

PIENJÄNNITEASENNUSTEN
KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUKSET V117 - V126 MK2
TUULITURBIINEISSA

Polet Antti

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Sähkötekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Antti Polet	Vuosi	2018
Ohjaaja	DI Jaakko Etto Jouni Tiala		
Toimeksiantaja	Vestas Finland Oy		
Työn nimi	Pienjännitesennuksien käyttöönottomittaukset V117 – V126 MK2 tuuliturbiineissa		
Sivu- ja liitesivumäärä	33 + 24		

Ennen rakennuksen sähköjärjestelmien tai sähkölaitteen käyttöönottoa sille on tehtävä käyttöönottotarkastus, joka sisältää mittauksia, toiminnallisia kokeita sekä aistinvaraisia tarkastuksia. Käyttöönottotarkastuksilla varmistetaan sähköasennusten täyttävän niille asetetut turvallisuusvaatimukset.

Työn tarkoituksena oli tehdä Vestas Finland Oy:lle selkeät ohjeet ja mittauspöytäkirja pienjänniteasennuksien käyttöönottotarkastuksille V117 & V126 MK2 turbiineissa. Työohjeilla pyritään yhtenäistämään käyttöönottomittausten suoritustapa ja dokumentointi.

Lähtökohtana mittauspöytäkirjalle oli muokattavuus, jolloin se voidaan helposti muuttaa sopivaksi myös muille turbiiniversioille. Käyttöönottotarkastusohjeiden tavoitteeksi asetettiin selkeys sekä looginen mittausjärjestys, jolloin kuka tahansa tehtävään pätevä henkilö voi suorittaa käyttöönottotarkastukset ohjeiden avulla.

Aluksi tarkasteltiin tuulivoimaa sekä modernin tuulivoimalan toimintaa ja rakennetta. Sitten käsiteltiin käyttöönottotarkastuksiin liittyviä mittauksia ja lainsäädäntöä. Seuraavaksi tarkasteltiin työssä käytetyn asennustesterin tärkeimpiä toimintoja. Lopuksi esiteltiin käyttöönottotarkastusohjeiden ja mittauspöytäkirjan kehitysvaiheet.

Lopputulokseksi saatiin ohjeet ja mittauspöytäkirja pienjänniteasennuksien käyttöönottotarkastuksille V117 & V127 MK2 turbiineille. Ohjeiden toimivuus käytiin toteamassa tekemällä käyttöönottotarkastus ohjeita noudattaen.

Avainsanat
Muita tietoja

tuulivoima, käyttöönottotarkastukset, asennustesteri
Työhön sisältyy luottamuksellinen osuus

Technology, Communication and Transport
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Antti Polet	Year	2018
Supervisor	Jaakko Etto, M.Sc.		
Commissioned by	Vestas Finland Oy		
Subject of thesis	Commissioning inspection of low voltage installation V117 – 126 MK2 turbines		
Number of pages	33 + 24		

A commissioning inspection, which includes measurements, functional tests and organoleptic checks, must be carried out before electrical installation or electrical device can be put into service. The commissioning inspection ensures that electrical installations meet the safety requirements.

The purpose of this work was to create clear instructions and inspection record for the low voltage installations of Vestas V117 & V126 MK2 wind turbines. The aim was to standardize the technique and documentation of the commissioning inspection.

The main goal for the inspection record was formability, whereupon it can easily be modified suitable for other wind turbine versions as well. The goal of the commissioning inspection instructions was consistency and logical measuring sequence, which allows any qualified person to perform the commissioning inspections by means of the instructions.

Initially, wind power and the structure of the modern wind turbine were examined. Next topic was commissioning inspections and related legislation. Then most important functions of the installation tester were reviewed. Finally, the development phases of the instructions and inspection record were introduced.

The results for this thesis were the instructions and the inspection record for the commissioning inspection for Vestas V117 & V127 MK2 wind turbines. The functionality of the instructions was tested in practice by performing the commissioning inspection according the instructions.

Key words wind power, commissioning inspection, installation tester

Other information the thesis contains confidential part

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	VESTAS WIND SYSTEMS A/S	9
3	TUULIVOIMA.....	10
3.1	Yleistä tuulivoimasta	10
3.2	Tuulivoimalan rakenne.....	11
3.3	Vestas V117 & V126.....	13
4	KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET	14
4.1	Aistinvarainen tarkastus.....	14
4.2	Suojajohtimen jatkuvuusmittaus	15
4.3	Eristysresistanssin mittaus	16
4.4	Syötön automaattisen poiskytkennän testaus.....	17
4.5	Vikavirtasuojan toiminnan testaus	19
4.6	Napaisuus.....	19
4.7	Kiertosuunnan tarkastus	19
4.8	Toimintatestit	19
4.9	Jännitteenalenema.....	20
4.10	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja	20
5	ASENNUSTESTERIN KÄYTTÖ	22
5.1	Testijohtimien kalibrointi	22
5.2	Jännitteen ja taajuuden mittaaminen.....	22
5.3	Eristysresistanssin mittaaminen	23
5.4	Jatkuvuuden mittaaminen.....	23
5.5	Silmukkaimpedanssin mittaaminen	24
5.5.1	Vikavirtapiirin impedanssin ja vikavirran mittaaminen ei- laukaisutilassa.....	24
5.5.2	Vikavirtapiirin impedanssin ja vikavirran mittaus laukaisutilassa....	25
5.6	Vikavirtasuojaimen laukaisuajan mittaaminen	25
5.7	Vikavirtasuojan laukaisuvirran mittaaminen.....	26
5.8	Vaihejärjestyksen mittaaminen.....	27
6	MITTAUKSET KOHTEESSA	28

