



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jesse Murtomäki

# TARKISTUSPÖYTÄKIRJOJA

Voimalaitosten sähköisten komponenttien tarkistuspöytäkirjat

Tekniikka  
2016

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jesse Murtomäki
Opinnäytetyön nimi	Tarkistuspöytäkirjoja
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	62 + 9 liitettä
Ohjaaja	Kari Jokinen

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa tarkistuspöytäkirjat vuositarkistuksien tekemiseen generaattorille, sähköasema- ja omakäyttömuuntajille, keskijännite- ja pienjännitekojeistoille, ohjauskeskusten ja DC-laitteistoille. Tarkistuspöytäkirjoista oli tarkoitus saada mahdollisimman helposti muokattavia ja sellaisia, että ne toimivat mahdollisimman hyvin erityyppisille laitteistolle.

Työ suoritettiin käyttämällä lähteinä käytössä olevien laitteistojen valmistajien tekemiä manuaaleja ja kysymällä tarkistuksia tehneiden henkilöiden mielipiteitä. Työssä päätettiin käyttää Exceliä tarkistuspöytäkirjojen tekemiseen sen muokattavuuden ja helppokäyttöisyyden vuoksi.

Työn tuloksena syntyi kahdeksan eri tarkistuspöytäkirjaa, joista generaattorin tarkistuspöytäkirjaa päästiin kokeilemaan käytännössä. Valmistuneet pöytäkirjat vastasivat hyvin odotuksia ja niiden tulisi toimia hyvänä apuna tarkistuksia tehdessä.

## ABSTRACT

Author	Jesse Murtomäki
Title	Electrical Inspection Records
Year	2016
Language	Finnish
Pages	62 + 9 Appendices
Name of Supervisor	Kari Jokinen

---

The purpose of the thesis was to produce electrical inspection records for making annual inspections for generators, AUX transformers, step-up transformers, MV-switchgears, LV-switchgears, control panels and DC-system. One of the key things was to make these lists easy to modify and to make them usable for various types of devices.

The main sources of information in the thesis were several manuals made by the manufacturers of the devices and opinions of the workers who have been making inspections for these devices. A decision was made to use Excel to make these inspection records because of its ease of use and flexibility.

Eight inspection records were made as a result of the thesis one of which were actually tested in action. All of the inspection records were made in the time and they should work as planned as a guideline when doing inspections.

---

Keywords	Inspection record, annual inspection, generator and transformer
----------	---

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	10
1.1	Wärtsilä lyhyesti .....	10
1.2	Wärtsilä Services .....	10
1.3	Työn tarkoitus .....	10
2	TARKISTUSPÖYTÄKIRJA GENERAATTOREILLE.....	12
2.1	Yleiset tiedot .....	13
2.2	Yleinen tila.....	14
2.3	Generaattori.....	15
2.4	Laakerointi .....	16
2.5	Kytkenäkaapit .....	17
2.6	Staattori .....	18
2.7	Roottori .....	22
2.8	Magnetointi ja tasasuuntaus .....	24
2.9	Jäähdytyslaitteisto .....	25
2.10	Testiajo.....	28
3	TARKISTUSPÖYTÄKIRJA SÄHKÖASEMAMUUNTAJILLE JA OMAKÄYTTÖMUUNTAJILLE .....	30
3.1	Yleiset tiedot .....	30
3.2	Yleinen kunto.....	31
3.3	Muuntajan visuaalinen tarkastus.....	32
3.4	Läpivientieristin .....	33
3.5	Käämikytkin.....	34
3.6	Ilmankuivain .....	34
3.7	Jäähdytys.....	35
3.8	Käämityksen eristysresistanssimittaus.....	36
3.9	Muuntosuhdemittaus.....	38
3.10	Tyhjäkäyntivirtamittaus .....	39
3.11	Testiajo.....	40
4	TARKISTUSPÖYTKIRJA KESKIJÄNNITEKOJEISTOILLE.....	41

4.1	Yleiset tiedot .....	42
4.2	Yleinen kunto .....	43
4.3	Kokoojakiskotila .....	44
4.4	Kaapelitila .....	45
4.5	Katkaisijatila .....	46
4.6	Toisiokojetila .....	46
5	TARKISTUSPÖYTÄKIRJA PIENJÄNNITEKOJEISTOILLE .....	48
5.1	Yleiset tiedot .....	49
5.2	Yleinen kunto .....	50
5.3	Kokoojakiskotila .....	50
5.4	Kaapelitila .....	51
5.5	Muut tilat .....	52
6	TARKISTUSPÖYTÄKIRJA OHJAUSKESKUKSILLE .....	53
6.1	Yleiset tiedot .....	53
6.2	Yleinen kunto .....	54
6.3	Ohjauskeskuksen visuaalinen tarkastus .....	55
6.4	Ohjauskeskuksen mittaukset .....	56
7	TARKISTUSPÖYTÄKIRJA DC-LAITTEISTOILLE .....	57
7.1	Yleiset tiedot .....	57
7.2	Yleinen kunto .....	58
7.3	DC-laitteisto .....	59
7.4	Akusto .....	60
8	YHTEENVETO .....	61
	LÄHTEET .....	62
	LIITTEET	

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> AVK:n generaattori	12
<b>Kuva 2.</b> Generaattorin yleiset tiedot	13
<b>Kuva 3.</b> Generaattorin yleinen tila-osia	14
<b>Kuva 4.</b> Generaattorin rungon tarkistus	15
<b>Kuva 5.</b> Generaattorin laakeroinnin tarkistus	16
<b>Kuva 6.</b> Pääkytkentäkaapin tarkistus	17
<b>Kuva 7.</b> Apulaitteistojen kytkentäkaapin tarkistus	17
<b>Kuva 8.</b> Staattorin tarkistus	18
<b>Kuva 9.</b> Staattorien eristysresistanssimittausten taulukot	19
<b>Kuva 10.</b> Käämityksen lämpötilan korjauskerroin	21
<b>Kuva 11.</b> Roottorin tarkistus	22
<b>Kuva 12.</b> Roottorien eristysresistanssimittausten taulukot	23
<b>Kuva 13.</b> Generaattorin eristysresistanssien mittaust	24
<b>Kuva 14.</b> Magnetoinnin ja tasasuuntauksen tarkistus	24
<b>Kuva 15.</b> Diodin testaus, yläpuolella toimivat ja alapuolella huonot diodit	25
<b>Kuva 16.</b> Vesijäähdytyksen tarkistus	26
<b>Kuva 17.</b> Ilmajäähdytyksen tarkistus	27
<b>Kuva 18.</b> Testiajo ilman kuormaa	28
<b>Kuva 19.</b> Testiajo ilman kuormallisena	28
<b>Kuva 20.</b> Muuntajan yleiset tiedot	30
<b>Kuva 21.</b> Muuntajan yleinen kunto-osio	31
<b>Kuva 22.</b> Muuntajan visuaalinen tarkistus	32
<b>Kuva 23.</b> Läpivientieristinten tarkistus	33
<b>Kuva 24.</b> Käämikytkimen tarkistus	34
<b>Kuva 25.</b> Ilmankuivaimen tarkistus	34
<b>Kuva 26.</b> Jäähdytyksen tarkistus	35
<b>Kuva 27.</b> Käämityksen eristysresistanssimittaus	36
<b>Kuva 28.</b> Eristysresistanssimittaus muuntajalle	36
<b>Kuva 29.</b> Kytkentäkuva muuntosuhdemittaukseen	38

<b>Kuva 30.</b> Tyhjäkäyntivirtamittaus	39
<b>Kuva 31.</b> KytKentäkuva tyhjäkäyntivirtamittaukseen	39
<b>Kuva 32.</b> Muuntajan testiajo	40
<b>Kuva 33.</b> Keskijännitekojeiston kennon rakenne	42
<b>Kuva 34.</b> Keskijännitekojeiston yleiset tiedot	42
<b>Kuva 35.</b> Keskijännitekojeiston yleinen kunto-osio	43
<b>Kuva 36.</b> Kokoojakiskotilan tarkistus	44
<b>Kuva 37.</b> Kokoojakiskon eristysresistanssimittaus	44
<b>Kuva 38.</b> Kaapelitilan tarkistus	45
<b>Kuva 39.</b> Katkaisijatilan tarkistus	46
<b>Kuva 40.</b> Toisiokojetilan tarkistus	46
<b>Kuva 41.</b> Pienjännitekojeisto	49
<b>Kuva 42.</b> Pienjännitekojeiston yleiset tiedot	49
<b>Kuva 43.</b> Pienjännitekojeiston yleinen kunto	50
<b>Kuva 44.</b> Kokoojakiskotilan tarkistus	50
<b>Kuva 45.</b> Kaapelitilan tarkistus	51
<b>Kuva 46.</b> Muiden tilojen tarkistus	52
<b>Kuva 47.</b> Ohjauskeskuksen yleiset tiedot	53
<b>Kuva 48.</b> Ohjauskeskuksen yleinen kunto	54
<b>Kuva 49.</b> Ohjauskeskuksen visuaalinen tarkistus	55
<b>Kuva 50.</b> Ohjauskeskuksen mittaukset	56
<b>Kuva 51.</b> DC-laitteiston yleiset tiedot	57
<b>Kuva 52.</b> DC-laitteiston yleinen kunto	58
<b>Kuva 53.</b> DC-laitteiston visuaalinen tarkistus	59
<b>Kuva 54.</b> Akuston tarkistus	60
<b>Taulukko 1.</b> Muuntajan eristysresistanssimittauksen korjauskertoimet	37

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Inspection record for Step-up transformers

**LIITE 2.** Inspection record for MV-switchgears

**LIITE 3.** Inspection record for Generators

**LIITE 4.** Inspection record for AUX transformers

**LIITE 5.** Inspection record for LV-switchgears

**LIITE 6.** Inspection record for DC-systems

**LIITE 7.** Inspection record for Control panels

**LIITE 8.** Inspection record for Electrical motors



## KÄYTETTYJÄ LYHENTEITÄ

DC	Direct current, tasasähkö
HV	High voltage, korkea jännite
I/O	Input- output, sisään- ulostulo
LV	Low voltage, pienjännite
MV	Medium voltage, keskijännite
OFAF	Oil forced air forced, pakotettu öljy, pakotettu ilma
OFAN	Oil forced air natural, pakotettu öljy, vapaa ilma
OFWF	Oil forced water forced, pakotettu öljy, pakotettu vesi
ONAF	Oil natural air forced, vapaa öljy, pakotettu ilma
ONAN	Oil natural air natural, vapaa öljy, vapaa ilma
PLC	Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka
WOIS	Wärtsilä Operator's Interface System, Wärtsilän operaattorin käyttöliittymä

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Wärtsilä lyhyesti

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimarakaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen.

Vuonna 2014 Wärtsilän liikevaihto oli 4,8 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 17 700. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä lähes 70 maassa eri puolilla maailmaa. Wärtsilän osakkeet on listattu Nasdaq Helsingissä. /1/

## 1.2 Wärtsilä Services

Wärtsilä tukee asiakasta toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan optimoimalla laitteiston hyötysuhdetta ja suorituskykyä. Tarjoamme toimialan kattavimman palveluvalikoiman ja laajimman palveluverkoston sekä voimala- että merenkulku-markkinoilla toimiville asiakkaillemme. Olemme sitoutuneet tarjoamaan korkeaa laatua ja asiantuntevaa tukea sekä varmistamaan palvelujen saatavuuden kaikkialla, missä asiakkaamme toimivat - ympäristön kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. /1/

## 1.3 Työn tarkoitus

Työn lähtökohtana oli tehdä tarkistuspyytäkirjoja kevyiden vuosittaisten tarkistuksien suorittamiseen voimalaitoksille ja laivoille, joiden suorittamisessa ei tarvita kalliita ja erityisiä testilaitteistoja. Tarkistuksessa kerätään yleistä tietoa laitteiston kunnosta ylös, jolloin saadaan hyvä kuva millaisessa kunnossa laitteisto on. Tekeillä tarkistuksia vuosittain, saadaan loki, josta nähdään kuinka tilanne etenee, ja vuosittaisilla tarkistuksilla voidaan havaita mahdollisia tulevia ja pitkäaikaisesti kehittyviä vikoja/ongelmia, joita asiakas ei ole vielä itse huomannut. Asiakkailta itsellään on yleensä huonosti kerättyä säännöllistä tietoa laitteistojen kunnosta tai tietoa ei ole saatavilla. Kun asiakkaille on tarjottu vuosittaisia tarkistuksia, ottaa asiakas suuremmalla todennäköisyydellä yhteyttä, kun jokin laite tarvitsee huoltoa.

Vuosittaisille tarkistuksille tehdyillä tarkistuspöytäkirjoilla on myös työkuormaa tasaava vaikutus. Tällä hetkellä sähköasentajilla on vain uusien asennusten käyttöönottoja, sekä vikatilanteiden selvittelyä. Käyttöönotto sitoo työntekijää paljon pidemmiksi ajoiksi, kuin vuositarkistuksien tekeminen.

