



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lauri Vuolio

TYÖOHJE VEO SÄHKÖKESKUSTEN TARKASTUKSEEN

VEO Oy

Tekniikka
2023

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lauri Vuolio
Opinnäytetyön nimi	Työohje VEO sähkökeskusten tarkastukseen
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	31 + 2 liitettä
Ohjaaja	Jukka Hautala

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on luoda VEO Oy:lle, NXC- ja VEDA Drives -osastoille työohjeet sähkökeskusten tarkastukseen. Työohjeen on tarkoitus helpottaa uusien tarkastajien perehdytystä, helpottaa siirtoja osastojen välillä sekä vastata erinäisiin auditointivaatimuksiin, mitä asiakkailta saattaa olla.

Työssä hyödynnän omaa työkokemusta VEolla NXC:n tarkastajana ja haastattelen muita tarkastajia ja tuotannon henkilöstöä. VEolla on erinäisiä aikaisempia työohjeita tarkastusprosessiin liittyen, mutta ne ovat usein joko puutteellisia uuden käyttäjän näkökulmasta tai sitten ne eivät kata kyseistä aihettaan tarpeeksi laajasti. Näitä ohjeita voidaan kuitenkin hyödyntää uusia ohjeita tehdessä.

Työohjetta tehdessä havaintona oli, kuinka laaja tarkastajan työnkuva on myös muilla osastoilla, mikä asettaa korkean kynnyksen siirtyville tai uusille tarkastajille. Vaikka osastojen perustyöperiaatteet ovat samat, päädyin toteuttamaan ohjeet aivan erilaisella rakenteella ja juurikaan lainaamatta tekstiä toisistaan. Pelkästään ohjeistuksen eroavaisuuksista ja laajuudesta huomaa, että työohjeet tulevat tarpeen tulevaisuudessa, erityisesti uusille työntekijöille.

ABSTRACT

Author	Lauri Vuolio
Title	Instructions for Inspecting VEO Electrical Cabinets
Year	2023
Language	Finnish
Pages	31 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Jukka Hautala

The purpose of this thesis was to create instructions manual for VEO Oy to be used for inspection of switchgears in NXC and VEDA Drives departments. The main use for the instructions is to help orientate new workers, ease transfers between the departments, and to meet the possible audit requirements that the customers might have.

In this thesis, I utilize personal experience as inspector in VEO Oy, NXC and Interview other inspectors. There exists different sets of previous instructions, but they are often lacking from either depth or from a lens of a new employee. These previous instructions can still be useful help when writing the new ones.

I observed that that the responsibilities of an inspector are fairly broad even in other departments, which sets a high skill requirement for either transferring or new inspectors. Basics of an inspectors job are the same between the departments, but regardless of that I concluded that it would be efficient if the instructions would not have the same structure or quoted text from each other. I think it is obvious from the length and differences between the instructions that they will be beneficial in the future, especially for new inspectors.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LIITELUETTELO

KÄSITTEET JA LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	8
	1.1 Tausta työlle.....	9
	1.2 Työn rajaus.....	10
	1.3 Yritysesittely.....	11
2	NXC-KESKUKSET.....	12
3	VEDA DRIVES-KESKUKSET.....	14
4	TARKASTAMON TYÖNKUVAUS.....	16
5	TYÖOHJEEN TARVE.....	17
6	NXC-TYÖOHJE.....	18
	6.1 HV-testi.....	20
	6.2 Visuaalinen ja mekaaninen tarkastus.....	21
	6.3 Toiminnallinen testi.....	22
	6.4 Dokumentaatio ja loppuviimeistely.....	24
7	DRIVES-TYÖOHJE.....	25
	7.1 Tarkastuslista.....	26
	7.2 HV-testi ja toiminnallinen testi.....	28
8	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET.....	31

KUVALUETTELO

Kuva 1. VEO Oy pääkonttori ja kojeistotehdas.....	11
Kuva 2. Tyypillinen NXC keskus.....	13
Kuva 3. Esimerkki Drives keskukselta.....	15
Kuva 4. NXC työohjeen sisällysluettelo.....	18
Kuva 5. NXC keskuksen layout	19
Kuva 6. Testikeskus	23
Kuva 7. Drives työohjeen sisällysluettelo	25
Kuva 8. Drives keskuksen layout.....	26

LIITELUETTELO

LIITE 1. NXC-tarkastusohje

LIITE 2. Drives-tarkastusohje

Liitteet poistettu VEO Oy:n pyynnöstä.

KÄSITTEET JA LYHENTEET

FAT	Factory Acceptance Test, dokumentoitu toiminnallinen tarkastus tehdastarkastamossa
HV-testi	High Voltage -testi, toteutetaan ennen toiminnallista testiä
NXC	Danfossin pienjännitekojeisto
VEDA Drives	VEOn pienjännitekojeisto
IEC	International Electrotechnical Institute, standardisointijärjestö
IEC 61439-1	eurooppalainen standardi pienjännitekojeistolle
IEC 61439-2	eurooppalainen standardi ammattikäyttöisille kojeistoille
IP	keskuksen kotelointiluokka
SGS FIMKO	Tarkastus-, testaus-, verifiointi- ja sertifiointipalveluja tuottava yritys
A	Ampeeri
V	Voltti
kW	Kilowatti

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä luotiin kaksi erillistä työohjetta NXC- ja VEDA Drives -osastoille, jotka kattavat keskusten tarkastuksen kaikki työvaiheet. Tarkastamossa on useita erinäisiä työohjeita tarkastuksen eri vaiheisiin, mutta ei yhtenäistä ohjetta koko tarkastusprosessista. Työohjeet ovat opinnäytetyön liitteenä.