7 OHJEIDEN JA MITTAUSPÖYTÄKIRJAN KEHITTÄMINEN.....	29
8 POHDINTA.....	31
LÄHTEET.....	32
LIITTEET.....	34

ALKUSANAT

Kiitän DI Jaakko Ettoa työni ohjauksesta ja työnantajaani mahdollisuudesta tehdä tämä työ. Kiitos Jouni Tiala, Tiina Rissanen, Jouni Lund, Johnny Wik sekä Risto Soppela avustuksesta, ohjaamisesta ja tarkastamisesta. Lisäksi kiitän perhettäni, ystäviäni ja Kalajoen toimipisteen henkilökuntaa tuesta ja kannustuksesta. Erityiskiitos Joni Päivärinnalle työn tuloksena syntyneiden ohjeiden testaamisesta käytännössä

Kalajoella 12.1.2018

Antti Polet

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

Naselli	tuulivoimalan konehuone
Hub	tuulivoimalan napa
Yaw-kehä	tuulivoimalan kääntökehä
SFS	Suomen standardoimisliitto
Ω	Ohmi, resistanssin yksikkö
TN-S	jakelujärjestelmä, jossa erillinen nolla ja suojamaa
V	volti, jännitteen yksikkö
SELV	maasta erotettu pienoisjännitejärjestelmä
PELV	pienoisjännitejärjestelmä, missä toisiopuolen napa voi olla maadoitettuna
A	Ampeeri, sähkövirran yksikkö
DC	tasavirta
L	vaihejohdin
N	nollajohdin
PE	suojamaa
ECC	energy control coordinator

1 JOHDANTO

Ennen rakennuksen sähköjärjestelmien tai sähkölaitteen käyttöönottoa sille on tehtävä käyttöönottotarkastus, joka sisältää mittauksia, toiminnallisia kokeita sekä aistinvaraisia tarkastuksia. Käyttöönottotarkastuksilla varmistetaan sähköasennusten täyttävän niille asetetut turvallisuusvaatimukset.

Työn tarkoituksena on tehdä Vestas Finland Oy:lle selkeät ohjeet ja mittauspöytäkirja käyttöönottomittauksille V117 & V126 MK2 turbiineissa. Tavoitteena on saada ohjeet niin selkeäksi, että kuka tahansa pätevä ja tehtävään soveltuva henkilö voi suorittaa tarkastukset oikein ja turvallisesti. Työohjeilla pyritään yhtenäistämään käyttöönottomittausten suoritustapa ja dokumentointi.

Työn teoriaosassa tarkastellaan tuulivoima, sekä modernin tuulivoimalan toiminta ja rakenne. Lisäksi teoriaosassa esitellään käyttöönottotarkastuksiin liittyvät mittaukset ja lainsäädäntö. Työssä käytetyn asennustesterin tärkeimmät toiminnot on käsitelty teoriaosuudessa. Ohjeiden ja mittauspöytäkirjan kehitysvaiheet ja kehitykseen liittyvät haasteet on esitetty erillisessä kappaleessa.

Ohjeiden ja mittauspöytäkirjan toimivuus käydään testaamassa suorittamalla käyttöönottotarkastukset ohjeen mukaan ja täyttämällä työn aikana laadittua mittauspöytäkirjaa.

2 VESTAS WIND SYSTEMS A/S

Vestas Wind Systems A/S perustettiin tanskalaisessa Lemin kaupungissa 1945. Aluksi Vestjysk Stålteknik A/S nimellä kulkeva yritys valmisti kodinkoneita, maatalouskoneita, jäähdyttimiä ja hydraulisia koneita. Vestaksen valmistama ensimmäinen tuuliturbiini HVK 10 valmistui 1979. Kyseinen turbiini kykeni tuottamaan 30 kW tehon ja sen roottorin halkaisija oli 10 metriä. Vuonna 1986 Vestas teki päätöksen keskittyä pelkästään tuulivoimaan, näin Vestas Wind Systems A/S oli syntynyt. (Vestas 2018.)

Nykyään Vestas koostuu yli 22000 työntekijästä. Tuulivoimaloita Vestas on pystyttänyt yli 83 GW:n tuotantokapasiteetin edestä. Vuonna 2017 Vestaksen liikevaihto oli 10 miljardia euroa käyttökateen ollessa 12,4 %. (Vestas 2018.)

Vestas Finland Oy on osa SBU Vestas North & Central Europe (NCE) yksikköä, jonka pääkonttori sijaitsee Hampurissa. Yksikön puheenjohtajana toimii Nils de Baar. Vuoden 2018 alussa Vestas Finland Oy työllisti noin 70 henkilöä. (Vestas 2018.)

3 TUULIVOIMA

3.1 Yleistä tuulivoimasta

Tuuli syntyy maapallon epätasaisen lämpenemisen seurauksena. Maapallon muodosta sekä auringon ja maapallon keskinäisestä sijainnista johtuen lähellä päiväntasaajaa olevat alueet saavat enemmän auringon lämpösäteilyä kuin lähellä napa-alueita olevat alueet. Kuin jättimäinen lämpöpumppu, maapallo pyrkii siirtämään lämmintä ilmaa napa-alueille ja viileämpää ilmaa päiväntasaajalle. Tämä ilman kiertoliike saa aikaan tuulen. Paikalliseen tuuleen vaikuttavat myös muut tekijät, kuten maaston pinnanmuodot, maa – meri lämpötilaerot, matalapaineet ja maaston peitteisyys. (Suomen Tuulivoimayhdistys 2017.)