Tarkistuspöytäkirjojen pohjaksi valittiin Excel, koska Exceliin tehtyä pohjaa on suhteellisen helppo muokata ja Excel on kaikille tuttu. Pöytäkirjoista haluttiin tehdä mahdollisimman helposti muokattavia muistilistatyyllisiä pohjia, joista näkee mitä tarkistuksia tulee suorittaa tarkistettavalle laitteelle. Ideana oli, että pohja muovautuu hiljalleen yhä paremmaksi sitä käytettäessä ja muokattaessa. Tarkistuspöytäkirjoissa on myös mukana ohjeita joidenkin tarkastuksien suorittamiseen. Tarkistuspöytäkirjoihin ei kuitenkaan haluttu tehdä yksityiskohtaisia ohjeita vaan valmistajien manuaalit toimivat varsinaisina työohjeina. Tarkistuspöytäkirjojen tarkoitus oli toimia myös kuntotarkastusten ja audittien apuna tarkistuksia tehdessä ja niitä raportoidessa. Opinnäytetyön tärkeimpänä materiaalina toimivat laitevalmistajien laitteilleen tekemät manuaalit, sekä voimalaitoksilla kuntotarkistuksia tehneiden henkilöiden mielipiteet.

## 2 TARKISTUSPÖYTÄKIRJA GENERAATTOREILLE

Opinnäytetyö aloitettiin tekemällä tarkistuspöytäkirja generaattoreille. Lähteinä käytettiin yleisimmin Wärtsilän voimalaitoksilla olevien generaattorityyppien valmistajien tekemiä manuaaleja. Manuaaleista kerättiin tärkeimmät generaattoreille suoritettavat tarkistukset ja mittaukset, jotka tulisi suorittaa noin vuosittain ja niiden pohjalta luotiin tarkistuspöytäkirja, joka toimisi mahdollisimman hyvin erityyppisille generaattoreille. Tehdyn tarkistuspöytäkirjan ulkoasusta päätettiin tehdä mahdollisimman samannäköinen kuin Wärtsilällä käytössä ollut käyttöönottopöytäkirja. Tarkistuspöytäkirja päätettiin jakaa neljään eri osa-alueeseen, yleiset tiedot, visuaaliset tarkistukset, mittaukset ja testiajo. Kuvassa 1 nähdään AVK:n ilmajäähdytteinen generaattori.



**Kuva 1.** AVK:n generaattori

## 2.1 Yleiset tiedot

### General information

Installation:
Manufacturing date:
Engines:
Running hours:
System code and number / customer code:
Manufacturer and type:
Serial number:
Type of cooling:
<input type="checkbox"/> Photo of nameplate attached

### Kuva 2. Generaattorin yleiset tiedot

Generaattorin tarkistuspöytäkirja alkaa loogisesti generaattorin yleisillä tiedoilla, näistä tiedoista ilmenee installaation nimi, päivämäärä, käytetyt moottorit, ajoaika, järjestelmännumero, generaattorin tyyppi ja valmistaja, sarjanumero, sekä käytetty jäähdytysratkaisu. Kuvassa 2 nähdään yleiset tiedot-osio. Wärtsilän voimalaitoksilla on käytössä yleisesti AVK:n että ABB:n generaattoreita, mutta myös muiden valmistajien generaattoreita on käytössä. Yleisin jäähdytysratkaisu voimalaitoksilla on itsejäähdyttävä ilmajäähdytys, kun taas laivoilla yleisin on vesijäähdytteinen generaattori. Yleisten tietojen loppuun lisättiin kohta rastitettavaksi, kun generaattorin arvokilvestä otettu kuva on lähetetty liitteenä. Arvokilvestä otetusta kuvasta nähdään generaattorin tärkeimmät tiedot, kuten valmistusvuosi, tyyppinumero, näennäisteho, jännitteet, virrat ja taajuus.

## 2.2 Yleinen tila

### General condition

Location:	<input type="checkbox"/> Building	<input type="checkbox"/> Marine		
Atmospheric conditions:	<input type="checkbox"/> Dry	<input type="checkbox"/> High humidity	<input type="checkbox"/> Dust	<input type="checkbox"/> Salt
Ventilation:	<input type="checkbox"/> Unrestricted	<input type="checkbox"/> Restricted	<input type="checkbox"/> Adequate	<input type="checkbox"/> Inadequate
Site duty:	<input type="checkbox"/> Island	<input type="checkbox"/> Baseload		
Duty cycle:	<input type="checkbox"/> Daily	<input type="checkbox"/> Occasionally	<input type="checkbox"/> Standby	<input type="checkbox"/> 24h
Operation:	<input type="checkbox"/> Manned	<input type="checkbox"/> Unmanned		

### Kuva 3. Generaattorin yleinen tila-osia

Generaattorin tarkistuspöytäkirjan yleinen tila-osiossa käydään läpi millaisissa olosuhteissa generaattoria käytetään ja kuinka usein. Yleinen tila-osia nähdään kuvassa 3. Tähän tarkistuspöytäkirjan kohtaan päätettiin tehdä valmiit kohdat, joista tulee rastittaa ne kohdat jotka vastaavat generaattorin tilaa. Läpikäytäviä kohtia ovat sijainti, ilmastolliset olosuhteet, tuuletus, sartin tehtävä, käyttömäärä, kuormituksen laatu ja käyttö. Paikka-kohdassa valitaan onko generaattori maa- vai laivakäytössä. Seuraavaksi pitää valita millaiset ilmastolliset olosuhteet kohteessa vallitsee, onko ilma kuivaa, kosteaa, pölyistä tai suolaista. Ilmanvaihto-kohtaan merkitään onko ilmanvaihto esteetöntä ja riittävää. Laitoksen tehtävä -kohdassa tulee valita onko generaattori käytössä yksin vai rinnan. Käyttömäärä-kohtaan valitaan onko generaattori käytössä 24 tuntia vuorokaudessa, päivittäin, silloin tällöin vai valmiustilassa. Kuorman laatuun valitaan, onko kuorma induktiivista tai epälineaarista. Käyttökohdassa selviää onko generaattorin käyttö miehitettyä vai miehittämätöntä. Täytetyistä tiedoista saadaan yleinen kuva minkälaiseen rasitukseen generaattori joutuu.

## 2.3 Generaattori

### Machine

	Result	Observations
Inspect exterior of the machine for rust, leaks, cracks or other defects		
Check tightness of all fastenings		
Check logged data available, load, temperature etc.		

#### **Kuva 4.** Generaattorin rungon tarkistus

Generaattorin visuaalisissa tarkistuksissa käydään generaattorin kunto silmämääräisesti läpi. Visuaaliset tarkistukset generaattorille alkavat loogisesti generaattorin yleisen rungon kunnan tarkistuksella, nähdään kuvassa 4. Generaattorin runko on maalattu epoksimaalilla, jonka tarkoitus on suojata runkoa ruostumista vastaan. Generaattorin ulkokuori tulee tarkistaa halkeamien, ruosteen ja öljyvuotojen varalta. Jos runko on todella ruosteinen tai öljyn peitossa, tulee generaattorin elin-ikä lyhenemään oleellisesti. Seuraavaksi tulee tarkistaa kaikki generaattorista saatavilla olevat lokitiedot, kuten käämien lämpötilat ja generaattorin kuormitus, mahdollisilta normaalista poikkeavilta arvoilta, sekä tarkistaa onko lokissa mahdollisia trippauksia. Lokitietoja katsomalla saadaan kuva generaattorin yleisestä kunnosta tai sen äkillisestä muutoksesta.

## 2.4 Laakerointi

### Bearings

	Result	Observations
Check the oil level		
Inspect for leaks		
Verify function of measuring instruments		
Check the oil condition		

#### Kuva 5. Generaattorin laakeroinnin tarkistus

Yksi oleellinen generaattoriin kuuluvista tarkistettavista osista on generaattorin laakerointi. Generaattorien laakeroinnissa käytetään liukulaakereita, joissa kitkapinnat erotetaan toisistaan öljykalvolla. Öljykalvo muodostetaan laakerin pinnalle joko itsevoitelulla eli öljyrenkaan avulla, mikä laakerin pyöriessä nostaa öljyä öljysäiliöstä laakerin ja akselin väliin tai pakotetulla öljykierrolla missä öljyä ruiskutetaan laakeriin suoraan koneen öljykierrosta. Itsevoitelun heikkous on, ettei generaattorin käynnistyshetkellä tai hitailla nopeuksilla ajettaessa ole vielä muodostunut öljykalvoa akselin ja laakeroinnin välille ja akseli syö laakeroinnin kulutus pintaa. Itsevoiteleviin laakereihin on kuitenkin mahdollista liittää jack-up-pumppu jolla ruiskutetaan paineella öljykalvo akselin ja laakeroinnin väliin käynnistystilanteissa ja hitaassa ajossa.

Laakeroinnin kunnon kannalta yksi tärkeimmistä asioista on tarkistaa laakeroinnin öljyt. Ensiksi tulee tarkistaa laakeriöljyjen riittävä määrä laakerissa, öljyn laatu, sekä laakeroinnissa mahdollisesti esiintyvät vuodot. Kuvassa 5 nähdään laakerien tarkistus-osio. Liukulaakereissa esiintyy aina pieniä öljyvuotoja ja niitä on mahdoton täysin estää, eivätkä pienet vuodot vaikuta oleellisesti generaattorin toimintaan. Haitallisen öljyvuodon laakeroinnissa voi aiheuttaa halkeamat laakeroinnissa, huono öljyn laatu, ylipaine laakeroinnin sisällä tai liika laakeroinnin tärinä. Jos laakerissa ei ole tarpeeksi öljyä tai öljyn laatu on todella huono, alkaa generaattorin akseli syödä laakeroinnin kulutus pintaa.



Jos laakeri on huonossa kunnossa, vaikuttaa se koko generaattorin toimintaan ja kuluneilla laakereilla generaattori voi rikkoutua. Laakeroinnille tarkistustaulukkoa tehdessä otettiin huomioon, että laakeroinnin öljyn kierrättämiseen laakereissa on käytössä, sekä pakotettua pumpulla toimivaa öljykiertoa, että vapaata öljykiertoa missä laakeri pyöriessään itse kierrättää öljyä. Jos käytössä on erillinen öljypumppu tulee sen toiminta todeta tarkistamalla öljynpaineet.

## 2.5 KytKentäkaapit

### Main connection box

	Result	Observations
Check all line and neutral connections		
Check general condition		
Check tightening torque at connections and insulation behind the terminals		
Check the current transformer		
Check the voltage transformer		

### Kuva 6. PääkytKentäkaapin tarkistus

#### Auxiliary terminal box

	Result	Observations
Check all the connections		
Check general condition		

### Kuva 7. Apulaitteistojen kytKentäkaapin tarkistus

Generaattorista tulee tarkistaa myös eri kytKentäkaappien kaapelointien ja johdotusten kunto. KytKentäkaappien tarkistus-osiot nähdään kuvissa 6-7. Pääkaapelointi tehdään pääkytKentäkaapissa, joka sijaitsee yleensä generaattorin päällä. PääkytKentäkaapista tulee tarkistaa ensiksi johtimien kunto ja niiden kiinnitysmomentit, sekä kaapin yleinen puhtaus. Johtimien liitokset saattavat hinkata ja kulua läpivientien kohdalla, sekä liitoskohdat löystyä generaattorin pyörimisestä johtuvan tärinän vaikutuksesta. Jos liitokset ovat löysällä tai johtimien suojavaipat kuluneet, on vaarana johtojen lämpeneminen tai oikosulku. PääkytKentäkaapin yleinen puhtaus tulee tarkistaa, koska lika kaapin sisällä laskee eristysresistanssia liitosten välillä ja

oikosulkuriski kasvaa. Pääkytkentäkaapin sisällä sijaitsevat myös generaattorin virtamuuntaja sekä jännitemuuntaja, näiden laitteiden yleinen kunto tulee tarkistaa samalla. Generaattorin kyljessä on myös erillinen kytkentäkaappi apulaitteistojen kytkennöille. Tästä kaapista tulee tarkistaa johtimien kunto, kaapin yleinen siisteys, sekä kaikki kytkennät ja niiden kunto.

## 2.6 Staattori

### Stator

	Result	Observations
Inspect the winding connections		
Inspect the winding		
Inspect for contamination, discoloration, looseness, movement and wear		<input type="checkbox"/> Photo attached
Verify function of the temperature sensors		
Verify function of the anti-condensation heaters	A	
	V	
Check the cable entries		

### Kuva 8. Staattorin tarkistus

Generaattorin staattorista tulee tarkistaa käämitykseen tulevien johtimien kunto. Staattorin silmämääräisessä tarkistuksessa tulee kiinnittää huomiota staattorin yleiseen puhtauteen, mahdollisiin värin muutoksiin, sekä naarmuihin. Jos staattorin käämityksen väri on poikkeuksellinen, on staattorin käämitys saattanut lämmitä liikaa tai siinä on saattanut syntyä koronapurkaus. Staattorin pinta tulee myös tarkistaa mahdollisilta kosteusjäljiltä. Jos staattorin sisällä on kosteutta vaikuttaa se oleellisesti generaattorin toimintaan eristys resistanssin pienetessä.