VEOlla sähkökeskukset rakennetaan tuotannon viimeistelyssä, mistä ne siirtyvät valmistuessaan tarkastamoon. Tarkastajat vastaavat, että keskukset on rakennettu ja testattu vaatimusten mukaisesti, sekä ottavat kantaa tuotannossa ilmeviin epäkohtiin ja niiden korjaustoimenpiteisiin.

Tarkastusprosessi koostuu pääasiassa visuaalisesta, mekaanisesta ja toiminnallisesta tarkastuksesta sekä loppudokumentaatiosta. Visuaalisessa ja mekaanisessa osuudessa keskitytään pääasiassa keskuksen rakenteellisen oikeellisuuden varmistamiseen ja toiminnallisessa osuudessa testataan kaikkien keskuksen komponenttien toiminta sähköllä aina kun se on mahdollista.

Olen ollut NXC:llä asentajana 3 vuotta ja tarkastajana 2 vuotta. Asentajan tehtävistä muodostui vahva yleiskuva keskusten rakenteista ja tuotannon käytännön työprosesseista. Tältä tietopohjalta oli helppo siirtyä tarkastajan työtehtäviin, missä yleiskuva keskusten sähköisestä toiminnasta syventyi.

1.1 Tausta työlle

VEOlla on otettu käyttöön tarkastajien osastojenvälinen ristiinkoulutus helpottamaan tarkastajien siirtoja osastojen välillä työkuorman mukaan. Työohjeet on laadittu tukemaan tätä prosessia. Työohjeen avulla osastoa vaihtaessa tarkastaja kykenee nopeasti aloittamaan tarkastusprosessin ja saa yleiskuvan kyseisen osaston työkäytännöistä.

Keskusten tarkastus pohjautuu pääosin tällä hetkellä yksittäisten tarkastajien ammattitaitoon ja perimätietoon. Työohjeiden avulla pidetään tarkastajat ammattitaitoisina, henkilöstön vaihtuvuudesta huolimatta. Uusien tarkastajien perehdytys tehostuu ja henkilökohtaisen opastuksen tarve pienenee, vapauttaen vanhemmat tarkastajat tekemään itsenäisesti töitä.

Asiakkaiden tai luokituslaitosten tehdasauditoinneissa saatetaan myös kysyä, pohjautuuko tietty tuotantoprosessi työohjeeseen. Tarkastamon osuus auditoinneissa saadaan paremmin katettua, kun osastoille löytyy erinäisten ohjeiden sijaan yksi kattava ohje.¹

¹ Osastopäällikön haastattelu. 10.2.2023.

1.2 Työn rajaus

VEOlla on useita osastoja, joista tämän työn kohteiksi on valittu NXC ja VEDA Drives, koska niiden tuotteet vastaavat eniten toisiaan, sillä molemmat tekevät pienjännitekeskuksia taajuusmuuttajakäyttöihin.

Työohjeita tehdessäni suurin osa ajasta kului pääasiassa tiedon hankintaan, etenkin Drives-työohjeen osalta rajallisen työkokemukseni takia. Pääosan tiedosta sain kerättyä haastatteleamalla muita tarkastajia, sekä tutkimalla aikaisempia työohjeita. Tutustuin myös IEC 61439-1- ja IEC 61439-2 -standardeihin, joihin molempien osastojen keskuksat pohjautuvat.

1.3 Yritysesittely

VEO Oy on vuonna 1989 Vaasassa perustettu yritys, joka valmistaa sähkönjakelu ja valvontalaitteita. Päätoimialana on automaatio-, käyttö- ja sähkönjakeluratkaisujen kehittäminen, suunnittelu ja valmistus energia- ja prosessiteollisuudelle.²

Pääkonttori ja tehdas sijaitsevat Vaasassa (**Kuva 1.**) ja yrityksellä on myös tytäryhtiöitä Ruotsissa, Norjassa sekä Isossa-Britanniassa. Vuonna 2021 VEO Oy:n liikevaihto oli 124,8 miljoonaa euroa ja yritys työllisti 500 henkilöä.³



Kuva 1. VEO Oy pääkonttori ja kojeistotehdas

² Sippola, H. 2017. VEO:n tarina. Vaasa

³ Veo.fi

2 NXC-KESKUKSET

VEOlla on oma tuotantolinja ja tarkastamo NXC-pienjännitekojeistoille. Keskukset ovat Danfossin tuotteita ja ne on suunniteltu taajuusmuuttajakäyttöihin. VEO Oy toimii alihankkijana ja rakentaa ja testaa keskukset. Keskukset suunnitellaan kahdelle jännitetasolle 380–500 V tai 525–690 V ja 110–2350 kW nimellistehoon. Nimellisvirta on 125–2700 A. Kotelointiluokat ovat IP21 ja IP54. Kaikki keskukset ovat ilmajäähdytteisiä. Keskukset on rakennettu ja testattu IEC 61439-1 ja IEC 61439-2 vaatimusten mukaan.⁴

NXC-keskuksia (**Kuva 2.**) on tietty määrä vaihtoehtoisia malleja, joihin kaikki keskukset pohjautuvat. Näihin on asiakkaan mahdollista pyytää vakioituja optioita, tai täysin räätälöityjä erikoisratkaisuja tarpeen mukaan. Yleisiä käyttökohteita ovat pumput, tuulettimet, teollisuuden hissit, liukuhihnat ja kompressorit. Laivatilauksia varten NXC:llä on marine -optio. Marine-keskuksissa on yleisesti luokituslaitoksen sertifikaatti, mikä tarkoittaa tarkastamon osalta, että HV-testi ja toiminnallinen testi esitellään luokituslaitokselle.