Tuulivoima on ilman virtaukset sisältävän liike-energian muuntamista sähköksi tuuliturbiineilla. Tuulivoima on uusiutuvaa energiaa, eikä sen tuotannossa aiheudu päästöjä ilmaan, maahan tai veteen. (Suomen Tuulienergia 2011.)

Tuulivoiman tuotannossa ajalliset vaihtelut ovat suuria. Tyynenä päivänä, kun tuulta ei ole, ei ole myöskään tuotantoa. Tämä ei kuitenkaan ole ongelma, kun tuulivoimalla tuotetaan vain osa sähköstä hajautetusti ympäri maata. Suomessa otollisinta aikaa tuulivoiman tuotannolle on talvi, jolloin tuulee eniten. (Suomen Tuulienergia 2011.)

Suuret tuuliturbiinit ovat lähes poikkeuksetta potkurimallisia kolmilapaisia laitoksia. Pyöriessään potkuri peittää pinta-alaansa nähden huomattavan suuren alan ja se kykenee tuottamaan omaan painoonsa nähden paljon tehoa. (Suomen Tuulienergia 2011.)

Tuulivoimala alkaa tuottaa noin 3 m/s tuulennopeuksilla. Tämän jälkeen tuulivoimalan tuottama teho riippuu tuulen nopeudesta aina noin 14 m/s tuulennopeuksiin asti, jonka jälkeen se saavuttaa nimellistehonsa. Turvallisuussyistä tuulivoimala lähes aina pysäytetään yli 25 m/s tuulissa, sillä sitä kovemmilla tuulennopeuksilla rakenteisiin kohdistuvat rasitukset saattavat aiheuttaa laitteiden rikkoontumisen. (Suomen Tuulienergia 2011.)

Voimalat luokitellaan nimellistehonsa mukaan. Tällä hetkellä rakennettavien tuulivoimaloiden teho on yleensä 3 – 5 MW. Tornien korkeus näillä voimaloilla on 80 – 140 metriä ja roottorin halkaisija 100 -125 metriä. (Tuulivoimaopas 2015.)

Tuulipuistoksi kutsutaan usean toisiinsa liitetyn ja sähköverkkoon kytketyn tuulivoimalan kokonaisuutta. Voimalat sijoitetaan puistoissa useiden satojen metrien päähän toisistaan. Sijoitusetäisyyteen vaikuttaa turbiinin koko, voimaloiden lukumäärä ja voimaloiden sijoituskuvio. Isojen 3- 5 MW voimaloiden etäisyys toisistaan vaihtelee 400 – 1000 metrin välillä.(Tuulivoimaopas 2015.) Kuvassa 1 Lemnhultin tuulipuisto Ruotsissa.



Kuva 1. Lemnhultin tuulipuisto. (Courtesy of Vestas Wind Systems A/S 2018.)

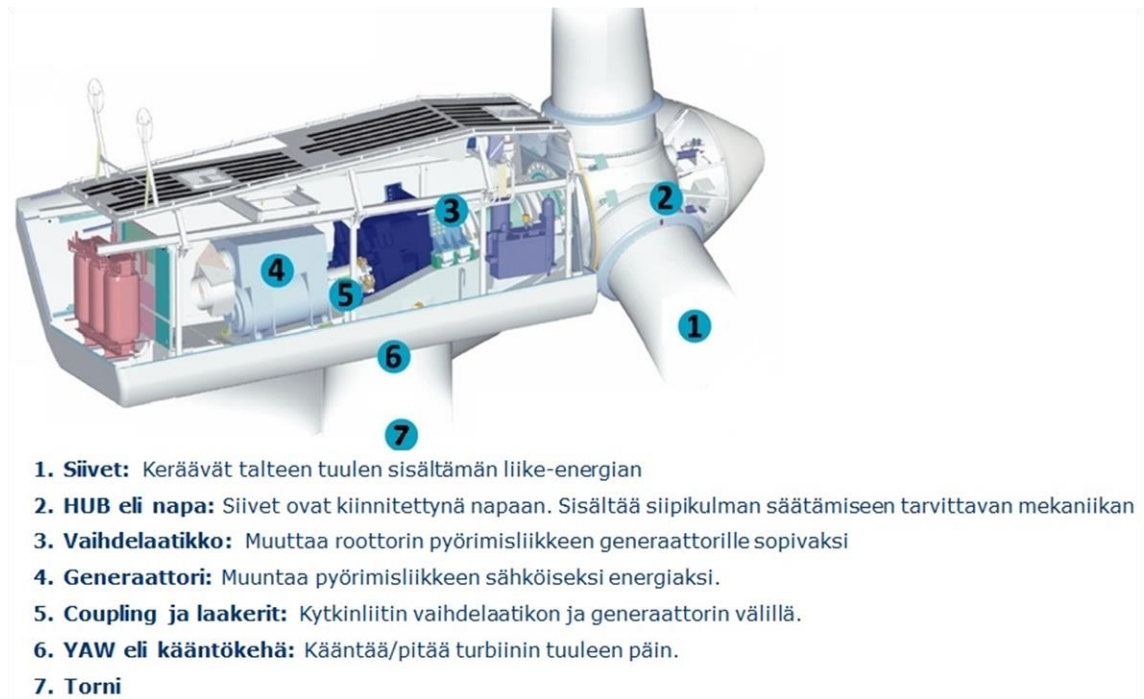
3.2 Tuulivoimalan rakenne

Eurooppalaisissa tuulivoimaloissa torni on yleensä putkirakenteinen. Materiaalina käytetään terästä, joissakin tapauksissa torni voi olla niin sanottu hybriditorni, jolloin osa tornista on betonia ja osa terästä. Torni on kiinnitetty betoniseen jalustaan tai suoraan kallioon. (Kontinen 2013.) Nykyaikaisissa tuulivoimaloissa tornin korkeus vaihtelee 80 – 140 metrin välillä (Suomen Tuulienergia 2011).