Kosteuden muodostumista staattorissa pyritään estämään generaattorin sisälle asennettavilla lämmityslaitteilla, joten myös niiden toiminta tulee tarkistaa. Jos lämpötila laskee liian alas generaattorin sisällä, vesi alkaa kondensoitua laitteen pinnoille. Lämmityslaitteen tarkistus suoritetaan mittaamalla yleismittarilla lämmityslaitteen läpi kulkevaa virtaa tai toteamalla lämmityslaitteen toiminta tuntemalla lämmityslaitteen lämmittävän vaikutuksen. Staattorille tulevien kaapelien läpiviennit ovat

oleellinen tarkistus staattorin kuntoa tarkistettaessa, generaattorin pyörimisestä joh-  
tuva värinän vaikutuksesta kaapelit saattavat kulua läpivientien kohdalta.

Yksi oleellisimmista asioista sähkölaitteiden kestävyys kannalta on lämpö, läm-  
pötilan noustessa liian suureksi pienenee laitteen elin-ikä huomattavasti. Staatto-  
rissa on lämpötilan seuraamiseksi asennettuna useita lämpötilasensoreita käämityk-  
sen sisälle, tarkistusta tehdessä tulee näiden sensoreiden toiminta tarkistaa WOIS-  
koneelta.

#### Insulation resistance measurement of stator winding

Stator	Act. Value	Act. Value	Conversion	Conversion	PI	Result
Resistance L1 + L2 + L3 – Earth	Ω	Ω	Ω	Ω		
Resistance L1 – L2 + L3 + Earth *	Ω	Ω	Ω	Ω		
Resistance L2 – L1 + L3 + Earth *	Ω	Ω	Ω	Ω		
Resistance L3 – L2 + L1 + Earth *	Ω	Ω	Ω	Ω		
Test voltage **	V					
Measuring time	s	s	s	s		
Winding temperature	°C					

\*optional

\*\* check from manufacturer's manual

Exciter stator	Act. Value	Conversion	Result
Insulation resistance of the winding	Ω	Ω	
Test voltage **	V		
Measuring time	s		
Winding temperature	°C		

#### Kuva 9. Staattorien eristysresistanssimittausten taulukot

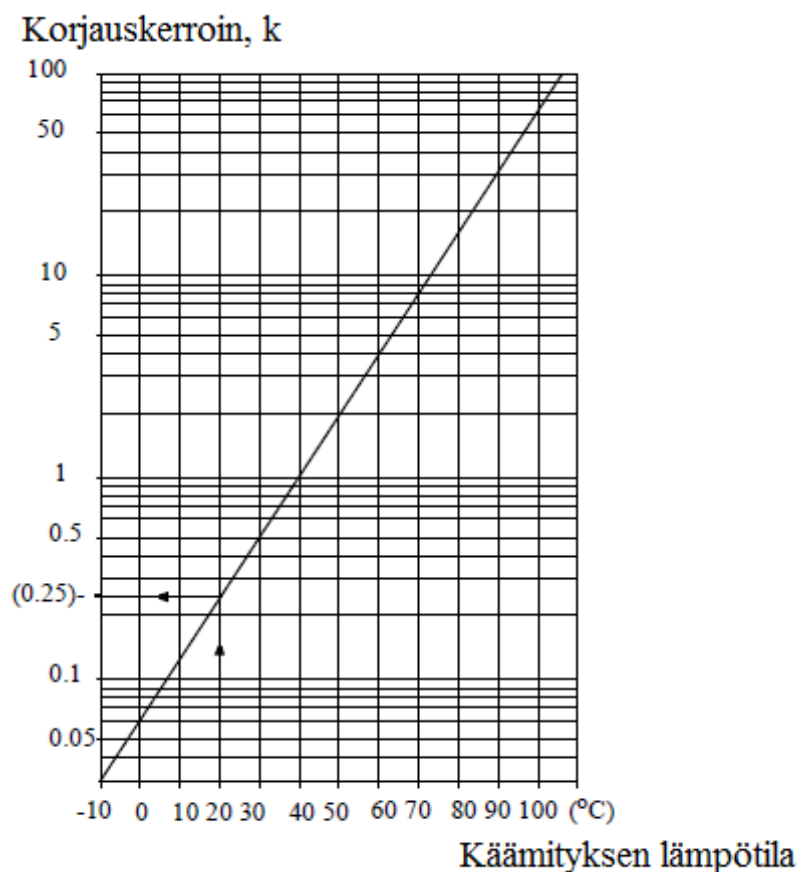
Toinen generaattorin käyttöiän kannalta oleellisimmista asiasta on päästaattorin,  
sekä magnetointistaattorin käämityksen eristysresistanssin riittävyys. Kuvassa 9  
nähdään staattorin käämityksen eristysresistanssin mittaukseen käytettävät taulu-  
kot. Magnetointistaattorilla tarkoitetaan harjattomassa generaattorissa olevaa mag-  
netointikämiä, joka näkyy kuvasta 12. Generaattorin staattoreille tulee suorittaa  
käämityksen eristysvastusmittaus. Eristysvastusmittaus päästaattorin käämitykselle  
suoritetaan eristysresistanssimittarilla pääkytkentäkaapissa generaattorin päällä.  
Tarkistuspyötkirjaa tehdessä todettiin, että eristysresistanssimittaus päästaattorille

kaikkien vaiheiden ja maan välillä on riittävä. Eristysvastusmittaus tulee suorittaa myös generaattorin magnetointistaattorin käämitykselle, tämä mittaus suoritetaan kytkentäkotelosta. Saadut resistanssin arvot tulee muuttaa vastaamaan 40 °C:n lämpötilan eristysresistanssin arvoa. Konversioissa käytetään alla olevaa kaavaa:

$$R_{40C} = kR^2 \quad (1)$$

Missä,  $R_{40C}$  on käämin resistanssin arvo muutettuna 40 °C:n,  $k$  on kuvasta 10 saatu korjauskerroin ja  $R$  on resistanssin arvo mitatussa lämpötilassa.

Korjauskerroin saadaan kuvan 10 mukaisesta käyrästä, esimerkiksi 20 °C:n lämpöisen käämityksen korjauskerroin on 0,25.



**Kuva 10.** Käämityksen lämpötilan korjauskerroin

Korjattu resistanssin arvo staattorille tulisi olla suuruusluokaltaan generaattorin nimellisvirran arvo kilovoltteina ja siihen lisättynä yksi megaohmi, kuitenkin minimissä satoja megaohmeja. Vaaditut tarkat eristysresistanssin arvot tulee tarkistaa valmistajan antamista manuaaleista käytössä olevalle generaattorille.

Mittaustuloksille päästaattorille tehtyyn taulukkoon tehtiin valmiiksi myös valinnaiset rivit, jos mittauksia suorittaessa halutaan tarkistaa eristysresistanssi jokaiselle vaiheelle erikseen maata ja kahta muuta vaihetta vasten (esim. L1 – L2 + L3 + MAA). Testiä tehdessä täytyy kirjata käytetty testijännite, mittauksessa käytetty aika ja käämityksen lämpötilat testiä tehdessä. Käämityksen lämpötilaa tarvittiin konversion laskemisessa ja mittaukseen käytettyä aikaa tarvitaan testissä suoritettavan polarisaatioindeksin (PI) laskemiseen.

Polarisaatioindeksi kertoo käämityksen kosteuden ja likaisuuden määrän. Mitä pienempi polarisaatioindeksin arvo saadaan, sitä huonommassa kunnossa käämitys on. F-luokan staattorin käämityksen PI:n arvo tulisi olla yli 2. Polarisaatioindeksiä käytetään jos käämityksen lämpötila on alle 50 °C, koska näissä lämpötiloissa PI:n arvo on vähemmän riippuvainen lämpötilan muutoksista kuin eristysresistanssimittaus ja sen muuttaminen vastaamaan 40 °C:n arvoa. Polarisaatioindeksin arvoa ei kuitenkaan tulisi käyttää, jos käämityksen lämpötila on yli 50 °C tai jos eristysresistanssimittauksen tulos on useita tuhansia megaohmeja, näissä tapauksissa ei PI:n arvolla ole merkitystä. Polarisaatioindeksin laskemiseen käytetty kaava on: /2, 110/

$$PI = \frac{R_{1min}}{R_{15s}} \text{ tai } PI = \frac{R_{10min}}{R_{1min}} \quad (2)$$

Missä, PI on Polarisaatioindeksin arvo,  $R_{1min}$  on yhden minuutin kuluttua mitattu eristysresistanssin arvo ja  $R_{15s}$  on 15 sekunnin kuluttua mitattu eristysresistanssin arvo jne.

## 2.7 Roottori

### Rotor

	Result	Observations
Check the coils for discoloration etc.		
Inspect the coil supports, screws, washers and insulation		
Inspect the cage winding's bars and brazed connections for discoloration, cracks, etc.		
Inspect the fan blades and welds		
Inspect the balancing weight and fastening details		

### Kuva 11. Roottorin tarkistus

Roottoria tarkistettaessa tulee kiinnittää huomiota roottorin käämityksen ja sen eristyksien kuntoon ja niiden mahdollisiin värin vaihteluihin ja naarmuihin, kuten staattoriakin tarkistettaessa. Kuvassa 11 nähdään roottorin tarkistus-osio. Roottorin käämitykset on tuettu kiiloilla, jotka sijaitsevat vierekkäisten roottorinapojen välissä, näiden kiilojen kunto tulee tarkistaa silmämääräisesti, etteivät kiilojen ruuvit ole

löysällä tai kiilat ole muuten vioittuneet. Koska roottori on pyörivä osa, on siihen asennettuna tasapainotuspainoja, joiden tarkoitus on tasapainottaa roottorin paino tasaisesti akselin ympärille. Jos roottorin paino ei ole tasaisesti roottorin akselin ympärillä, aiheuttaa se roottorin värinää generaattoria ajettaessa. Tasapainotuspainojen kiinnitysten kireys tulee varmistaa. Generaattorin akselissa on myös kiinni generaattorin tuuletin, jonka tarkoituksena on kierrättää jäähdyttävää ilmaa moottorin sisällä. Tuulettimen lapojen kunto tulee tarkistaa roottorin kuntoa tarkistettaessa jos mahdollista, kaikissa generaattoreissa tämä ei ole mahdollista ilman roottorin irrottamista.

#### Insulation resistance measurement of rotor winding

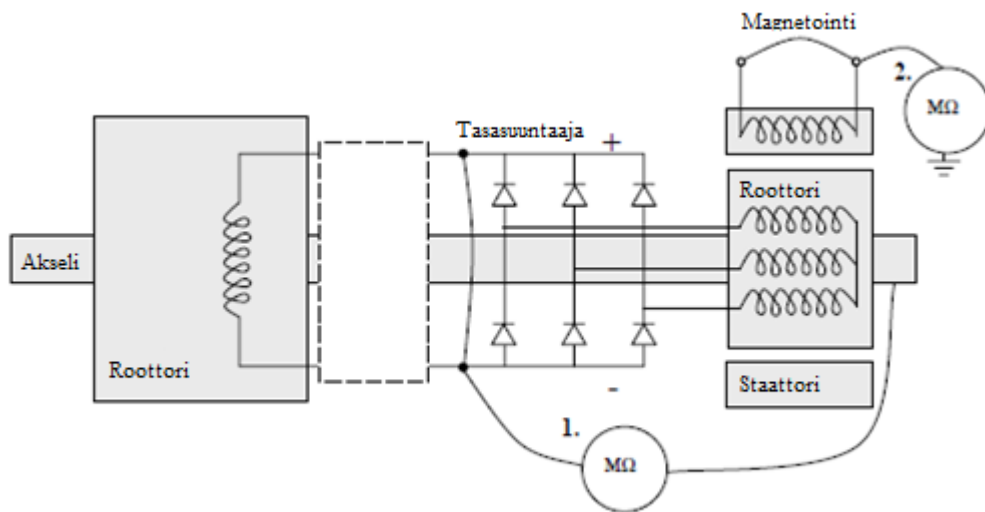
Main rotor	Act. Value	Conversion	Result
Insulation resistance of the winding	$\Omega$	$\Omega$	
Test voltage **	V		
Measuring time	s		
Winding temperature	$^{\circ}\text{C}$		

Exciter rotor	Act. Value	Conversion	Result
Insulation resistance of the winding	$\Omega$	$\Omega$	
Test voltage **	V		
Measuring time	s		
Winding temperature	$^{\circ}\text{C}$		

#### Kuva 12. Roottorien eristysresistanssimittausten taulukot

Myös roottorien käämityksille tulee suorittaa eristysresistanssimittaus. Roottorien eristysresistanssimittaukseen käytettävät taulukot nähdään kuvassa 12. Pää- ja magnetointiroottorin käämityksien eristysresistanssien arvot mitataan erikseen. Eristysresistanssimittaus roottorin käämitykselle suoritetaan generaattorin diodisillasta, alla olevan kuvan 13 mukaisesti, kohta 1. Diodisilta löytyy AVK:n generaattoreilla akselin päästä, oman kotelon alta ja ABB:n generaattoreissa koneen sisältä. Mittauksessa käytetään 500 VDC jännitettä ja resistanssin arvot tulee ottaa ylös 60 s kuluttua testin aloittamisesta ja saadut arvot muunnetaan vastaamaan 40  $^{\circ}\text{C}$ :een tuloksia. Vaadittu minimi eristysresistanssin arvo roottorille tulee tarkistaa valmistajan manuaaleista, mutta hyvä eristysresistanssin arvo on suuruusluokaltaan generaattorin nimellisvirran arvo kilovoltteina ja siihen lisättynä yksi megaohmi.