⁴ Danfoss A/S 2019. VACON NXP – NXC -esite.



Kuva 2. Tyypillinen NXC-keskus

3 VEDA DRIVES-KESKUKSET

VEDA Drives -tuotantolinja valmistaa kahta VEOn tuotetta: VEDA Drives- ja VEDA Marine -pienjännitekeskuksia (**Kuva 3.**). Molemmat käyttävät samaa runkorakennetta ja rungot valmistetaan erillisellä runko-osastolla. Tuotteilla on myös yhteinen viimeistely ja tarkastamo. Keskukset on tarkoitettu taajuusmuuttajakäyttöihin, mutta voivat sisältää myös normaaleja moottorilähtöjä. Marine -keskukset tehdään laivakäyttöihin ja niissä on usein vaatimuksena luokituslaitoksen kanssa toteutettava HV-testi ja FAT-tehdastarkastus.

Maksimiminimellisjännite 690 V, maksiminimellisvirta on 5000 A. Keskuksia rakennetaan sekä ilma- että nestejäähdytteisinä. Ilmajäähdytteisenä maksimiteho on 2100 kW ja nestejäähdytteisenä 6500 kW. Kotelointiluokat ovat IP21 – IP54. Keskuksia on saatavissa vakioituina malleina, sekä asiakkaan erikoistarpeiden mukaan suunniteltuina.⁵

VEDA-tuote on tyyppitestattu SGS FIMKOn toimesta sekä Helsingin teknillisessä korkeakoulun laboratoriossa ja täyttävät IEC 61439-1- ja IEC 61439-2 -standardit. Testausta on myös laajennettu täyttämään erillisten asiakasryhmien ja kansallisuksien omat vaatimukset.⁵

⁵ VEO Oy 2020. VEDA pienjännitekojeistot -esite.



Kuva 3. Esimerkki Drives-keskuksesta

4 TARKASTAMON TYÖNKUVAUS

Keskuksen valmistuttua tuotannon viimeistelyssä, se tuodaan aidatulle tarkastamoalueelle. Tarkastajan työ koostuu pääasiassa visuaalisesta tarkastuksesta, mekaanisesta tarkastuksesta, HV-testistä, toiminnallisesta testistä sekä loppudokumentaatiosta. Yksi VEOn eduista asiakkaan näkökulmasta on laadukas tarkastusprosessi, jonka ansiosta keskuksia reklamoidaan huomattavan vähän.

Tarkastajat ottavat kantaa tuotannossa ilmeneviin projektikohtaisiin ongelmiin ja viimekädessä ovat yhteydessä suunnitteluun, mikäli kyseinen asia vaatii sähkökuvien muokkausta. Usein myös tuotannon sovelletut asennusratkaisut hyväksytään ensin tarkastamon kautta. Tarkastajat vastaavat viimekädessä siitä, että valmistuneet keskuksat ovat toimivia ja laadukkaita. Kun keskus on tarkastettu ja testiraportissa on tarkastajan allekirjoitus, on keskus valmis lähetettäväksi loppuasiakkaalle.

Tarkastajien vastuulla on myös FAT-tehdastarkastuksen suorittaminen asiakkaan kanssa, sekä HV-testien ja toiminnallisten testien suorittaminen mahdollisten luokituslaitosten tarkkailun alla. Erona tässä osastojen välillä on se, että Driveslla vaaditaan huomattavasti useammin FAT-testaus tai luokituslaitoksen testit projektille, kun taas NXC:llä niitä on vähemmän, mutta ne joudutaan usein suorittamaan ilman sähkösuunnittelijan läsnäoloa.

FAT-tehdastarkastus koostuu keskuksen rakenteen ja toiminnan esittelystä asiakkaalle tai luokituslaitokselle. Asiakkaat pyytävät usein keskuksiin viimehetken muutoksia nähtyään keskuksat paikan päällä ja näiden muutosten toteutus ja suunnittelu on usein tarkastajien vastuulla.

5 TYÖOHJEEN TARVE

VEOlla on tarvetta tehdä siirtoja tarkastamojen välillä vaihtelevien työkuormien vuoksi, mutta osastojen tuotteet ja työkäytännöt eroavat toisistaan, mikä hankaloittaa siirtojen tekemistä. Tarkastamoissa on otettu käyttöön osastojenvälinen ristiinkoulutus tukemaan näitä siirtoja.

Työohjeen avulla kynnys tarkastajien siirtojen tekemiseen laskee ja työkuormia saadaan tasattua osastojen välillä ja näin varmistetaan, että keskuksat saadaan tarkastettua aikataulussa. Kiire ja stressi vähenee, ja epäsuorana vaikutuksena tarkastajien virheet laskevat. Osastoja vaihtaessa tarkastaja kykenee työohjeen avulla aloittamaan nopeasti tarkastusprosessin, riippumatta siitä kuinka tuttuja osaston työkäytännöt ovat. Siirtyvät tarkastajat eivät vaadi niin paljon henkilökohtaista opastusta vanhemmilta tarkastajilta, vapauttaen heidät tekemään itsenäisesti töitä, eli näin saadaan kiiretilanteessa nostettua tarkastamon kapasiteettia.