Konehuoneessa eli nasellissa sijaitsevat generaattori, vaihteisto, taajuusmuuttajat, hydrauliiikan ja jäähdytysjärjestelmän pumput sekä voimalan ohjausjärjestelmät (Motiva 2004). Konehuoneen runko on terästä ja sitä ympäröivä kuori on lasikuitua (Suomen Tuulivoimayhdistys 2017).

Roottorin lavat on kiinnitetty napaan, joka puolestaan on kiinnitetty voimalan pääakseliin. Nykyisissä isoissa voimaloissa on aktiivinen lapakulman säätö, jolloin lapojen kulmaa säädetään jatkuvasti tuulesta riippuen. Lapakulman säätö tapahtuu joko hydrauliiikan avulla tai suoraan sähkömoottoreilla. (World Wind Energy Association 2006.)

Kuviossa 1 on esitetty tuulivoimalan tärkeimmät komponentit (Marquez, Gonzalez-Carrato, Perez & Zaman 2013). Myllytyypistä riippuen muuntaja voi sijaita joko ylhäällä konehuoneessa, kuten kuvassa, tai vastaavasti alakerrassa. Suoravetoisissa turbiineissa ei tarvita vaihdelaatikkoa. (World Wind Energy Association 2016.)



Kuvio 1. Tuulivoimalan tärkeimmät komponentit. (Marquez ym 2013.)

3.3 Vestas V117 & V126

Vestas V117 ja V126 perustuvat vuonna 2010 esiteltyyn 3 MW alustaan, eikä mallien tekniikassa tai rakenteissa ole suuria eroja. Huomattavin ero on roottorin halkaisijassa, jonka mukaan Vestas myös nimeää turbiinit. Pienemmästä roottorin halkaisijasta johtuen V117 soveltuu hieman tuulisimmille alueille kuin V126. Taulukossa 1 nähdään edellä mainittujen turbiinimallien tärkeimmät ominaisuudet. (Vestas 2018.)

Taulukko 1. Vestas V117 & V126 ominaisuudet. (Vestas 2018.)

Ominaisuus	V117	V126
Nimellisteho (MW)	3,3 / 3,45	3,0 / 3,3 / 3,45
Tuotannon min. tuulennopeus (m/s)	3	3
Nimellistehon min. tuulennopeus (m/s)	~13	~12
Pysäytys, kun tuulennopeus (m/s)	25	22,5
Roottorin halkaisija (m)	117	126

4 KÄYTTÖÖNOTTOTARKASTUKSET

Ennen sähkölaitteiston käyttöönottoa sille on aina tehtävä käyttöönottotarkastus. Käyttöönottotarkastus vaaditaan myös silloin, kun jo olemassa olevaan asennukseen tehdään muutos tai lisäys. Standardin SFS 6000-6 osan 61 mukaan tehdyllä tarkastuksella varmistetaan laitteiston turvallisuus. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 9.)

Käyttöönottotarkastuksen tekijän tulee olla sähköalan ammattilainen, joka tuntee työhön liittyvät määräykset ja ohjeet. Käytännössä tarkastajan tai tarkastajat tulisi nimetä jo ennen sähkötöiden aloittamista. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 9.)

Käyttöönottotarkastukseen sisältyy silmämääräinen tarkastelu sekä useita erilaisia mittauksia. Tarkastuksesta tulee laatia testauksen tekijän allekirjoittama mittauspöytäkirja, josta käy ilmi kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus tarkastusmenetelmistä ja testausten tulokset. (Tukes 2013.) Esimerkki mittauspöytäkirjasta liitteellä.

4.1 Aistinvarainen tarkastus

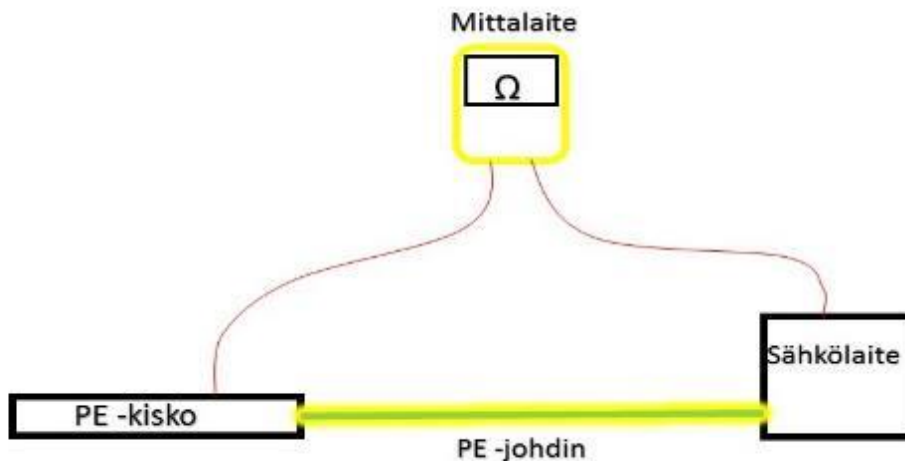
Aistinvaraista tarkastusta tapahtuu koko sähkötöiden ajan. SFS-käsikirjan 6000:n mukaan se sisältää ainakin seuraavat tarkastukset:

- sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- palojoujauksien käyttö ja muut palon leviämisen estämiseksi ja lämpövaikutukselta suojaamiseksi tehdyt toimenpiteet
- johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta
- suoja-, käyttö- ja valvontalaitteiden valinta ja asettelu
- erotus- ja kytkentälaitteiden oikea valinta ja sijoittelu
- sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden mukaan
- nolla- ja suojajohtimien tunnukset
- yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin

- piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo
- johtimien liitosten sopivuus
- suojajohtimien, mukaan luettuna pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimien olemassa olo ja sopivuus
- sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila
- erikoistilat
- napaisuustesti. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 11–13.)