**Kuva 13.** Generaattorin eristysresistanssien mittaus

## 2.8 Magnetointi ja tasasuuntaus

### Exciter and rectifier

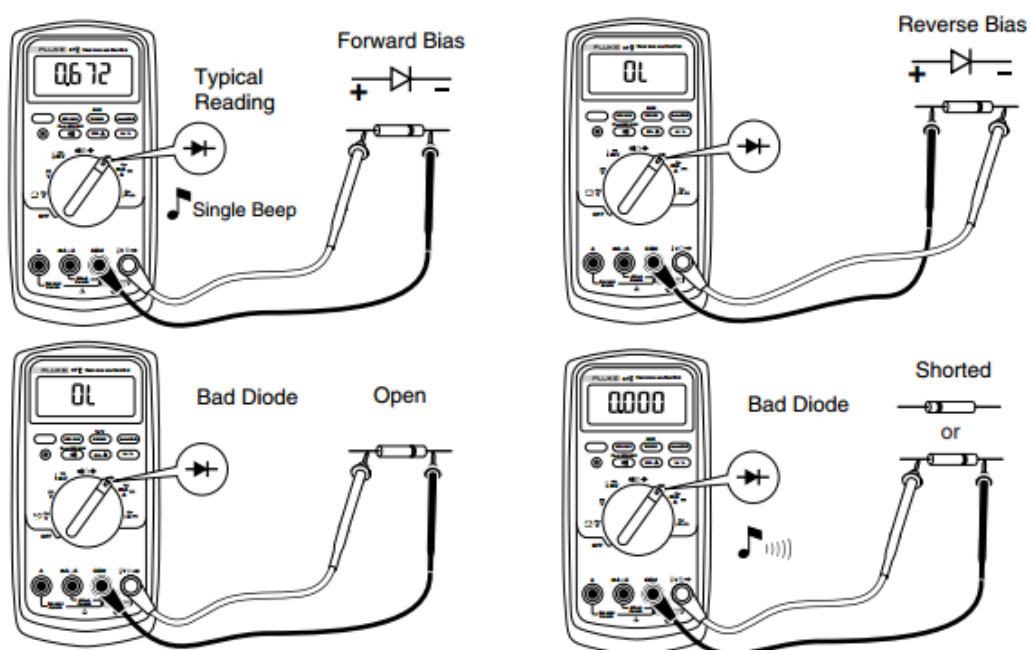
	Result	Observations
Inspect the exciter rotor and exciter stator		
Inspect the diodes and RC-circuit for contamination and loose bolts		
Check rotor terminals connections to the exciter		
Check air gap of the exciter		
Inspect condition of the varistors		

**Kuva 14.** Magnetoinnin ja tasasuuntauksen tarkistus

Käytetyissä generaattoreissa on käytössä erillismagnetointi, eli generaattorissa on oma roottori ja staattori generaattorin magnetointia varten. Erillismagnetoinnista tulee tarkistaa staattorin ja roottorin yleinen puhtaus, liitosten kireys ja johtoteiden kunto. Tasasuuntauksessa käytettyjen diodien, tyristorien, varistorien ja RC-kytkennän kunto tulee tarkistaa. Kuvassa 14 nähdään magnetoinnin ja tasasuuntauksen tarkistus-osio. Tarkistamalla roottorin ja staattorin välinen ilmaväli nähdään onko generaattorin akseli keskellä.



Diodien toiminta tasasuuntauksessa tarkistetaan dioditestin avulla. Diodi on komponentti, joka päästää virran kulkemaan lävitseen vain yhteen suuntaan, anodista katodiin, tietyn kynnsjännitteen ylittyessä. Dioditestissä diodit irrotetaan yksitellen ja ne testataan yleismittarin diodin testausominaisuudella. Esimerkiksi Fluken 80-sarjan yleismittarilla mitattuna, toimivalla diodilla yleismittarin tulisi näyttää noin 0,5 – 0,8 V jännitteen aleneman anodista katodiin mitattaessa ja ”0L” (avoin kytkentä) katodista anodiin mitattaessa. Jos yleismittari näyttää ”0L” mitattaessa anodista katodiin, on diodi rikki tai jos mittari näyttää nolliä mitattaessa kummin päin tahansa. Kuva 15 on otettu Fluken V 80sarjan manuaalista ja siinä näytetään miten dioditesti suoritetaan.



**Kuva 15.** Diodin testaus, yläpuolella toimivat ja alapuolella huonot diodit

## 2.9 Jäähdytyslaitteisto

Käytössä olevissa generaattoreissa on käytössä kahden tyyppistä jäähdytysratkaisua, vesijäähdytys ja ilmajäähdytys, joista ilmajäähdytys on yleisemmin käytössä. Riippuen jäähdytysratkaisusta, tehtävät tarkistukset vaihtelevat hieman toisistaan.

### Water cooled

	Result	Observations
Inspect for leaks		
Inspect condition of the fins		
Inspect for corrosion		
Inspect inlet and outlet air ducts for contamination and free airflow		

#### Kuva 16. Vesijäähdytyksen tarkistus

Jos generaattorissa on käytössä vesijäähdytys, generaattorin sisällä olevaa ilmaa kierrätetään generaattorissa olevan radiaattorin lävitse, jota jäähdytetään sen lävitse virtaavan veden avulla. Vesijäähdytysratkaisu vie hieman enemmän tilaa kuin ilmajäähdytys ja se sijoitetaan generaattorin päälle. Vesijäähdytteisen generaattorin etu on, ettei generaattorin sisälle oteta uutta ilmaa generaattorin ulkopuolelta vaan generaattorin sisällä kierrätetään samaa ilmaa, jolloin generaattori pysyy puhtaampana. Vesijäähdytyksen tarkistus-osio nähdään kuvassa 16. Vesijäähdytetyssä generaattorissa tulee tarkistaa mahdolliset vuodot, ettei vettä pääse generaattoriin. Tässä jäähdytysratkaisussa on kaukalo generaattorin yläpuolella, mihin mahdolliset vuotovedet kertyvät ja tähän kaukalo on kytkettynä hälytyslaitteisto, joka ilmoittaa kun vedenpinta ylittää sallitun rajan. Jotta jäähdytys toimisi kunnolla, tulee veden paine ja lämpötilat tarkistaa ja niiden tulee olla jäähdytysratkaisun valmistajan antamissa rajoissa. Koska veden käyttö edistää korroosiota tulee jäähdytysratkaisua tarkistettaessa kiinnittää huomiota mahdolliseen ruostumiseen. Jäähdyttimen jäähdytysripojen pinnat tulee tarkistaa mahdollisilta epäpuhtauksilta, lika jäähdytysripojen pinnalla heikentää niiden lämmönluovutuskykyä. Jotta ilmaa virtaisi tarpeeksi radiaattoreille ja jäähdytys toimisi muutenkin halutulla tavalla, tulee taata ilman esteetön virtaus sisään ja ulostulo ilmakehässä.

**Air cooled**

	Result	Observations
Inspect inlet and outlet air ducts for contamination and free airflow		
Inspect the filters for contamination		

**Kuva 17.** Ilmajäähdytyksen tarkistus

Kuvassa 17 nähdään ilmajäähdytyksen tarkistus-osio. Ilmajäähdytteisessä generaattorissa jäähdytyslaitteiston tarkistus on vesijäähdytysratkaisua helpompi. Ilmajäähdytyksessä generaattorin roottorissa olevien lapojen muodostama paine-ero imee ilmaa generaattorin sisälle ilmansuodattimien lävitse ja ilma virtaa vapaasti generaattorin sisällä jäädyttäen generaattorin sisäisiä osia. Jotta jäähdytys toimisi halutulla tavalla, tulee ilmansuodattimien puhtaus tarkistaa, sekä taata ilman esteetön pääsy sisään- ja ulostulokanavien kautta.

## 2.10 Testiajo

### Test run without load

	Result	Observations
Listen for abnormal noises		
Does the machine vibrate abnormally?		
Ambient temperature	°C	

Bearings	Result	Observations
Inspect that the lubrication rings rotate freely		
Oil pressure on forced lubrication		

Cooling	Result	Observations
Water pressure		
Water temperature		
Verify function of fans		

### Kuva 18. Testiajo ilman kuormaa

### Test run with load

Time min	Load %	Intake air temperature °C	Bearing temp		Stator			Stator winding temperature		
			D-end °C	ND-end °C	Current A	Power factor cosφ	Exciting Current A	U °C	V °C	W °C
0										

### Kuva 19. Testiajo ilman kuormallisena

Kuvissa 18-19 nähdään testiajo-osio. Generaattoria tarkistettaessa sille suoritetaan testiajo kuormallisena sekä ilman kuormaa. Näiden testiajojen aikana generaattorista kerätään oleelliset mittaukset ylös. Testiajot suoritetaan, jotta nähdään kuinka hyvin generaattori toimii sitä ajettaessa. Testiajoista ylös kirjattujen tietojen avulla saadaan generaattorin tilasta tietoja talteen ja vertaamalla saatuja tuloksia edellisten vuosien tuloksiin saadaan kuva mahdollisista muutoksista generaattorin toiminnassa. Testiajoja tehtäessä tulee kuunnella jos generaattorista lähtee mahdollisia epänormaaleja ääniä ja tarkistaa ettei generaattori tärise epänormaalisti. Ylös kirjattavia tietoja testiajoja suoritettaessa ovat ympäristön lämpötila, testissä kulunut aika, kuorman määrä, sisääntuloilman lämpötila, laakerointien lämpötilat, staattorin virta, tehokerroin, magnetointivirta ja käämityksen lämpötilat.

### 3 TARKISTUSPÖYTÄKIRJA SÄHKÖASEMAMUUNTAJILLE JA OMAKÄYTTÖMUUNTAJILLE

Generaattorien tarkistuspöytäkirjan jälkeen vuorossa oli tarkistuspöytäkirjat sähköasemamuuntajille, sekä omakäyttömuuntajille. Sähköasemamuuntajien ja omakäyttömuuntajien tarkistuspöytäkirjan pääasiallisina lähteinä käytettiin käytössä olevien muuntajien valmistajien tekemiä manuaaleja. Manuaaleista kerättiin tärkeimmät muuntajille suoritettavat tarkistukset ja mittaukset, jotka tulisi suorittaa noin vuosittain. Kerättyjen tietojen pohjalta luotiin sähköasemamuuntajille ja omakäyttömuuntajille tarkistuspöytäkirjat. Myös nämä tarkistuspöytäkirjat päätettiin jakaa neljään eri osa-alueeseen, yleiset tiedot, visuaaliset tarkistukset, mittaukset ja testiajo. Tarkistuspöytäkirjat tehtiin samalla ulkoasulla kuin generaattorin tarkistuspöytäkirja. Sähköasemamuuntajan tarkistuspöytäkirjan valmistuttua huomattiin, että se toimii sellaisenaan myös omakäyttömuuntajille, joten lähtökohtaisesti sähköasemamuuntajien ja omakäyttömuuntajien tarkistuspöytäkirjat ovat identtiset. Ainut ero näiden muuntajien välillä tarkistuksen kannalta on, että omakäyttömuuntajat ovat pienempiä ja niissä on yleensä vähemmän tarkistettavia laitteita.

#### 3.1 Yleiset tiedot

##### General information

Installation:

---

Manufacturing date:

---

System code and number / customer code:

---

Manufacturer and type:

---

Serial number:

---

Type of cooling:

---

Photo of nameplate attached

---

#### Kuva 20. Muuntajan yleiset tiedot

Sähköasemamuuntajien ja omakäyttömuuntajien tarkistuspöytäkirjat alkavat loogisesti muuntajan yleisillä tiedoilla, näistä tiedoista ilmenee installaation nimi, käyttöönottopäivä, järjestelmännumero, muuntajan tyyppi ja valmistaja, sarjanumero, sekä käytetty jäähdytysratkaisu. Lisäksi muuntajan arvokilvestä tulisi ottaa kuva.