Uudet tarkastajat oppivat tarkastustyön perusteet tiettyyn pisteeseen asti itsenäisesti työohjeen avulla. Keskusten tarkastus on monikohtainen prosessi ja tämän vuoksi se on uudelle tarkastajalle haaste muistaa ja toteuttaa kaikki kohdat työn vaatimusten mukaisesti. Työohjetta on helppo käyttää muistilistana ja varmistuksena työvaiheen toteutuksessa, mikä vähentää muistin ja perimätiedon varaan pohjautuvaa työntekoa.

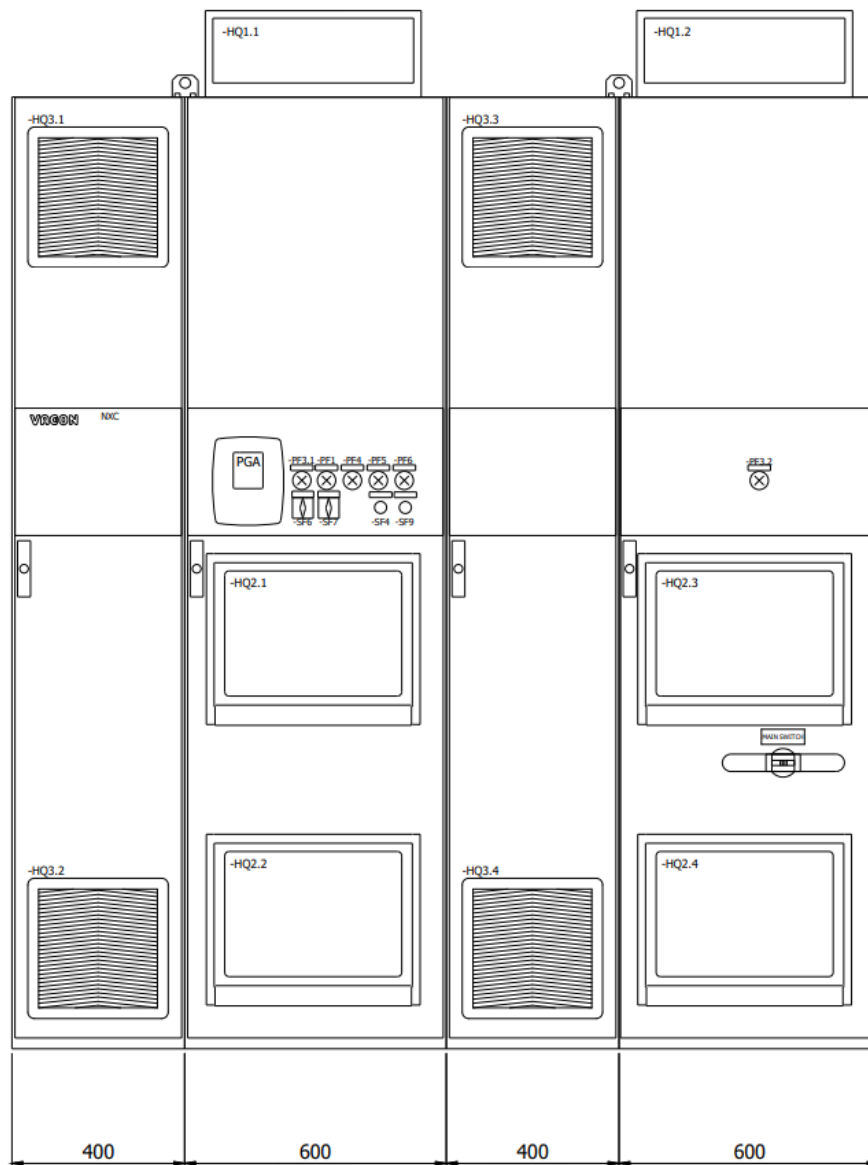
Tehtaan auditoinneissa voidaan myös varmistua, että tarkastamon työprosessit tehdään yhtenäisten ohjeiden mukaan, joihin voidaan myöhemmin referoida tarpeiden mukaan.

6 NXC-TYÖOHJE

Työohjeessa (**Kuva 4.**) on käsitelty kaikki tarkastuksen työvaiheet toteutusjärjestyksessä. Tietyt työvaiheet kuitenkin vaativat projektikohtaisesti soveltamista ja näihin kohtiin on annettu avustava ohjeistus, jonka avulla tarkastaja saa yleiskuvan työvaiheesta. Esimerkkinä tästä on optiona tulevat oheislaitteet, joihin ei voida suoraa ohjeistusta antaa, koska niitä ei ensinnäkään aina esiinny keskuksissa ja niiden kytkennät saattavat olla erilaisia. NXC työohjeessa käsitellään työvaiheet enemmän keskuksen mallin mukaisesti kuin Drivesn ohjeessa, koska NXC-keskukset ovat keskimäärin vakioidumpia.