4.2 Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Suojajohtimen jatkuvuuden testauksessa selvitetään, että kosketusjännitesuojauksen edellyttämät suojajohdinpiirit ovat koko matkaltaan jatkuvia. Testissä mitataan jännitteelle alttiin osan ja lähinnä olevan pääpotentiaalintasauspisteen resistanssia laitteiston ollessa jännitteettömänä (Kuvio 2). Mittauksessa käytettävän jännitteen tulisi olla kuormittamattomana 4 – 24V tasa- tai vaihtojännitettä ja mittausvirran tulisi olla vähintään 200 mA. (Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2011.)



Kuvio 2. Suojajohtimen jatkuvuusmittaus

Hyväksyttävälle tulokselle ei ole tarkkaa raja-arvoa, vaan tulosta on hyvä arvioida mitatun johtimen pinta-alasta ja pituudesta riippuvaan matemaattisesti laskettavaan arvoon (Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2011). Yleensä mittaustulos

vaihtelee välillä 0 – 2 Ω . Poikkeuksellisen pitkillä johtimilla arvo saattaa olla yli 2 Ω (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 18).

Yleensä suojajohtimia ei tarvitse irrottaa kytkennästä jatkuvuusmittauksia tehdessä. TN-S järjestelmässä nolla- ja suojamaadoitusjohtimen yhteys on katkaistava. Näin tehtäessä mahdollinen nolla- ja suojamaajohtimen vaihtuminen saadaan havaittua. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 18.)

4.3 Eristysresistanssin mittaus

Eristysresistanssimittauksella varmistetaan jännitteisten osien olevan tarpeeksi eristettyjä maasta. Mittaus on tehtävä kaikkien jännitteellisten johtimien ja maan välistä. Mittauksen aikana laitteisto on erotettu syötöstä, eli mittaus tehdään jännitteettömänä. (Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2011.) Taulukossa 2 on nähtävillä eristysresistanssin pienimmät raja-arvot.

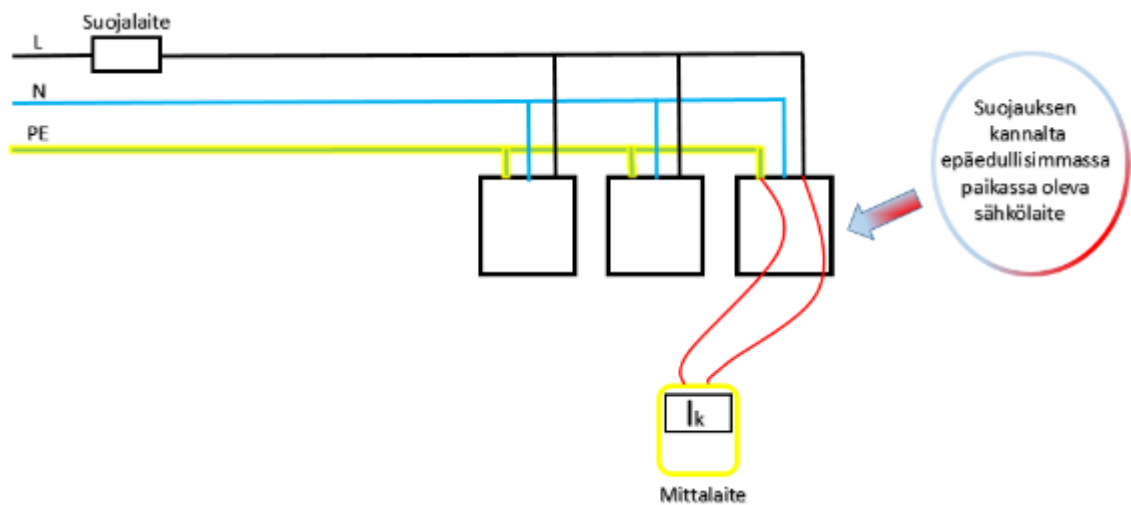
Taulukko 2. Eristysresistanssin raja-arvot. (SFS 6000-6-61.)

Virtapiirin nimellisjännite [V]	Koejännite (DC) [V]	Eristysresistanssin pienimmät raja-arvot [M Ω]
SELV, PELV	250	>0,25
<500 V	500	>0,5
>500 V	1000	>1,0

Eristysresistanssimittauksen tuloksena saadaan selville mahdollinen virhekytkentä, asennuksien vaurioituminen asennusten aikana, N- ja PE – johdinten yhteen kytkeminen eristyspisteen jälkeen, SELV-, PELV- ja FELV-piirien eristys sekä vikavirtasuojatun piirin eristys muista piireistä. (Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2011.)

4.4 Syötön automaattisen poiskytkennän testaus

Syötön automaattisen poiskytkennän testauksessa mitataan pienin oikosulkuvirta vaihe- ja suojajohtimien välillä, eli mittaus suoritetaan suojauksen kannalta huonoimmassa paikassa (Kuvio 3). Mittauksella varmistetaan syötön suojalaitteen toiminta vikatilanteissa. Mittaus suoritetaan jännitteellisenä ja se on tehtävä jokaisen ryhmäjohto- ja suojalaitetekoon sekä suojalaitetyypin pisimmän johdon tai ryhmäjohtojen päätepisteestä. (Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2011.)