Jäähdytysratkaisu-kohtaan tulee kirjoittaa IEC-standardin mukainen jäähdytyksen lyhenne, alla muutama esimerkki:

- ONAN = Vapaa öljy- ja ilmajäähdytys
- OFAN = Pakotettu öljyjäähdytys ja vapaa ilmajäähdytys
- ONAF = Vapaa öljyjäähdytys ja pakotettu ilmajäähdytys
- OFAF = Pakotettu öljyjäähdytys ja pakotettu ilmajäähdytys
- OFWF = Pakotettu öljyjäähdytys ja pakotettu vesijäähdytys

### 3.2 Yleinen kunto

#### General condition

Location:  Building  Outside  
 Atmospheric conditions:  Dry  High humidity  Dust  Salt  
 Ventilation:  Natural  Forced  Adequate  Inadequate

#### **Kuva 21.** Muuntajan yleinen kunto-osio

Muuntajien tarkistuspöytäkirjojen yleiseen kunto-osioon täytetään tiedot millaisissa olosuhteissa muuntajaa käytetään ja minkälainen ilmanvaihto muuntajalla on. Ensiksi ilmoitetaan onko muuntaja rakennuksen sisällä vai ulkona. Seuraavassa kohdassa rastitetaan millainen ilma asennuspaikassa vallitsee, onko ilma kuivaa, kosteaa, pölyistä tai suolaista. Viimeisessä kohdassa merkitään millainen ilmanvaihto muuntajan asennuspaikassa on, onko kyseessä vapaa ilmanvaihto vai pakotettu, lisäksi merkitään onko ilmanvaihto riittävä.

### 3.3 Muuntajan visuaalinen tarkastus

#### Transformer

	Result	Observations
Inspect exterior of the transformer for rust, leaks, cracks or other defects		
Inspect the power cable connections		
Check all logged data available, load, temperature etc.		
Inspect the gas relay		
Inspect the pressure relief valve		
Inspect quality of the oil		
Check the oil level		

#### Kuva 22. Muuntajan visuaalinen tarkistus

Käytössä olevat sähköasemamuuntajat ovat yleensä öljyeristeisiä muuntajia. Öljyeristeinen muuntaja on täytetty öljyllä, jonka tehtävä muuntajan sisällä on toimia eristeenä sekä lämmönsiirtäjänä muuntajan aktiivisista osista jäähdyttäjille. Öljy toimii hyvänä eristeenä vain, jos öljy on tarpeeksi kuivaa ja puhdasta. /2 s.218/

Kuvassa 22 nähdään muuntajan visuaalinen tarkistus-osio. Muuntajan visuaalinen tarkastus aloitetaan tarkistamalla muuntajan runko mahdollisten vaurioiden varalta, tarkistuksessa kiinnitetään huomiota mahdolliseen ruostumiseen, öljyvuotoihin, halkeamiin, sekä muihin mahdollisiin vikoihin. Muuntajalle tulevien ja lähtevien kaapeleiden kaapeliliitoksien kunto tulee tarkistaa, eivätkä liitokset saa olla löysiä. Kaikki mahdolliset lokitiedostot, joihin on kerätty talteen muuntajan mittaustuloksia, tulee tarkistaa, ettei niissä ole epäilyttäviä muutoksia, kuten suuri käämilämpötilan muutos tai trippauksia.

Muuntajassa olevien kaasureleiden toiminta tulee tarkistaa, testaamalla kaasureleen hälytys- ja laukaisukontaktorien toiminta. Kaasureleessä on yleensä testinappula kaasureleen hälytys- ja laukaisukontaktorien testaamiseen. Kaasureleen tehtävä muuntajassa on havaita kaasun muodostuminen muuntajassa, kaasurele pystyy havaitsemaan hitaan, sekä äkillisen kaasun muodostumisen muuntajassa. Kaasurele on normaalisti täynnä öljyä, mutta muodostuvat kaasut syrjäyttävät releessä olevaa



öljyä, jolloin öljyn pinta laskee suhteessa muodostuneen kaasun määrään. Hitaassa kaasun muodostumisessa kaasurele antaa hälytyksen, kun kaasun määrä ylittää tietyn raja-arvon, eli öljyn pinta releessä on laskenut minimin alle. Jos muuntajassa tapahtuu vakava vika ja sen seurauksena kaasua alkaa muodostua äkillisesti, havaitsee kaasurele tämän muutoksen ja antaa käskyn muuntajan erottamiseen verkosta.

Tarkistusta tehdessä tulee tarkistaa muuntajaöljyn laatu, sekä öljypinnan korkeus. Kaasuja tuottavat viat voidaan havaita öljyn laadun tarkistuksella ennen kuin ne aiheuttavat vakavampia vahinkoja muuntajassa.

### 3.4 Läpivientieristin

#### Low voltage bushings

	Result	Observations
Check cleanliness of the bushings		
Check for leaks		
Check the oil level		
Check the external conductor and busbar joints		

#### **Kuva 23.** Läpivientieristinten tarkistus

Sähköasemamuuntajissa käytetään yleensä öljyläpivientieristimiä, joiden tarkoituksena on toimia nimensä mukaan läpivientinä, joka on eristettynä rungosta. Kuvassa 23 nähdään läpivientieristimen tarkistus-osio. Eristimiä tarkistettaessa tulee tarkistaa eristinten puhtaus, sekä mahdolliset öljyvuodot. Kaikki lika eristimen pinnalla heikentää huomattavasti eristimen eristyskykyä. Eristimen sisällä oleva öljy toimii eristinaineena, joten öljyn riittävä määrä eristimessä on tarkistettava. Öljyn määrän eristimessä pystyy tarkistamaan, joko eristeessä olevan öljypinnan tarkistusikkunasta katsomalla tai avaamalla öljyntäyttökorkin eristimen päässä ja mittaamalla mittatikulla öljypinnan korkeuden. Riittävät öljypinnan korkeudet löytyvät valmistajan manuaaleista. /3, 59/

### 3.5 Käämikytkin

#### Transformation ratio and tap changer measurement

Tap changer position 1	A - B	B - C	C - A	Result
LV side voltages	V	V	V	
HV side voltages	V	V	V	
Ratio				

#### Kuva 24. Käämikytkimen tarkistus

Käämikytkimellä säädetään muuntajan muuntosuhdetta. Käytössä voi olla joko käsi-  
käyttöisiä käämikytkimiä, tai automaattisia moottoroituja käämikytkimiä. Käsi-  
käyttöisiä käämikytkimiä säädettäessä muuntajalla ei saa olla kuormaa, toisin kuin  
moottoroiduilla käämikytkimillä voidaan muuttaa muuntosuhdetta muuntajan ol-  
lessa kuormallisena. Kuvassa 24 nähdään käämikytkimen ja muuntosuhdemittauk-  
sen tarkistus-osio. Testattaessa käsikäyttöistä käämikytkintä tulee tarkistaa, että  
käämikytkin liikkuu ääriasennosta toiseen, jos käämikytkimen asentoa ei ole vaih-  
dettu pitkään aikaan se saattaa jumittua. Moottoroidun käämikytkimen mekaaninen  
toiminta testataan ohjaamalla käämikytkin eri asentoihin. Käämikytkimen muunto-  
suhde ja toiminta testataan samalla, kun muuntajalle tehdään muuntosuhdemit-  
tausta.

### 3.6 Ilmankuivain

#### Dehydrating breather

	Result	Observations
Inspect the colour of the dry dehydrating agent		
Check the oil level of oil cup located under breather		

#### Kuva 25. Ilmankuivaimen tarkistus

Ilmankuivaimen tehtävä muuntajassa on estää ilman kosteuden pääsyn muuntajan  
öljysäiliöön ja sen kautta muuntajan eristeaineena toimivaan öljyyn. Ilmankuivai-  
men sisällä on silikageeliä, jonka tehtävä on sitoa ilman kosteutta. Silikageelin väri

vaalenee mitä kosteampaa geeli on. Ilmankuivaimen alla sijaitsee öljykippo, jonka sisällä olevan öljyn tehtävänä on estää ettei ilmankuivan yritä kuivata kaikkea muuntajan ulkopuolista ilmaa, vaan ainoastaan öljysäiliön sisään menevää ilmaa. Kuvassa 25 nähdään ilmankuivaimen tarkistus-osio. Tarkistusta tehtäessä ilmankuivaimelle, on tarkistettava, että silikageelin väristä vähintään 20 % on vielä alkuperäisen väristä, yleensä oranssia. On myös muistettava tarkistaa, että ilmankuivaimen öljykipossa on riittävästi öljyä. /3/

### 3.7 Jäähdytys

#### Cooling

	Result	Observations
Visual inspection of the cooling system		
Inspect function of the fans if any		
Inspect function of the pumps if any		
Inspect for leaks		

	Starting of fans				Result
	Alarm	Tripping	Group I	Group II	
Oil thermometer	°C	°C	°C	°C	
Winding temperature indicator	°C	°C	°C	°C	

#### Kuva 26. Jäähdytyksen tarkistus

Kuvassa 26 nähdään jäähdytyksen tarkistus-osio. Jäähdytysratkaisua tarkistettaessa tulee tarkistaa, ettei jäähdytyslaitteistossa ole halkeamia, mahdollisia vuotoja, ruostetta tai muita epäpuhtauksia. Jos jäähdytyslaitteistossa on käytössä tuulettimia tai pumppuja tulee niiden toiminta varmistaa. Ja jos jäähdytysratkaisussa on käytössä tuulettimia, on myös tarkistettava, että tuulettimien käynnistysrajat on asetettu oikein. Suositellut tuulettimien käynnistysasetukset ONAN/ONAF ja OFAF ovat öljynlämpötilan mukaan ryhmälle I: 60 °C, ryhmälle II: 75 °C ja käämilämpötilan mukaan ryhmälle I: 80 °C, ryhmälle II: 95 °C /3, 211/.

### 3.8 Käämityksen eristysresistanssimittaus

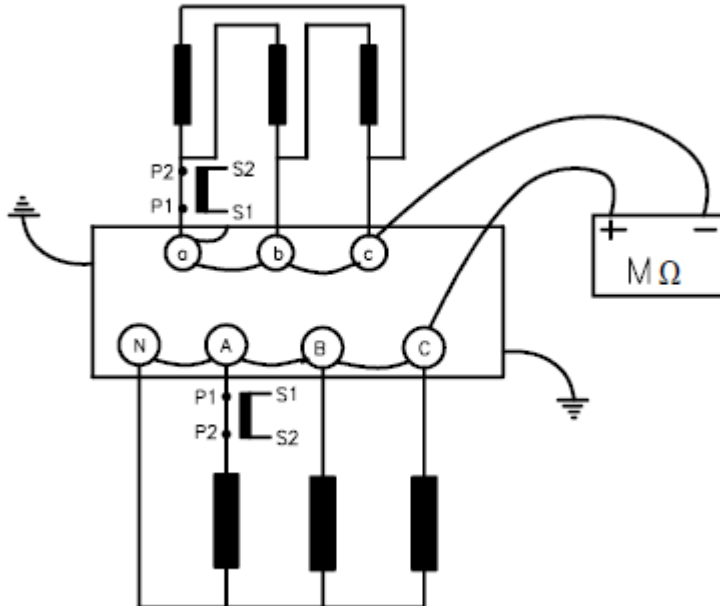
#### Insulation resistance measurement of the winding

	Value	Value	Correction	Correction	$R_{80}/R_{15}$	Result
HV to LV+earth	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ		
LV to HV+earth	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ		
LV+HV to earth	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ		
LV to HV	MΩ	MΩ	MΩ	MΩ		
Test voltage *	V	V	V	V		
Measuring time	15 s	60 s	15 s	60 s		
Ambient temperature	°C					

\* check from manufacturer's manual

#### Kuva 27. Käämityksen eristysresistanssimittaus

Muuntajan käämityksen eristysresistanssin riittävyys tulee tarkistaa suorittamalla eristysresistanssimittaus. Eristysresistanssimittauksen tulokseen vaikuttavat öljyn kosteus ja lämpötila. Eristysresistanssimittaus suoritetaan kuvan 28 mukaisesti.



#### Kuva 28. Eristysresistanssimittaus muuntajalle

Eristysresistanssimittauksen tulos tulisi olla useita tuhansia megaohmeja, tulos voi kuitenkin vaihdella huomattavasti riippuen mittausajasta ja muuntajan lämpötilasta.