1	HV-testi.....	2
1.1	HV valmistelut.....	2
1.2	HV-testilaitteen käyttö.....	4
1.3	HV-testin asetukset ja kytkennät.....	5
1.4	HV-testin jälkeen.....	6
2	Visuaalinen ja mekaaninen tarkastus.....	7
2.1	Tarkastuksen aloittaminen.....	7
2.2	Keskuksen tarkastus.....	9
2.3	Keskusten tyyppikohtaiset vaatimukset.....	11
3	Testaus valmistelut.....	12
3.1	Testikeskuksen käyttö.....	14
3.2	Oheislaitteiden testaaminen.....	16
3.3	Paneelin käyttö.....	17
4	Sähköllä testaus.....	18
4.1	FR keskusten testaus.....	18
4.2	AFE keskusten testaus.....	19
5	Dokumentaatio.....	25
5.1	Testiraportin täyttäminen.....	27
5.2	Tarrojen täyttäminen.....	29
6	Loppuviimeistely.....	32

Kuva 5. NXC-työohjeen sisällysluettelo



Kuva 6. NXC-keskuksen layout

6.1 HV-testi

Eroten Drivesn ohjeesta, NXC:n tarkastusprosessi alkaa HV-testillä, joka suoritetaan jo tuotannon viimeistelyssä, ennen keskuksen siirtoa tarkastamoon. Tämä on mahdollista, koska keskuksat ovat fyysisesti pienikokoisempia, joten testausalueen turvallisuus on realistisemmin taattavissa ja testien valmistelut ovat pienitöisempiä.

HV-testi koostuu eristysvastusmittauksesta ja jännitekokeesta. Jännitekoe toteutetaan vaihtojännitteellä ja siinä mitataan vuotovirran arvoa milliampeereissa. Jännitekokeen tarkoitus on testata virtapiirin jännitteensietokykyä ja varmistaa vuotovirran arvoa tarkkailemalla, että eristyskäisyydet ovat riittävät. Jännitekoe saattaa vaurioittaa testattavien virtapiirien laitteita ja tämän estämiseksi on tietyt laitteet erotettava testien ajaksi. Vaurioiden ehkäisemiseksi testijännitettä täytyy myös vaihtaa testattavan piirin mukaan.

Eristysvastusmittaus toteutetaan tasajännitteellä ja siinä mitataan kahden vaiheen välistä vastusarvoa. Tällä varmistutaan keskusten eristyskäisyyksien riittävydestä. Eristysvastusmittaus ei vaurioita testattavia laitteita, joten sen testiasetukset ovat normaalista vakiot. HV-testauksella voidaan myös saada kiinni tuotannossa ilmeneviä virheitä, jos huomataan että testit eivät mene läpi.

Työohjeen HV-testi-osiossa opastetaan kaikki HV-testin vaiheet: testilaitteen käyttö, testiasetukset, testikytkennät, sekä testausalueen valmisteleminen ja purkaminen. Ohjeen avulla tarkastaja kykenee suorittamaan testit itsenäisesti ja täyttämään IEC 61439-1 standardin jännitekokeen vaatimukset⁶.

⁶ SFS-EN IEC 61439-1:2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset

6.2 Visuaalinen ja mekaaninen tarkastus

Keskuksen visuaalinen ja mekaaninen tarkastus kattaa kaikki tarkastuksen työvaiheet, ennen toiminnallista testausta. Näihin työvaiheisiin täytyy tarkastajan selvittää keskuksen malli ja lisäoptiot. Työohjeessa kerrotaan mistä projektin sähkökuvat ja muut lisäohjeet löytyvät ja miten näistä etsitään tarvittavat tiedot.

Visuaalisen osuuden merkittävin kohta on tarkastaa, että keskuksen kojeet vastaavat osaluetteloa. Kojee tulee olla merkattuna kojettunnuksella ja asennettuna layout-kuvan (**Kuva 7.**) mukaisesti. Kotelointiluokitus on yksinkertaista tarkastaa silmämääräisesti NXC-keskuksissa, sillä keskuksia valmistetaan yleisesti vain IP21 ja IP54 -luokituksilla ja näihin löytyy vakioit IEC 614391-standardin täyttävät tiivistysratkaisut. Kaapeloinnin ja kiskojen merkinnät tulee vasta piirikaavioita ja asiakkaan liityntäpisteiden läpiviennit ja kaapelisidonta tarkastetaan. Keskuksen kaikki virtapiirit piipataan yleismittarilla piirikaavioiden mukaan. Kaikkiin edellä mainittuihin kohtiin löytyy ohjeistus työohjeesta.

Mekaaninen tarkastus on NXC-keskuksissa lyhyt työvaihe. Työohjeen avulla tarkastaja oppii tarkastamaan keskuksista yleiset mekaaniset ominaisuudet, mutta perusrakenteen oikeellisuuden toteaminen vaatii työkokemusta. Tämä on kuitenkin vakioitujen rakenteiden takia nopeasti opittavissa. Keskuksista tarkastetaan kytkimien kahvojen toiminta, sekä ovien, tuulihakojen ja lukkojen toimivuus. IEC 614391-1 ohjeistaa tarkastamaan pulttiliitokset satunnaisotannalla, mutta VEOlla kokeillaan kaikki liitokset, joihin pääsee käsiksi⁷.

⁷ SFS-EN IEC 61439-1:2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset

6.3 Toiminnallinen testi

Toiminnallinen testi toteutetaan syöttämällä testattavaa keskusta tarkastamon testikeskuksen (**Kuva 8.**) syötöillä. Testikeskuksessa on kaksi pääjännitesyöttöä ja apujännitesyötöt. Oheislaitteiden, kuten kaappivalaisimien, merkkivalojen, lämmittimien tai tuulettimien toiminta testataan sähköisesti aina kun se on mahdollista.