Kuvio 2. Syötön automaattisen poiskytkennän testaus.

Mikäli suunnitelmissa on laskettu vikavirrat teoreettisesti ja niiden paikkansapitävyys voidaan käytännössä tarkastaa, voidaan mittaus jättää tekemättä. Lisäksi tällöin on varmistettava, että suojajohdon jatkuvuus on mittaamalla testattu. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 30.)

Mittauksessa saatua arvoa verrataan syötössä olevan suojalaitteen toimintavirtaan. Lisäksi lämpötilan noususta johtuva resistanssin nousu vikatapauksissa on otettava huomioon. Tästä johtuen mittaamalla saadun oikosulkuvirran tulee olla 1,25-kertainen suojalaitteen toimintavirta-arvoon verrattuna. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 31–32.)

Suojalaitteille on annettu yleensä kaksi toiminta-aika-arvoa, 0,4 s ja 5 s. Johdonsuojakatkaisijan vaatima oikosulkuvirta on sama kummallakin aika-arvolla, mutta käytettäessä tulppa- tai kahvasulakkeita oikosulkuvirran raja-arvo

riippuu huomattavasti toiminta-ajasta. Viiden sekunnin toiminta-aikaa voidaan käyttää jakokeskuksia syöttäville johdoille ja yli 32 A ryhmäjohdoille. Muissa tapauksissa toiminta-aika saa olla maksimissaan 0,4 s. Taulukoihin 3 ja 4 on listattu pienimmät johdonsuojakatkaisijoitten sekä gG-sulakkeiden toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 32.)

Taulukko 3. Pienimmät oikosulkuvirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 33.)

Nimellis- virta A	B-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A	C-tyyppi, 0,4 s ja 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Taulukko 4. Pienimmät toimintavirrat gG-sulakkeille ja vaaditut mitatut arvot. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 33.)

Nimellisvirta A	gG-sulake 0,4 s A	Vaadittu mitattu arvo A	gG-sulake 5,0 s A	Vaadittu mitattu arvo A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10 625	5100	6375

4.5 Vikavirtasuojan toiminnan testaus

Vikavirtasuoja on herkkä suojalaite, joka täydentää sulakkeen tai katkaisijan antamaa suojausta. Vikavirtasuoja katkaisee vaaralliset vuotovirrat kytkemällä vaarallisen jännitteen nopeasti pois vikatilanteesta. (STEK 2017.)

Kaikki vikavirtasuojat on tarkistettava. Ensiksi testataan vikavirtasuojan toiminta painamalla testipainiketta. Lisäksi testilaitetta käyttäen on mitattava vikavirtasuojan toimintavirta ja poiskytkentäaika, jotka kirjataan mittauspöytäkirjaan. Toimintavirran tulee olla $\frac{1}{2}$ - 1 – kertainen nimelliseen toimintavirtaan nähden. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 34.)

4.6 Napaisuus

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Tämä varmistetaan kytkinlaitetta asentaessa, jolloin tarkastaminen on laitetta asentavan tai häntä valvovan henkilön vastuulla. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 34)

4.7 Kiertosuunnan tarkastus

Kiertosuunnan säilyvyys on tarkistettava monivaiheisissa piireissä. Myös keskuksissa, joista ei lähde monivaiheisia ryhmäjohtoja on kiertosuunta tarkistettava. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 34.)

4.8 Toimintatestit

Erilaisille asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille on tehtävä toimintatestit, jotta voidaan varmistua oikeasta asennuksesta ja vaatimusten mukaisista säädöistä. Tarpeen mukaan myös suojalaitteille on tehtävä toimintatestit. Toimintatestit tehdään myös toiminnallisille kokonaisuuksille. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 35.)

4.9 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema tulee tarkastaa, mikäli tästä on erikseen sovittu. Se voidaan tarkastaa joko mittaamalla piirin impedanssi tai käyttämällä tähän tarkoitukseen tehtyjä käyrästäjiä. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 35.)

4.10 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Uudistetussa standardissa käyttöönottotarkastuksen pöytäkirjan vaatimuksia on tarkennettu. Lähes poikkeuksetta jokaisesta uudesta asennuksesta tai olemassa olevan asennuksen laajennuksesta tai muutoksesta on tehtävä käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Käyttöönottopöytäkirjan pitää sisältää:

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan (urakoitsijan ja sähkötoiden johtajan) yhteystiedot
- tarkistusten tulokset
- toteamus siitä, täyttääkö laitteisto standardin ja asetusten vaatimukset
- tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset. (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 38.)

Vähintäänkin seuraavat tulokset on esitettävä käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa:

- eristysresistanssimittaukset
- jatkuvuusmittaukset keskusalueittain, toteamus vaatimusten täyttymisestä riittää
- syötön automaattisen poiskytkennän toteamiseen tarvittavat mittaustulokset
- oikosulkuvirrat keskusalueittain epäedullisimmasta paikasta
- vikavirtasuojien toimivuuden testaus, tarvittaessa toiminta-ajat
- kiertosuunta keskuskohtaisesti
- asennusohjeiden mukaiset mittaustulokset laitteille, jolle valmistaja edellyttää asennusohjeessaan mittauksia. (Saastamoinen & Saarelainen, 38.)

Lisäksi käyttöönottopöytäkirjasta tulee löytyä tieto huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta sekä seuraavan määräaikaistarkastuksen suoritusajankohta (Saastamoinen & Saarelainen 2012, 38).