Tästä johtuen saatu tulos tulee muuttaa vastaamaan normaaliolosuhteissa (20 °C:ssa) suoritettua mittausta, käyttäen alla olevaa taulukkoa 1 apuna. Eristysresistanssi mittausta suoritetaan 2500-5000 V DC, ja mittaustulokset kirjataan 15 s ja 60 s kuluttua testin aloittamisesta. Minimi sallittu 20 °C:een muunnettu arvo 60 sekunnin testistä on 1000 MΩ. Sen lisäksi resistanssin muutosta 60 s ja 15 s välillä käytetään määrittämään eristyksen kuivuutta. Normaali viite arvo  $R_{60}/R_{15}$  on 1,3-3 kuivalle muuntajalle. Jos arvo on pienempi kuin 1,2, muuntajan sisällä on kosteutta. /3, 222/

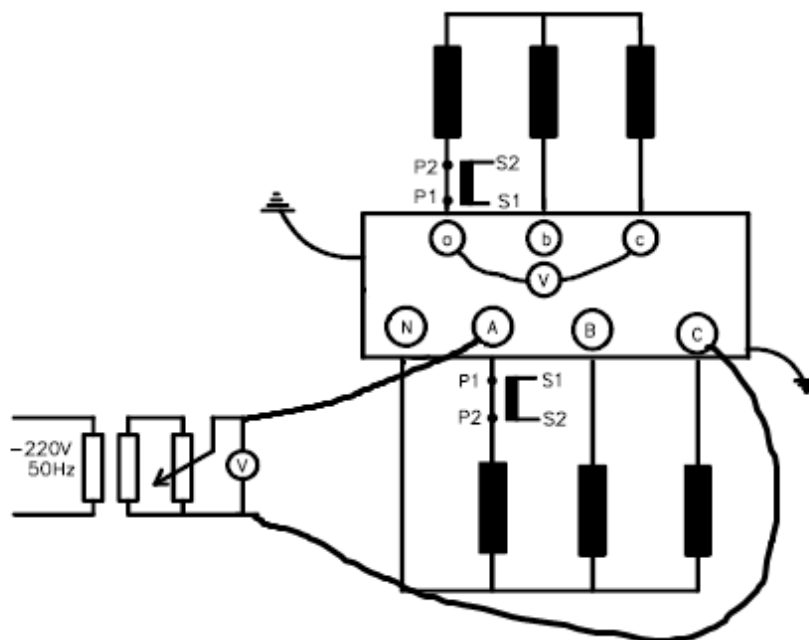
Kuvassa 27 nähdään eristysresistanssimittaukseen käytettävä taulukko. Eristysresistanssimittaus suoritetaan HV – LV+maa, LV – HV+maa, LV+HV – Maa ja LV – HV väleiltä ja tulokset kirjataan ylös taulukkoon. Tulokset kirjataan ylös 15 s ja 60 s kuluttua testin aloittamisesta ja kirjatut tulokset muutetaan vastaamaan 20 °C:een mittaustuloksia. 60 s tulos jaetaan 15 s tuloksella, jotta saadaan muuntajan kuivuutta kuvaava arvo. Myös testissä käytetyt jännitteet ja ilman lämpötila tulee kirjata ylös.

**Taulukko 1.** Muuntajan eristysresistanssimittauksen korjauskertoimet

Ympäristön lämpötila (°C)	Korjauskerroin	Ympäristön lämpötila (°C)	Korjauskerroin
-10	0,13	35	2,80
-5	0,18	40	3,95
0	0,25	45	5,60
5	0,36	50	7,85
10	0,50	55	11,20
15	0,75	60	15,85
20	1,00	65	22,40
25	1,40	70	31,75
30	1,98	75	44,70

### 3.9 Muuntosuhdemittaus

Muuntajan muuntosuhdetta mitattaessa muuntajan toisiopuolta syötetään noin 380 V muutettavalla jännitelähteellä. Ensiö- ja toisiopuolen jännitteet otetaan ylösmittarilla. Mittaustulokset kirjataan jokaisesta vaiheesta ja niistä lasketaan muuntajan muuntosuhde. Laskettua muuntosuhdetta tulee verrata muuntajan arvokilvessä olevaan muuntosuhteeseen. Johtuen yleismittarin mahdollisesta mittausrvirheestä, saattaa muuntosuhde heittää parilla prosentilla. Muuntosuhdemittauksessa käytetty kytkenä näkyy kuvassa 29. /3, 223/



**Kuva 29.** Kytkentäkuva muuntosuhdemittaukseen

### 3.10 Tyhjäkäyntivirtamittaus

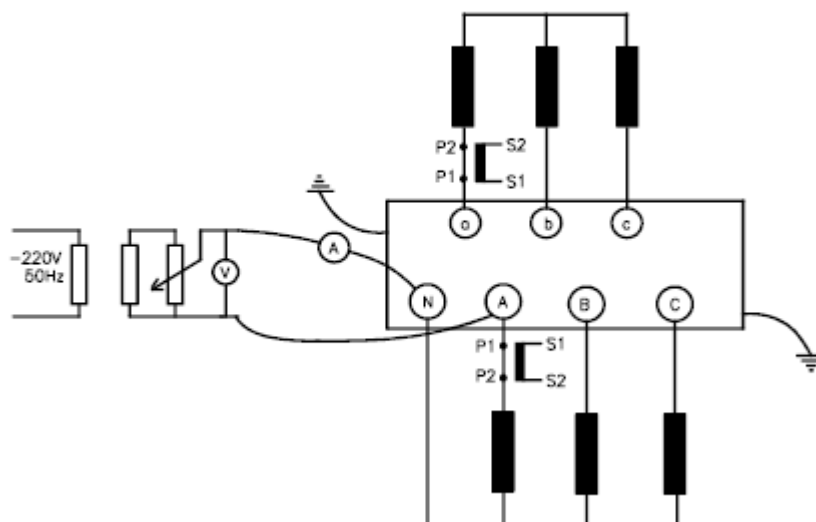
#### No-load current measurement

	Value	Result
Current N - A	mA	
Current N - B	mA	
Current N - C	mA	
Test Voltage *	V	

\* check from manufacturer's manual

#### Kuva 30. Tyhjäkäyntivirtamittaus

Tyhjäkäyntivirtamittauksessa syötetään yksitellen pieni jännite jokaisen vaiheen ja käämin tähtipisteen välille. Virtamittarilla mitatun virran arvo tulisi olla vain muutamia milliampeerin kymmenyksiä, riippuen muuntajan resistanssista. Kuvassa 30 nähdään tyhjäkäyntimittauksessa käytettävä taulukko. Mittaus suoritetaan jokaisen vaiheen yli samalla jännitteellä ja virta-arvojen tulisi olla samaa suuruusluokkaa jokaiselle vaiheelle. Jos vaihe on vioittunut, saattaa virta nousta kymmeneen ampeeriin. Tyhjäkäyntivirtamittauksessa käytettävä kytkentä näkyy kuvassa 31. /3, 224/



Kuva 31. Kytkentäkuva tyhjäkäyntivirtamittaukseen

### 3.11 Testiajo

#### Test run

	Result	Observations
Listen for abnormal noises		

Time	Oil temperature °C	Winding temperature °C	Ambient temperature °C	Current A	Voltage V	Frequency Hz	Power factor cos $\theta$
0							

#### Kuva 32. Muuntajan testiajo

Kun muuntajan visuaaliset tarkistukset ja mittaukset on suoritettu, tehdään muuntajalle vielä testiajo, missä muuntajan toimintaa tarkkaillaan muuntajan ollessa kytkettynä kuormaan. Kuvassa 32 nähdään muuntajan testiajo-osio. Testiajoa suoritettaessa tulee kuunnella jos muuntajasta tai jostakin sen laitteistosta lähtee epänormaalia ääntä. Muuntajaa testattaessa kirjataan ylös muuntajaöljyn-, käämityksen-, ympäristön lämpötila, muuntajan läpi kulkevan virran arvo, muuntajan toision jännite, taajuus sekä muuntajan tehokerroin. Testiajosta nähdään jos jokin muuntajasta saatava arvo on normaalista poikkeava vertaamalla saatuja tuloksia edellisen vuoden tuloksiin, sekä manuaalista saatuihin maksimiarvoihin.



## **4 TARKISTUSPÖYTÄKIRJA KESKIJÄNNITEKOJEIS- TOILLE**

Kuten aiemmissakin tarkistuspöytäkirjoissa, myös keskijännitekojeiston tarkistuspöytäkirjan pääasiallisina lähteenä käytettiin ABB:n Unigear ZS1:n manuaaleja. Manuaaleista kerättiin jälleen tärkeimmät kyseiselle laitteistolle suoritettavat tarkistukset ja mittaukset ja niiden pohjalta luotiin keskijännitekojeiston tarkistuspöytäkirja. Tarkistuspöytäkirja keskijännitekojeistolle jaettiin kolmeen pääosa-alueeseen: yleiset tiedot, visuaaliset tarkistukset ja mittaukset. Visuaaliset tarkistukset jaettiin vielä viiteen alaosa-alueeseen yleinen kunto, kokoojakiskotila, kaapeli-tila, katkaisijatila ja toisiokojeistotila. Keskijännitekojeistot ja niiden laitteet ovat melko huoltovapaita ja kojeiston visuaalinen tarkistus tulisi suorittaa noin 4 vuoden välein.

Keskijännitekojeiston päätehtävä on jakaa generaattorilta tuleva sähköenergia sähköasemamuuntajan, sekä omakäyttömuuntajan kautta verkkoon. Keskijännitekojeisto muodostuu useista kennoista, joiden sisällä ovat tarvittavat kytkin-, mittaus-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet. Kennon rakenne esitettynä kuvassa 33, kenno muodostuu viidestä eri tilasta, joita ovat (A)katkaisija-, (B)kokoojakisko-, (C)kaapeli-, (D)toisio- ja (E)purkaustila.

Keskijännitekojeiston rakenteessa ja toiminnassa on kiinnitetty paljon huomiota kojeiston turvallisuuteen. Kojeistoa tarkistettaessa pitää kytkinlaitteiden sulkeminen ja avaaminen suorittaa tiettyä turvallista järjestystä noudattaen. Toimivassa kojeistossa turvalukkojen pitäisi estää kojeiston vaarallinen tarkistaminen.



**Kuva 33.** Keskijännitekojeiston kennon rakenne

#### 4.1 Yleiset tiedot

##### General information

Installation:

Manufacturing date:

System code and number / customer code:

Manufacturer and type:

Serial number:

Photo of nameplate attached

**Kuva 34.** Keskijännitekojeiston yleiset tiedot

Keskijännitekojeiston tarkistuspöytäkirjan ensimmäisessä kohdassa täytetään kojeiston yleiset tiedot, näistä tiedoista ilmenee installaation nimi, kojeiston valmistuspäivämäärä, järjestelmänumero, kojeiston tyyppi ja valmistaja, sarjanumero, sekä liitteenä tulisi olla kuva kojeiston arvokilvestä. Kuvassa 34 nähdään yleiset

tiedot-osio. Käytössä olevat keskijännitekojeistot ovat ilmaeristeisiä sisätiloihin tarkoitettuja kojeistoja.

## 4.2 Yleinen kunto

### General condition

General room cleanliness:	<input type="checkbox"/> Foreign objects	<input type="checkbox"/> Clean
Air conditioning:	<input type="checkbox"/> Adequate	<input type="checkbox"/> Inadequate
Lighting:	<input type="checkbox"/> Adequate	<input type="checkbox"/> Inadequate
Operating accessories:	<input type="checkbox"/> Crank handle (for withdrawable parts)	
	<input type="checkbox"/> Operating lever (for earthing switch)	
	<input type="checkbox"/> Charging lever (for circuit breaker)	

### Kuva 35. Keskijännitekojeiston yleinen kunto-osio

Kuvassa 35 nähdään keskijännitekojeiston yleinen kunto-osio. Kojeston yleinen kunto-osiossa käydään läpi tilan kunto, missä laitteisto sijaitsee. Tilan tarkistuksessa kiinnitetään huomiota huoneiston ilmanvaihdon ja valaistuksen riittävyyteen, sekä tilan siisteyteen. Kojestotiloja saatetaan joissakin paikoissa käyttää ns. varastoina ja niissä säilytetään tilaan kuulumatonta tavaraa, mikä ei ole hyväksyttävää. Tässä tarkistuksen vaiheessa tarkistetaan myös, että kojeiston käyttöön tarkoitetut työkalut, kuten kampi liikkuville moduuleille, maakytkimen käyttövipu ja katkaisijan latausvipu, löytyvät tilasta.