Taajuusmuuttajat parametroidaan siten että, kaikki taajuusmuuttajan ohjausyksikköön kytketyt oheislaitteet (esim. nokkakytkimet, merkkivalot) saadaan testattua ja taajuusmuuttaja saadaan käynnistettyä sekä sammutettua, ja että sillä on mahdollista suorittaa testimootorilla kuormitustesti. Työohje palvelee hyvin NXC:llä tässä vaiheessa, sillä perusmalleissa on aina samat oheislaitteet, joten taajuusmuuttajan parametointi voidaan työohjeessa opastaa yksityiskohtaisesti. Mikäli keskuksessa on optioina perusmalleista poikkeavia laitteita, joudutaan mahdollisesti käyttämään työohjetta soveltavana apuna parametroinnissa.

Työohjeessa käsitellään testikeskuksen käyttö, testikytkennät, taajuusmuuttajien parametointi ja testauksen aikainen yleisturvallisuus. Yleisemille keskusmalleille on annettu suorat ohjeet, joissa käydään läpi vaihe vaiheelta niiden oheislaitteiden testaus ja taajuusmuuttajien parametointi. Seuraamalla ohjetta tarkastaja kykenee suorittamaan yleisimpien keskusmallien toiminnallisen testin itsenäisesti alusta loppuun. Harvinaisempia keskusmalleja ja lisäoptioita varten on työohjeessa annettu yleisohjeistus.



Kuva 9. Testikeskus

6.4 Dokumentaatio ja loppuviimeistely

Jokaiseen tarkastettuun keskuksen täytetään testiraportti ja tulostetaan arvokilvet. Keskukset myös valokuvataan ja riippuen keskuksen lisäoptioista, voidaan mahdollisesti joutua tekemään lisäyksiä tai täsmennyksiä raporttiin tai arvokilpiin. Keskusten dokumentaatiosta ei kykene uusi tarkastaja selviämään ilman opastusta, sillä hän ei tiedä missä tiedostot sijaitsevat tai mistä keskuksen tiedot löytyvät testiraporttiin tai arvokilpiin. Työohje palvelee tehokkaasti tässä vaiheessa, koska siitä on mahdollista seurata vaihe vaiheelta, mitä kuhunkin täytettävään kohtaan tulee kirjoittaa ja mistä kyseinen tieto löytyy. Työohjeessa myös kerrotaan mitä kohteita keskukselta tulee valokuvata.

Tarkastaja on vastuussa siitä, että keskus on valmis lähetettäväksi tehtaasta maailmalle. Tämä työvaihe koostuu logistiikkaa varten tulostettavista lomakkeista, keskuksen siisteyden varmistamisesta, tarvikelavan tarkastuksesta ja kosketussuojien asentamisesta. Tarvikelavalta lasketaan, että siellä on kaikki tarpeellinen materiaali. Tarvikelavalle ja keskukseseen joudutaan usein myös lisäämään erinäisten kuljetusta varten irrotettavien osien ohjeita. Työohjeen avulla tarkastaja varmistuu siitä, mitä välineitä, asennusohjeita ja lomakkeita lavalle ja keskukseseen tarvitaan ja mistä kyseiset kohdat löytyvät

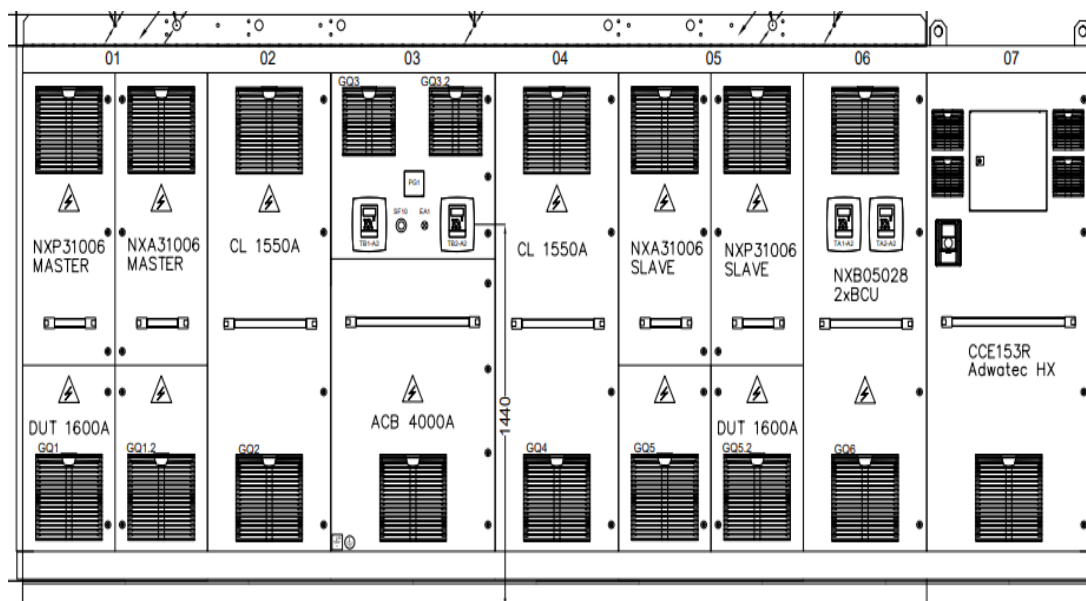
7 DRIVES-TYÖOHJE

Vaikka osastojen tuotteet ja tarkastusperiaatteet ovatkin samankaltaisia, tarvitaan silti erilliset työohjeet, koska käytännössä tarkastusprosesseissa on kuitenkin riittävästi eroavaisuuksia. Tässä osuudessa keskitytään lähinnä näihin eroihin, eikä niinkään NXC-osuudessa jo käsiteltyihin kohtiin.