5 ASENNUSTESTERIN KÄYTTÖ

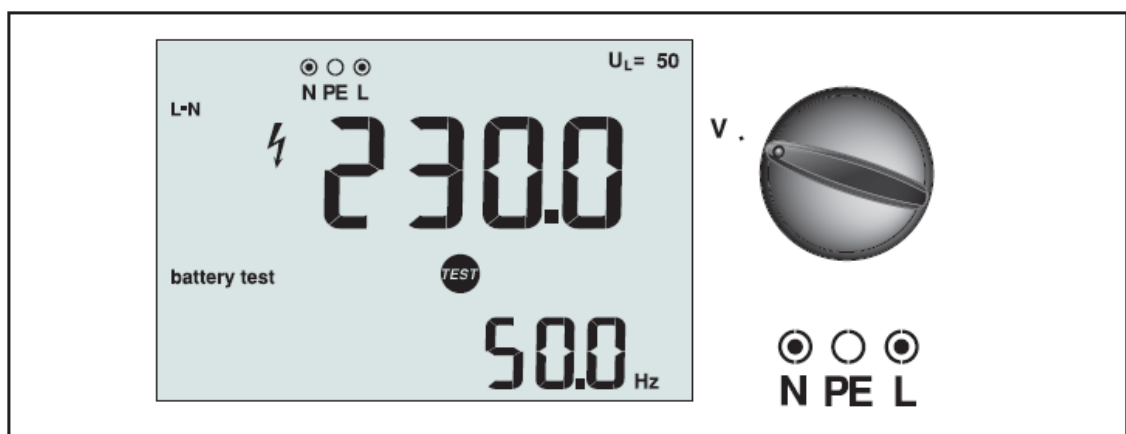
Mittauksissa käytetään Fluke 1654B -asennustesteriä, jolla kaikki tarvittavat mittaukset saadaan suoritettua. Yksityiskohtaisemmat käyttöohjeet löytyvät valmistajan www-sivuilta.

5.1 Testijohtimien kalibrointi

Ennen mittauksia testijohdot on tärkeä kalibroida. Kalibrointi tapahtuu asettamalla mittapää nolla-adaptoriin ja painamalla ZERO-näppäintä, kunnes näytölle ilmestyy Zero-ilmoitus. Kalibrointi on tärkeä suorittaa aina apujohdinta käytettäessä. (Fluke Corporation 2010, 7.)

5.2 Jännitteen ja taajuuden mittaaminen

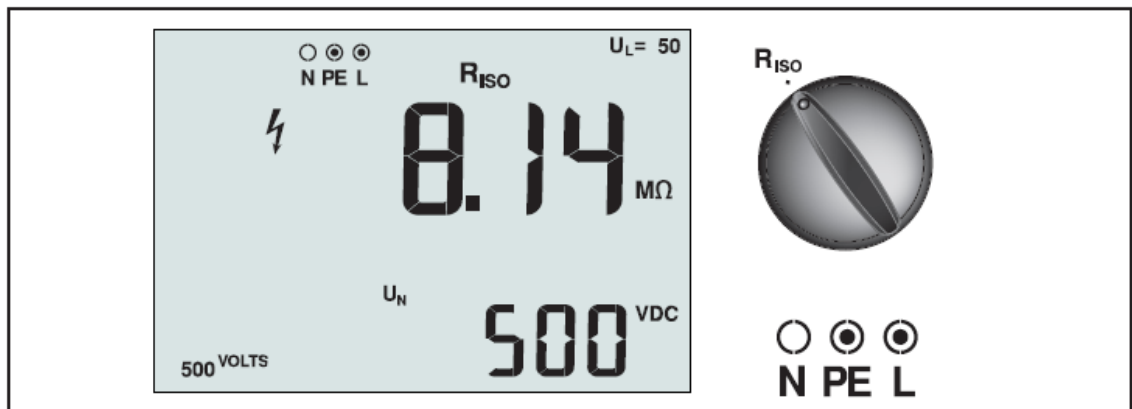
Jännitettä ja taajuutta mitattaessa kiertokytkin käännetään V-asentoon. Mittauksessa tulee käyttää kaikkia kolmea liitintä L, N ja PE (punainen, sininen ja vihreä). Ensisijaisesti vaihtovirta näkyy ylemmässä näytössä ja taajuus alemmassa. (Kuvio 4). Jännitelukemia välillä L-PE, L-N ja L-PE voidaan vaihtaa painamalla testeristä F1. Testerillä voidaan lukea vaihtojännitettä 500 V:iin asti. (Fluke Corporation 2010, 19.)



Kuvio 3. Testerin näyttö/kiertokytkimen asento jännitteen ja taajuuden mittauksessa. (Fluke Corporation 2010, 19.)