### 4.3 Kokoojakiskotila

#### Busbar compartment

	Result	Observations
Inspect the busbar compartment for contamination and corrosion		
Inspect condition of the insulation materials		
Check tightening of the main busbars		

**Kuva 36.** Kokoojakiskotilan tarkistus

Jotta kokoojakiskotila voidaan tarkistaa, tulee tarkistettavan kennon katkaisija vetää ulos ja kennon maakytkin sulkea pääkiskostoon. Kuvassa 36 nähdään kokoojakiskotilan tarkistus-osio. Kokoojakiskotilan tarkistuksessa tarkistetaan ensiksi, onko tilassa havaittavissa epäpuhtauksia, kuten pölyä, likaa, ruostetta tai kosteutta. Kiskojen liitokset on suojattu eristinmateriaaleilla, näiden eristinmateriaalien kunto tulee tarkistaa visuaalisesti ja tarkistaa onko niissä merkkejä vuotovirroista. Seuraavaksi tulee tarkistaa kiskoston kiskojen pulttien tiukkuus. Jotta liitosten pulttien tiukkuus (manuaalista löytyvään oikeaan momenttiin) voidaan tarkistaa, tulee eristinmateriaalit liitosten ympäriltä ottaa pois. Kokoojakiskolle olisi hyvä tehdä myös eristysresistanssimittaus kaikkien vaiheiden välille, sekä vaiheista maahan. Toimivan kojeiston eristysresistanssien arvojen tulisi olla useita satoja megaohmeja. Kuvassa 37 nähdään kokoojakiskoille eristysresistanssimittaukseen käytettävä taukko. /3/

#### Insulation resistance measurement of the busbar

	Value	Result
L1 – L2	M $\Omega$	
L1 – L3	M $\Omega$	
L2 – L3	M $\Omega$	
Test voltage	V	

	Value	Result
L1 – PEN	M $\Omega$	
L2 – PEN	M $\Omega$	
L3 – PEN	M $\Omega$	
Measuring time	s	

**Kuva 37.** Kokoojakiskon eristysresistanssimittaus

## 4.4 Kaapelitila

### Cable compartment

	Result	Observations
Inspect the cable compartment for contamination and corrosion		
Inspect condition of the insulation materials		
Check tightening of the cable busbar connections		
Inspect function of the earthing switch		
Inspect the current transformer		
Inspect the voltage transformer		
Inspect the anti-ferroresonance circuit		
Inspect the fuses		
Inspect the connection of earthing		

### Kuva 38. Kaapelitilan tarkistus

Ennen kaapelitilaan pääsyä tulee kennoston katkaisija avata ja asettaa testi-/erotettu asentoon, sekä kennon maakytkin on suljettava manuaalisesti. Kuvassa 38 nähdään kaapelitilantarkistus-osio. Kaapelitilan tarkistus aloitetaan tarkistamalla tilan yleinen puhtaus, pölyn, lian, ruosteen ja kosteuden varalta. Kaapelitilan ylhäällä olevan kaapelien kytkentäkiskon läpivientien eristeiden kunto tulee tarkistaa, sekä kaapeleiden kiinnitysten tiukkuus kiskossa on tarkistettava. Kojeiston maadoituskytkin sijaitsee kaapelitilassa ja tarkistusta suoritettaessa tulee tarkistaa tämän kytkimen toiminta, suorittamalla noin viisi auki/kiinni toimintoa. Kojeiston mittauksia varten olevat virta- ja jännitemuuntajat löytyvät kaapelitilasta. Jännite- ja virtamuuntajasta tulee tarkistaa sen yleinen puhtaus, sekä kiinnityksessä käytettyjen pulttien tiukkuus. Jännitemuuntajasta löytyy jokaiselle vaiheelle oma sulake, tarkistusta tehtäessä tulee tarkistaa kaikki sulakkeet. Kaapelitilaan on sijoitettuna ferroresonanssin estopiiri, tarkistusta tehdessä tulee piirin puhtauden lisäksi tarkistaa, että piirin kytkentä on oikein. Kojeisto on kytkettynä maahan kojeiston reunimmaisista kennoista, tarkistusta tehtäessä tulee tarkistaa maakytkennät kojeiston molemmista päistä. /3/

## 4.5 Katkaisijatila

### Circuit-breaker compartment

	Result	Observations
Inspect the isolating contacts		
Inspect function of the interlocks		
Inspect function of the circuit breakers		
Inspect function of the switch-disconnectors		

### Kuva 39. Katkaisijatilan tarkistus

Kojeiston katkaisijatilaan on sijoitettuna kojeiston katkaisijat ja erottimet. Kuvassa 39 nähdään katkaisijatilan tarkistus-osio. Itse katkaisijat ja erottimet ovat melko huoltovapaita, mutta niiden puhtaus, sekä toiminta tulee varmistaa suorittamalla auki- ja kiinni-toiminto noin viisi kertaa peräkkäin. Katkaisijatilassa sijaitsevien turvalukkojen toiminta tulee tarkistaa. Erityisesti kannattaa kiinnittää huomiota katkaisijan/erottimen eristyksien puhtauteen. /3/

## 4.6 Toisiokojetila

### Low voltage compartment

	Result	Observations
Inspect all the cabling in the terminal box		
Inspect the terminal box for contamination		
Inspect function of the protection release		

### Kuva 40. Toisiokojetilan tarkistus

Ennen toisiokojetilaan pääsyä tulee kennoston katkaisija avata ja asettaa testi/erottettu asentoon, sekä kennon maakytkin on suljettava manuaalisesti. Kuvassa 40 nähdään toisiokojeistotilan tarkistus-osio. Kojeiston toisiokojetilassa on pienjännitekytkentäkaappi ja kaikki kennon pienjänniteohjauskomponentit. Toisiokojetilasta

tulee tarkistaa visuaalisesti kaikki kytkennät, tilan puhtaus, sekä tarkistaa suojar-  
leiden toiminta. /3/

## **5 TARKISTUSPÖYTÄKIRJA PIENJÄNNITEKOJEIS- TOILLE**

Pienjännitekojeiston tarkistuspöytäkirjaa lähdettiin tekemään käyttäen keskijännitetarkistuspöytäkirjaa pohjana, koska tarkistettavan laitteiston periaate on melko sama. Tarkistuspöytäkirja pienjännitekojeistolle jaettiin kolmeen pääosa-alueeseen: yleiset tiedot, visuaaliset tarkistukset ja mittaukset. Visuaaliset tarkistukset jaettiin vielä neljään alaosa-alueeseen yleinen kunto, kokoojakiskostila, kaapelitila ja muut tilat. Myös pienjännitekojeistot ja niiden laitteet ovat melko huoltovapaita ja kojeiston visuaalinen tarkistus tulisi suorittaa noin 4 vuoden välein.

Pienjännitekojeiston tehtävä on jakaa omakäyttömuuntajalta tai varageneraattorilta tuleva sähköenergia laitoksen pienjänniteverkkoon sitä tarvitseville laitteistoille, kuten ilmanvaihto ja jäähdytys, sekä ohjaus- ja mittauslaitteisto. Pienjännitekojeisto muodostuu useista kennoista, joiden sisällä ovat tarvittavat kytkin-, mittaus-, suojaus-, ohjaus- ja valvontalaitteet. Kojeiston rakenne näkyy kuvassa 41.





**Kuva 41.** Pienjännitekojeisto

## 5.1 Yleiset tiedot

### General information

Installation:

Manufacturing date:

System code and number / customer code:

Manufacturer and type:

Serial number:

Photo of nameplate attached

**Kuva 42.** Pienjännitekojeiston yleiset tiedot

Kuvassa 42 nähdään pienjännitekojeiston yleiset tiedot-osio. Pienjännitekojeiston tarkistuspöytäkirjan ensimmäisessä kohdassa täytetään kojeiston yleiset tiedot, näistä tiedoista ilmenee installaation nimi, kojeiston valmistuspäivämäärä, järjestelmännumero, kojeiston tyyppi ja valmistaja, sarjanumero, sekä liitteenä tulisi olla kuva kojeiston arvokilvestä. Käytössä olevat pienjännitekojeistot ovat ilmaeristeisiä sisätiloihin tarkoitettuja kojeistoja.

## 5.2 Yleinen kunto

### General condition

General room cleanliness:  Foreign objects  Clean  
 Air conditioning:  Adequate  Inadequate  Not applicable  
 Lighting:  Adequate  Inadequate

### Kuva 43. Pienjännitekojeiston yleinen kunto

Kuvassa 43 nähdään pienjännitekojeiston yleinen kunto-osio. Kojeiston yleinen kunto-osiossa käydään läpi tilan kunto, missä laitteisto sijaitsee. Tilan tarkistuksessa kiinnitetään huomiota huoneiston ilmanvaihdon ja valaistuksen riittävyyteen, sekä tilan siisteyteen.

## 5.3 Kokoojakiskotila

### Busbar compartment

	Result	Observations
Inspect the busbar compartment for contamination and corrosion		
Inspect condition of the insulation materials		
Check tightening of main the busbars		

### Kuva 44. Kokoojakiskotilan tarkistus

Kuvassa 44 nähdään kokoojakiskotilan tarkistus-osio. Kokoojakiskotilan tarkistuksessa tarkistetaan ensiksi, onko tilassa havaittavissa epäpuhtauksia, kuten pölyä, likaa, ruostetta tai kosteutta. Kiskojen liitokset on suojattu eristinmateriaaleilla, näiden eristinmateriaalien kunto tulee tarkistaa visuaalisesti ja tarkistaa onko niissä merkkejä vuotovirroista. Seuraavaksi tulee tarkistaa kiskoston kiskojen pulttien tiukkuus, jotta liitosten pulttien tiukkuus (manuaalista löytyvään oikeaan momenttiin) voidaan tarkistaa, tulee mahdolliset irrotettavat eristinmateriaalit liitosten ympäriltä ottaa pois. Kokoojakiskolle olisi hyvä tehdä myös eristysvastusmittaus,

kaikkien vaiheiden välille, sekä vaiheista maahan. Toimivan kojeiston eristysresistanssien arvojen tulisi olla useita satoja megaohmeja.

## 5.4 Kaapelitila

### Cable compartment

	Result	Observations
Inspect the cable compartment for contamination and corrosion		
Inspect condition of the insulation materials		
Check fastening of the cables		
Inspect for correct cable markings		

### Kuva 45. Kaapelitilan tarkistus

Pienjännitekojeiston kaapelitila on pystysuora kapea tila muiden tilojen välissä, minkä kautta lähtevät kaapelit viedään. Kuvassa 45 nähdään kaapelitilan tarkistusosio. Kaapelitilan tarkistus aloitetaan tarkistamalla tilan yleinen puhtaus, pölyn, lian, ruosteen ja kosteuden varalta. Kaapelitilan kaapelien läpivientien eristeiden kunto on tarkistettava, kaikkien kaapeleiden kiinnitysten tiukkuus tulee varmistaa, sekä kaapeleiden kaapelimerkinnot tulee tarkistaa.

## 5.5 Muut tilat

### Other compartments

	Result	Observations
Inspect all compartments for contamination and corrosion		
Inspect the isolating contacts		
Inspect function of the circuit breakers		
Inspect function of the switch-disconnectors		
Inspect function of the earthing switch		
Inspect the current transformer		
Inspect the voltage transformer		
Inspect the fuses		
Inspect the connection of earthing		
Inspect the terminal cabling		
Inspect function of the protection release		
Inspect for proper compartment markings		
Inspect the main breaker and bus-tie settings		

### Kuva 46. Muiden tilojen tarkistus

Kuvassa 46 nähdään muiden tilojen tarkistus-osio. Pienjännitekojeiston muut tilat, mitkä voivat sisältää kytkin-, mittaus-, suojaus-, ohjaus- tai valvontalaitteita tulee tarkastaa epäpuhtauksilta ja mahdollisten eristemateriaalien kunto tarkistaa. Tilassa mahdollisesti olevien virta-, jännitemuuntajan, erottimien tai kytkimien kunto ja toiminta tulee varmistaa. Myös terminaalikaapeloinnit, sulakkeet ja maakytkennät tulee tarkistaa. Pienjännitepuolen laitteistoja suojaamaan asennetun releen toiminta tulee varmistaa. Pääkatkaisijan kunto ja toiminta tulee varmistaa ja bus-tie-asetukset tarkistaa. Jokaisen tilan oveen merkityn tilan toiminta/tunnus tulee tarkistaa, että se on näkyvässä ja oikea.

## 6 TARKISTUSPÖYTÄKIRJA OHJAUSKESKUKSILLE

Ohjauskeskusten tarkistuspöytäkirjaa lähdettiin tekemään eri voimalaitoksilta ohjauskeskuksista otettujen kuvien pohjalta ja miettimällä, mihin tulisi ohjauskeskuksen tarkistuksessa erityisesti kiinnittää huomiota. Tarkistuspöytäkirja ohjauskeskuksille jaettiin kolmeen pääosa-alueeseen: yleiset tiedot, visuaaliset tarkistukset ja mittaukset.