Drivesn käyttämä VEDA 5000 runkorakenne on modulaarinen ja keskusten vakiointi vaihtelee projektikohtaisesti enemmän kuin NXC:llä ja tästä syystä työohje (**Kuva 10.**) ei kykene kattamaan kaikkien keskusmallien kaikkia työvaiheita yhtä yksityiskohtaisesti. Sen sijaan työohjeessa käydään läpi yleisesti toistuvat työvaiheet ja annetaan ohjeistus soveltamiseen harvinaisempien keskusmallien kanssa.

1	Tarkastuslista.....	2
2	Yleisiä ohjeita.....	6
3	HV-testi.....	8
3.1	HV valmistelut.....	8
3.2	HV-testilaitteen käyttö.....	8
3.3	HV-testin asetukset ja kytkennät.....	10
4	Painekoe.....	11
5	Sähköllä testaus.....	13
5.1	Testausvalmistelut.....	13
5.2	Paneelin käyttö.....	14
5.1	Testikeskuksen käyttö.....	15
5.2	Keskuksen testaus.....	17
6	Testiraportti.....	21
7	Loppuviimeistely.....	23

Kuva 11. Drives-työohjeen sisällysluettelo



Kuva 12. Drives-keskuksen layout

7.1 Tarkastuslista

Drivesn tarkastamossa käytetään tarkastuslistoja, joihin tarkastaja kirjaa työvaiheet tehdyksi. Listan täyttämiseen löytyy vanha ohje, mutta se on sekava, eikä käsitä kaikkia listan kohtia. Aikaisemmassa ohjeessa on kerrottu hyvin mitä IEC standardit vaativat keskuksen tarkastamiselta, mutta se ei ole kovin hyvä ohje käytännön tarkastustyössä. Siinä myös referoidaan turhan paljon toisiin dokumentteihin, kun taas uudessa työohjeessa on kaikki ohjeistukset kasattu yhteen dokumenttiin.

Työohjeessa käydään läpi kaikki tarkastuslistan kohdat ja niihin liittyvät mahdolliset projektikohtaiset huomiot. Tarkastuslista kattaa keskuksen visuaalisen, mekaanisen, ja sähköisen tarkastuksen sekä HV-testin. Tarkastuslistoissa ei kuitenkaan ole kaikkia tarkastustyön kannalta olennaisia seikkoja. Nämä kohdat on erikseen käsitelty työohjeessa otsikossa Yleisiä ohjeita.

Driveslla on käytössä myös projektikohtainen asennusohje, johon referoidaan keskusta tarkastaessa. Työohjeessa on tarkastuslistan kohdissa kerrottu, mikäli asennusohjeesta saattaa löytyä kyseiseen kohtaan erityisohjeistus. Tämä helpottaa tarkastuslistan täyttämistä, kun tarkastajan ei tarvitse opetella ulkoa koko asennusohjetta ennen tarkastuksen aloittamista.

Visuaalisessa osuudessa on useita kohtia, mitä ei NXC-keskuksissa esiinny, eli tähän kohtaan työohje soveltuu hyvin avustamaan NXC:ltä siirtyviä asentajia. Projektin asennusohjeessa on useita mainintoja visuaalisesta osuudesta, esim. keskuksen tarrojen ja kojettunnusten vaatimuksista, mutta nämä on jaettu moneen eri kohtaan ja on usein selitetty ajatellen kokeneita tarkastajia. Työohjeiden avulla saadaan selitettyä auki näitä kohtia.

Mekaaninen tarkastus on Drives keskuksissa työläämpi osuus kuin NXC:llä, keskusten fyysisen koon ja runkorakenteen modulaarisuuden takia. Keskusten kokonaismitat ja yksittäisten kenttien koko ja sisältö täytyy varmistaa layout-kuvasta (**Kuva 13.**). Nestejäähdytteisten keskusten putkiliitokset, sekä kuljetuskatkojen väistöt ja kytkennät on myös mitattava. Laitteiden kiinnitysten tarkastaminen on myös pidempi työvaihe, koska keskuksset ovat modulaarisia, joten vakio kiinnitystapoja ei aina voida käyttää. Pelkkä mekaaninen tarkastus on niin monikohtainen osuus Driveslla, että työohje on tarpeen selkeyttämään tarkastuslistan kohtia.

7.2 HV-testi ja toiminnallinen testi

Keskukset HV-testataan tarkastamossa, yleensä visuaalisen ja mekaanisen tarkastuksen jälkeen. Testi on periaatteeltaan sama kuin NXC:llä, mutta Driveslla on tiettyjä osastokohtaisia käytäntöjä, joiden takia työohje eroaa tässä kohdassa NXC:n ohjeesta. Esimerkiksi NXC:n keskuksissa ei ole N, tai PEN kiskoja, eli Drives:n ohjeesta täytyy löytyä ohjeistus myös näiden testaukseen.

