-style-type: none">3. Kaapelien ulkopuolinen tarkastus (ikäntymismurtumat, puristumat, viillot, ylikuormitus, ylijännitteet, kemiallinen eroosio).4. Liittimien kunnon tarkastus (hapettumat, kierteet, tiivisteet, kunnollinen kiinnitys).			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Hydrauliikkakoneikko	Sijainti, nimi	JM Kontio
Littera nro	EMSA	Vastuu	SÄHKÖ
<p>Hydrauliikkakoneikko: LAMOR, Power Pack LPP 100 D</p> <p><u>3kk välein, öljyntorjuntaharjoituksen yhteydessä:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Magneettiventtiilit: testataan öljyntorjuntaharjoituksissa ajamalla hydrauliikkasynterit ääriasentoihin useamman kerran aika mitaten ja aistinvaraista arviointia suorittaen. 2. Hydrauliikkaöljyn alarajakytkin: toiminta testattava muiden pysäyttävien turvalaitteiden kanssa. 3. Hydrauliikkaöljyn alapainekytkin: toiminta testattava muiden pysäyttävien turvalaitteiden kanssa. 4. Hydrauliikkakoneikon moottorin lohkolämmitin: toiminnan tarkastus. DEFA 411145. 5. Hydrauliikkakoneikon akku: ulkoinen tarkastus ja jännitemittaus. 6. Hydrauliikkakoneikon akun laturi: ulkoinen tarkastus ja lataustason tarkastus. <p>Lämpökuvaus:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Lohko, pumput, venttiilit, hydrauliikkamoottorit ja hydrauliikkasynterit. 8. Kuvaus mieluiten lämpimän kauden öljyntorjunta-harjoituksissa jotta lämpötilaerot tulevat selkeämmin näkyviin. 9. Vertailu koneikkojen kesken ja aikaisempiin tuloksiin. 10. Tiivisteiden ja hydrauliikka-öljyn laatu määrittää hydrauliikkakomponenttien suurimman sallitun lämpötilan, käytännössä yli +60 °C lämpötilat vaativat jo tarkastelua. 11. Sähkölaitteiden lämpökuvauksessa kuvauskohteena sähkömoottorit, kaapelit, johtimet, liittimet ja releet. 12. Kokeiltava myös: akku, laturi, lohkolämmitin. <p><u>3kk välein, öljyntorjuntaharjoituksen lopussa:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Sähköisten liittimien ja liitosten kireyden tarkastus (öljyntorjuntaharjoitusten päättyessä). <p><u>12 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 14. Hydrauliikkakoneikon moottorin lohkolämmitin: eristysresistanssin ja vastuksen nimellisresistanssin mittaus. <p><u>72 kk välein:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 15. Hydrauliikkakoneikon akku: ominaispainoa ei voi mitata, akku uusitaan. 			

Kohde, SFI		Kriittisyys	
Kohde, nimi	Instrumentointi	Sijainti, nimi	JM Kontio
Littera nro	EMSA	Vastuu	SÄHKÖ
<p>Vesi-öljy rajapintamittaus, HONEYWELL <u>3 kk välein</u>, öljyntorjuntaharjoitusten yhteydessä</p> <ol style="list-style-type: none">1. Pariston tarkastus valmistajan ohjeen mukaan.2. <u>Puhdistus valmistajan ohjeen mukaan tarvittaessa.</u> <p><u>6 kk välein</u></p> <ol style="list-style-type: none">3. Maadoituksen jatkuvuuden testaus valmistajan ohjeen mukaan. <p><u>12 kk välein</u></p> <ol style="list-style-type: none">4. Lämpötilakalibrointi 12kk välein valmistajan ohjeen mukaan. <p>PPM pitoisuusmittaus, DECKMA</p> <ol style="list-style-type: none">1. Huhuetele ja harjaa puhtaaksi instrumentin omalla puhdistusharjalla jokaisen käytön jälkeen tai viikon välein. Hyväksymisraja: näyttää arvoa 0...2, muutoin puhdistettava uudelleen.2. Tarkasta kuivaimen väri valmistajan ohjeen mukaan käyttöohjeen kuvasta 1, positio 11. Kuivain uusitaan valmistajan ohjeen mukaan mikäli väri on vaaleansininen tai valkoinen. Hyväksymisraja: kuivaimen väri on sininen. <p>Kaasumittari, GX-2009B <u>3 kk välein</u></p> <ol style="list-style-type: none">1. Kalibrointi akkreditoitussa kalibrointilaboratoriossa.			