Voimalaitoksen pääasiallinen valvonta ja ohjaus suoritetaan valvontahuoneesta käsin WOIS-tietokoneelta, mutta ongelmien varalle ne on myös mahdollista suorittaa paikallisesti eri ohjauskeskuksista. WOIS on Wärtsilän operaattorin käyttöliittymä. Valvontahuoneen yleinen ohjauskeskus sisältää käyttökytkimet ja napit, sekä mittarit koneen manuaaliseen synkronointiin verkkoon ja jäljittelyn laitoksen keskijännitejärjestelmästä. Se sisältää myös PLC:n ja suojarieleet laitoksen hätäalasajoon. Moottori-WISE-ohjauskeskus sisältää kytkimet moottorin operointitilan valitsemiseen ja koneen manuaaliseen ajoon. Laitoksilla on myös useita paikallisia ohjauskeskuksia kuten aux-ohjauskeskus, joka toimii pienjännitteen jakelukeskuksena generaattorin laitteistoille ja samalla toimii laitteiston I/O-signaalien käsittelykeskuksena.

### 6.1 Yleiset tiedot

#### General information

Installation:

---

Manufacturing date:

---

System code and number / customer code:

---

Manufacturer:

---

Serial number:

---

#### Kuva 47. Ohjauskeskuksen yleiset tiedot

Kuvassa 47 nähdään ohjauskeskuksen yleisten tietojen-osio. Ohjauskeskuksen tarkistuspöytäkirjan ensimmäisessä kohdassa täytetään ohjauskeskuksen yleiset tiedot, joita ovat: installaation nimi, valmistuspäivämäärä, järjestelmänumero, keskuksen valmistaja ja sarjanumero.

## 6.2 Yleinen kunto

### General condition

General condition of the control panel:

Good  Moderate  Bad

Location of the control panel:

Control room  Engine hall  Outside

Other room/building

Where: \_\_\_\_\_

### **Kuva 48.** Ohjauskeskuksen yleinen kunto

Ohjauskeskuksen yleinen kunto-osiossa käydään läpi keskuksen yleinen kunto, ja merkitään se asteikolla hyvä, keskinkertainen, huono. Kuvassa 48 nähdään ohjauskeskuksen yleinen kunto-osio. Koska ohjauskeskuksia sijaitsee eri puolilla voimalaitosta, tässä kohdassa käydään läpi missä paikassa ohjauskeskus sijaitsee, valvontahuoneessa, moottorihallissa, pihalla tai jossain muussa rakennuksessa/huoneessa.

### 6.3 Ohjauskeskuksen visuaalinen tarkastus

#### Control panel

	Result	Observations
Inspect the cable entries		
Inspect the cable ducts' covers		
Inspect condition of the cables		
Inspect that the cables are properly marked		
Inspect function of the fans if any		
Inspect the air filters if any		
Inspect for contamination		
Inspect the interior lighting if any		
Inspect the switches and lights on door		
Inspect the wire markings		
Inspect if any alarm/fault lights are ON		
Inspect for missing/broken devices		
Inspect that all the devices has been correctly installed and at correct places		

#### Kuva 49. Ohjauskeskuksen visuaalinen tarkistus

Kuvassa 49 nähdään ohjauskeskuksen visuaaliset tarkistukset-osio. Ohjauskeskuksen visuaalisessa tarkistuksessa tarkistetaan ensiksi keskuksen kaapeliläpiviennit, kaapelien kunto, kaapelikourujen kansien paikoillaan olo ja kaapelien kaapelimerkinnät, myös johdinmerkinnät tulee tarkistaa. Joihinkin ohjauskeskuksiin on lisätynä tuuletin paremman ilmanvaihdon takaamiseksi ja laitteiston lämpötilojen alentamiseen. Jos ohjauskeskuksessa on tuuletin, tulee sen toiminta ja tuulettimen ilmansuodattimen puhtaus tarkistaa. Jos ohjauskeskuksen sisälle on asennettuna erillinen valonlähde, tulee tämän toiminta varmistaa. Ohjauskeskuksen ovesa olevat kytkimet ja indikointiin käytettyjen valojen toiminta tulee tarkistaa. Keskukselta tulee myös tarkistaa siellä olevien PLC:en ja suojarleiden hälytys/vikavalojen tilat, mahdollisten hälytysten/vikojen varalta. Kaapin laitteistoa tarkistettaessa tulee myös kiinnittää huomiota, että kaikki laitteet toimivat ja että kaikki kaapin laitteet löytyvät ovat paikoillaan, kuten PLC:n I/O kortit. On myös tarkistettava, että kaapin

laitteet on oikein asennettuna oikeille paikoille. Ohjauskeskusten tarkistuksia tehdessä on huomattu, että laitteiden asennuksissa on ollut puutteita, releitä on saattanut olla lattialla lojumassa tai nippusiteellä asennettuna toisten laitteiden päälle.

## 6.4 Ohjauskeskuksen mittaukset

### Terminal voltage level measurements

Value	Measured value	Comment
V	V	
V	V	
V	V	
V	V	
V	V	

### Load current measurement

Value	Comment
A	
A	
A	
A	
A	

### **Kuva 50.** Ohjauskeskuksen mittaukset

Ohjauskeskuksissa voi olla useita eri jännitetasoja, kuten 24 VDC, 110 VDC, 230 VAC, eri laitteistojen tarpeisiin. Kuvassa 50 nähdään ohjauskeskukselle suoritettavien mittausten taulukot. Mittauksissa tarkistetaan eri jännitetasojen paikkaansa pitävyydet. Jännitetasoista otetaan ylös myös niiden kuormitusvirrat.



## 7 TARKISTUSPÖYTÄKIRJA DC-LAITTEISTOILLE

DC-laitteiston tarkistuspöytäkirjaa lähdettiin tekemään miettimällä, mihin laitteiston tarkistuksessa tulisi kiinnittää huomiota ja lukemalla akusto laitteistojen valmistajan manuaalista suositellut tarkistukset. DC-laitteisto on melko huoltovapaa, mutta sille tulee suorittaa perustarkistukset säännöllisesti, laitteiston optimaalisen toiminnan takaamiseksi. Tarkistuspöytäkirja DC-laitteistoille jaettiin kolmeen pääosa-alueeseen: yleiset tiedot, visuaaliset tarkistukset ja mittaukset.

DC-laitteisto akkuvarmennuksella on kriittinen osa laitoksen sähköjärjestelmää, laitteiston kautta syötetään kaikki kriittiset toiminnot, kuten ohjaus, automaatio ja turvajärjestelmät. DC-laitteisto mahdollistaa ohjatun turvallisen laitteistojen alarajon hätätilanteessa akustosta saatavalla virralla. DC-laitteisto sisältää akkujen laurit, akuston, DC-jakokiskon ja järjestelmämonitorin.

### 7.1 Yleiset tiedot

#### General information

Installation:

Manufacturing date:

System code and number / customer code:

Manufacturer and type:

Serial number:

Photo of nameplate attached

#### **Kuva 51.** DC-laitteiston yleiset tiedot

Kuten muissakin tarkistuspöytäkirjoissa myös DC-laitteiston tarkistuspöytäkirjan ensimmäisessä kohdassa täytetään DC-laitteiston yleiset tiedot, joita ovat: installaation nimi, valmistuspäivämäärä, järjestelmänumero, DC-kojeiston valmistaja ja sarjanumero, sekä merkitään rasti ruutuun, kun arvokilvestä otettu kuva on lisätty liitteeksi. Kuvassa 51 nähdään DC-laitteiston yleiset tiedot-osio.

## 7.2 Yleinen kunto

### General condition

- Air conditioning:  Adequate  Inadequate  
Lighting:  Adequate  Inadequate  
Battery type:  Lead-acid (Pb)  Nickel-cadmium (NiCd)  Other  
DC voltage levels:  24 VDC  110 VDC

### **Kuva 52.** DC-laitteiston yleinen kunto

DC-laitteiston yleinen kunto-osiossa käydään läpi ilmastoinnin ja valaistuksen riittävyys, sekä merkitään laitteistossa käytetty akkutyyppe ja jännitetaso. Kuvassa 52 nähdään DC-laitteiston yleinen kunto-osio. Yleisimmin laitoksilla on käytössä lyijy-akkuja(Pb), mutta on myös mahdollista, että käytetään Nikkeli-kadmium (NiCa)-akkuja. Pb-akkuja käytettäessä akut sijaitsevat samassa kaapissa koko muun DC-laitteiston kanssa, mutta käytettäessä NiCa-akkuja täytyy akut sijoittaa omaan akkuhuoneeseen. DC-laitteistossa voi olla käytössä jännitetasona joko 24 VDC tai 110 VDC.

### 7.3 DC-laitteisto

#### DC-system

	Result	Observations
Inspect for contamination		
Inspect the cable entries		
Inspect the cable connections		
Inspect condition of the cables		
Inspect condition of the cable markings		
Inspect condition of the chargers		
Inspect the DC distribution board		
Inspect condition of the fuses		
Inspect the circuit breakers and correct markings		
Inspect function of the fans if any		
Inspect condition of the air filters if any		
Inspect the alarm logs		
Inspect alarm/control settings		
Check the function of alarm relay		

#### Kuva 53. DC-laitteiston visuaalinen tarkistus

DC-laitteiston visuaaliset tarkistukset nähdään kuvassa 53. DC-laitteiston tarkistus kannattaa aloittaa tarkistamalla kaapin yleinen siisteys ja sen jälkeen tarkistaa kaapeloinnin läpiviennit, kaapeleiden kunto, kytkennät, sekä kaapelimerkinnät. Seuraavaksi tulee tarkistaa laturin ja DC-jakokiskon kunto. DC-laitteistosta tulee tarkistaa myös kaikkien sulakkeiden, sekä katkaisijoiden kunto ja merkinnät. Jos kaapin ilmanvaihtoon käytetään tuulettimia, tulee niiden ja niissä olevien ilmansuodattimien kunto ja tuulettimien toiminta tarkistaa. DC-laitteiston paneelista tulee katsoa mahdolliset hälytykset ja tarkistaa hälytys-/ohjausasetukset. Hälytysreleen toiminta tulee myös varmistaa.

## 7.4 Akusto

### Batteries

	Result	Observations
Inspect condition of the batteries		
Check installation day of the batteries		
Check the next battery change day		
Inspect the cable connections		

#### **Kuva 54.** Akuston tarkistus

Akuston kunto on oleellinen osa DC-laitteiston toimintaa. Kuvassa 54 nähdään akuston tarkistus-osio. Akustosta tulee tarkistaa akuston kunto silmämääräisesti ja varmistaa akkujen kytkennät. Koska akkujen elinikä on rajallinen, tulee akkujen asennuspäivä, sekä akkujen seuraavat vaihtopäivät tarkistaa, tällä taataan etteivät käytössä olevat akut ole liian vanhoja. DC-laitteistolle ei tarvitse suorittaa varsinaisia mittauksia, mutta akustolta tulevan kuormavirran arvo, sekä jännite akustolta tulee tarkistaa.

## 8 YHTEENVETO

Työn tavoite tuli selkeästi esille jo työn alkuvaiheessa ja työtä oli helppo lähteä tekemään, kun tiedettiin mitä haluttiin. Työn alkuvaiheessa ei ollut vielä täysin selvää mitkä kaikki tarkistuspöytäkirjat tultaisiin tekemään, mutta tärkeimmät tarkistuspöytäkirjat olivat jo tiedossa. Työ oli aikalailla sitä mitä odotettiin eli manuaalien lukemista ja niiden pohjalta tarkistuspöytäkirjojen luomista ja mielipiteiden kysymistä valmistuneista tarkistuspöytäkirjoista ja niiden parantelua.

Generaattorin tarkistuspöytäkirjaa päästiin testaamaan muutamaan kertaan ihan käytännössä, yhden AvK:n generaattorin eristysvastusmittauksen parissa, sekä eräälle laivalle suoritettussa generaattorihuollossa. Tehtyjen huoltojen yhteydessä havaittiin muutamia lieviä puutteita ja parannusmahdollisuuksia tarkistuspöytäkirjassa ja ne korjattiin suoraan uuteen tarkistuspöytäkirjaan.

Työn lopputuloksena syntyi kahdeksan eri tarkistuspöytäkirjaa, joista 7 käytiin läpi tässä raportissa. Työn aivan loppuvaiheessa tehtiin vielä tarkistuspöytäkirja sähkömoottoreille, mutta tämän tarkistuksen ollessa todella yksinkertainen ja ajan rajallisuuden vuoksi sen tarkastelu on jätetty pois tästä raportista. Valmistuneisiin tarkistuspöytäkirjoihin oltiin tyytyväisiä ja ne vastaavat hyvin sitä mitä haluttiin.

## LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä lyhyesti. Viitattu 22.1.2016. <http://www.wartsila.com/fi/wartsila>
- /2/ Käyttöohje generaattorille, 2462HF401-402\_Punaruu\_II\_Manual.pdf
- /3/ Step-up-muuntajan käyttö- ja huolto- ohje, 1LFI431038 En.pdf
- /4/ UniGear Zs1 asennus, huolto ja kunnossapito käyttöopas, MA\_UNIGEAR.pdf
- /5/ DC-järjestelmän ohjeet, DC system.EN.docx
- /6/ Ohjausjärjestelmän kuvaus, REND\_Control system description – Extended.pdf