Toiminnallinen testi toteutetaan samalla periaatteella kuin NXC:llä, eli lyhyesti: parametroidaan taajuusmuuttajat, testataan oheislaitteet ja pyöritetään moottoria taajuusmuuttajan kautta. Driveslla ei ole mallikohtaisia parametrejä taajuusmuuttajille toisin kuin NXC:llä, mutta projektikohtaisesti saattaa löytyä suunnittelijan laatimat valmiit parametrit. Usein taajuusmuuttajat joudutaan kuitenkin itse parametroidaan. Parametointiin löytyy yleisohjeistus työohjeesta, jossa on esimerkkejä piirikaaviosta ja ohjeistus parametrien asettamiseen.⁸

Nestejäähdytteisiin keskuksiin joudutaan suorittamaan painetesti ennen toiminnallista testiä. Testi toteutetaan yhdistämällä kuljetuskatkojen putkistot ja kierto-vesipumppu. Työohjeessa on opastus prosessista kattaen: putkiliitokset, valumakohdat, jäähdytinneste, ja painekoe. Tämä osuus on erityisen hyödyllinen NXC:ltä siirtyville asentajille, koska kaikki NXC-keskukset ovat ilmajäähdytteisiä.

Keskusten modulaarisemman luonteen takia, tarkastaja ei kykene suoraan työohjeen avulla vaihe vaiheelta suorittamaan toiminnallista testiä. Ohjeessa on kuitenkin käsitelty jokainen toiminnallisen testin vaihe ja käyty kohta kohdalta läpi yleisimmät tapaukset. Keskusten loppudokumentaatioon tarvitaan erilliset ohjeet osastoille, sillä Danfossin testiraportti ja arvokilvet eroavat VEO:n vastaavista.

⁸ Tarkastajan haastattelu. 19.5.2023

8 YHTEENVETO

VEOlla on otettu käyttöön tarkastamossa osastojen välinen tarkastajien ristiin koulutus, eli työkuorman salliessa lainataan henkilöstöä vapaammin osastolta toiselle. Opinnäytetyöni aihe syntyi tämän pohjalta. VEOlla on myös ruvettu dokumentoimaan laajemmin työprosesseja sähköiselle VEOWiki alustalle, jonne myös liitteenä olevat työohjeet ladataan.

Opinnäytetyön haastavin osuus oli tutustua Drives-osaston keskuksiin ja työkäytäntöihin ja kirjoittaa tämän perusteella Drivesille sekä NXC:lle samat periaatteet käsittävät, mutta kuitenkin osastokohtaisesti räätälöidyt työohjeet. Oma ammatiosaamiseni laajeni huomattavasti tutustuttaessa toisen osaston keskuksiin ja työkäytäntöihin. Työohjeen tukema ristiin koulutus tulee tukemaan myös tarkastajia oman osaston töissä, antamalla laajemman kuvan tarkastamossa vastaan tulevista työtilanteista.

Koska tarkastajan työ VEOlla kattaa niin laajan alueen, toinen haastava osuus oli muotoilla työohjeiden rakenne ja päättää mihin kohtiin kussakin ohjeessa painotetaan. Päädyin NXC ohjeessa työjärjestyksen mukaan organisoituun rakenteeseen, jossa kerrotaan vaihe vaiheelta toimenpiteet. Drives-ohjeessa päädyin taas vapaamuotoisempaan rakenteeseen, missä otetaan huomioon osaston NXC:stä eroavat työkäytännöt. Työohjeen ulkoasun pitäminen selkeänä, varsinkin uuden tarkastajan näkökulmasta, täytyi myös pitää jatkuvasti mielessä ohjeita tehdessä.

Yksi työohjeen tavoitteista oli vähentää tarkastamon henkilökohtaisen opastuksen tarvetta. Työohje saavuttaa tämän tavoitteen paremmin NXC-osastolla, vakoitujen kaappimallien takia. NXC:llä tarkastaja kykenee itsenäisesti suoriutumaan työvaiheista pidemmälle ohjeen avustamana, kun taas Drivesilla vaaditaan enemmän soveltamista. Toisaalta Drivesilla on suurempi tarve tämän takia työohjeelle ja palvelee sielläkin vähentämällä henkilökohtaisen opastuksen taakkaa.

Opinnäytetyön myötä tutustuin IEC-standardeihin, joita VEOlla keskusten tuotanto- ja tarkastusprosessit noudattavat. Tämä avasi hyvin, että mistä tarkastuksen säännöt ja vaatimukset on juonnettu, sekä avasi vaihtoehdon referoida ongelmatilanteessa suoraan standardiin, missä kyseinen kohta esiintyy. Standardien päivitys luo työohjeelle jatkuvan päivitystarpeen. Tämä yhdistettynä tuotteiden ja työtapojen päivitykseen tarkoittaa sitä, että työohjeiden kehityksestä tulee jatkuva prosessi.

LÄHTEET

Osastopäällikön haastattelu. 10.2.2023.

Sippola H. 2017. VEOn tarina. Vaasa

Veo.fi Viitattu 15.1.2023

<https://veo.fi/fi/tietoa-meista/yritys/>

Danfoss A/S 2019. VACON NXP – NXC -esite. Viitattu 10.3.2023

https://files.danfoss.com/download/Drives/DKDDPB905A202_NXP_NXC_LR.pdf

VEO Oy 2020. VEDA pienjännitekojeistot -esite. Viitattu 10.3.2023

https://veo.fi/wp-content/uploads/2022/06/VEO_Veda_040220.pdf

SFS-EN IEC 61439-1:2022. Pienjännitekeskukset. Osa 1: Yleisvaatimukset

Tarkastajan haastattelu. 19.5.2023