5.3 Eristysresistanssin mittaaminen

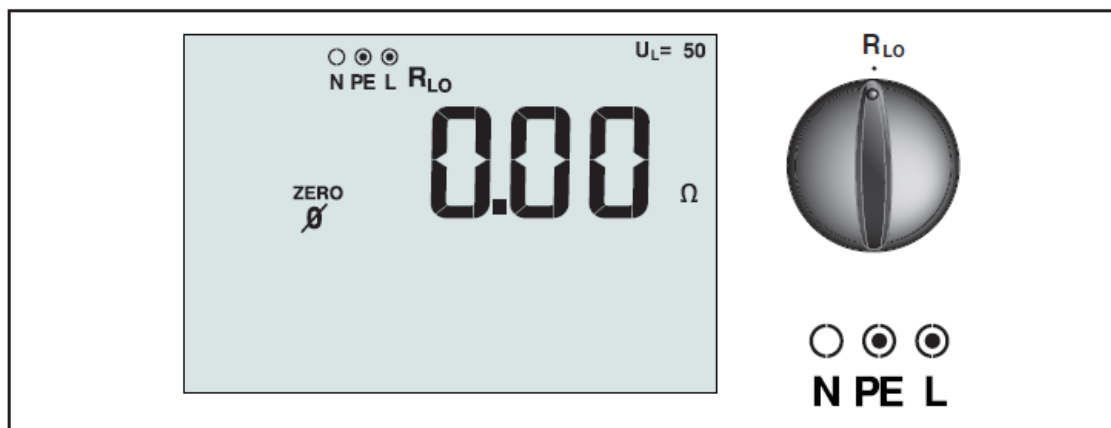
Eristysresistanssia mitattaessa mittaukset on tehtävä jännitteettömänä. Mikäli mittari havaitsee jännitteen, se estää mittauksen. Eristysresistanssia mitattaessa kiertokytkin käännetään R_{ISO} -asentoon ja mittauksessa käytetään punaista (L) ja vihreää (PE) liitintä. Testijännite valitaan F4-näppäimellä ja testaus tapahtuu pitämällä TEST-näppäin pohjassa, kunnes lukema vakaantuu ja testerin antaa äänimerkin. Myös L-mittapäässä on testausnappi, jolla on täsmälleen sama toiminto kuin testerin TEST-näppäimellä. Kuvion 5 mukaisesti eristysresistanssi näkyy ylemmässä näytössä ja varsinainen testijännite alemmassa näytössä. (Fluke Corporation 2010, 20.)



Kuvio 4. Eristysresistanssin mittaus. Näyttö ja kiertokytkimen asento. (Fluke Corporation 2010, 20.)


5.4 Jatkuvuuden mittaaminen

Jatkuvuuden mittaukset on tehtävä virrattomissa piireissä. Mittauksissa käytetään punaista (L) ja vihreää (PE) liitintä. Kiertokytkin käännetään R_{Lo} -asentoon ja TEST - painiketta painetaan kunnes lukema vakiintuu (Kuvio 6). Testijohdot on nollattava ennen testien aloittamista. (Fluke Corporation 2010, 21.)





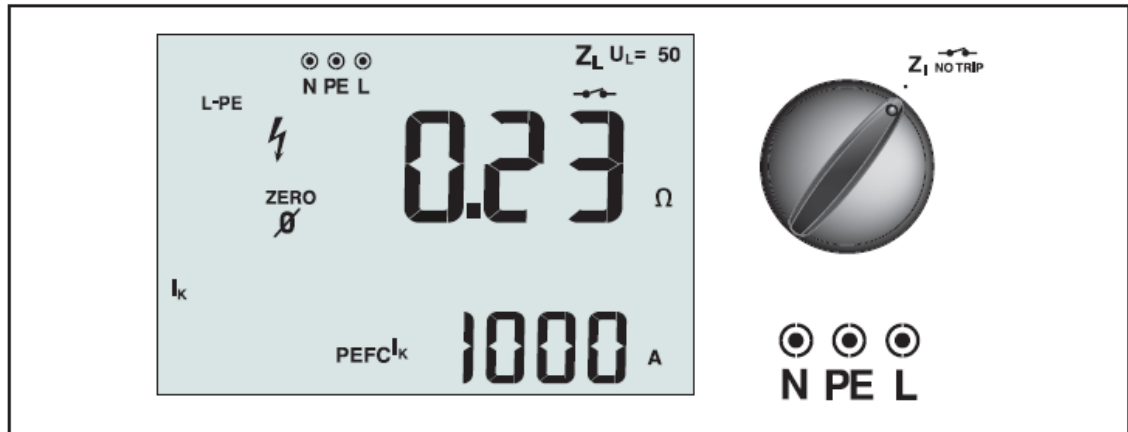
Kuvio 5. Jatkuvuuden mittaaminen. Näyttö ja kiertokytkimen asento. (Fluke Corporation 2010, 21.)

5.5 Silmukkaimpedanssin mittaaminen

Silmukkaimpedanssin mittaamista varten testerissä on kaksi toimintatilaa. Mikäli piirissä on vikavirtasuojia, niiden laukeaminen voidaan estää kiertämällä kiertokytkin Z_1  – asentoon. Tämä toiminto käyttää erityistä testiä, joka estää vikavirtasuojien laukeamisen. Jos piirissä ei ole vikavirtasuojia, testi voidaan suorittaa nopeammin kääntämällä kiertokytkimen Z_1 Hi asentoon. (Fluke Corporation 2010, 22–23.)

5.5.1 Vikavirtapiirin impedanssin ja vikavirran mittaaminen ei-laukaisutilassa

Vikavirtapiirin impedanssia ja vikavirtaa mitattaessa ei-laukaisutilassa kiertokytkin käännetään Z_1  asentoon ja kaikki kolme liittintä kytketään testeriin. L–PE – mittaus valitaan painamalla F1, jolloin näyttöön ilmestyy Z_L ja  symbolit. Kaikki kolme johdinta tai pistotulppa kytketään, mikäli L ja N johtimet ovat väärinpäin, testi kääntää ne oikein sisäisesti. Testi suoritetaan painamalla ja vapauttamalla TEST – näppäin ja odottamalla testin tulosta. Piirin impedanssi näkyy ylemmässä näytössä (Kuvio 7). Vikavirta saadaan esiin painamalla F3 ja valitsemalla I_k , jolloin vikavirta ilmestyy alempaan näyttöön. (Fluke Corporation 2010, 23–24.)



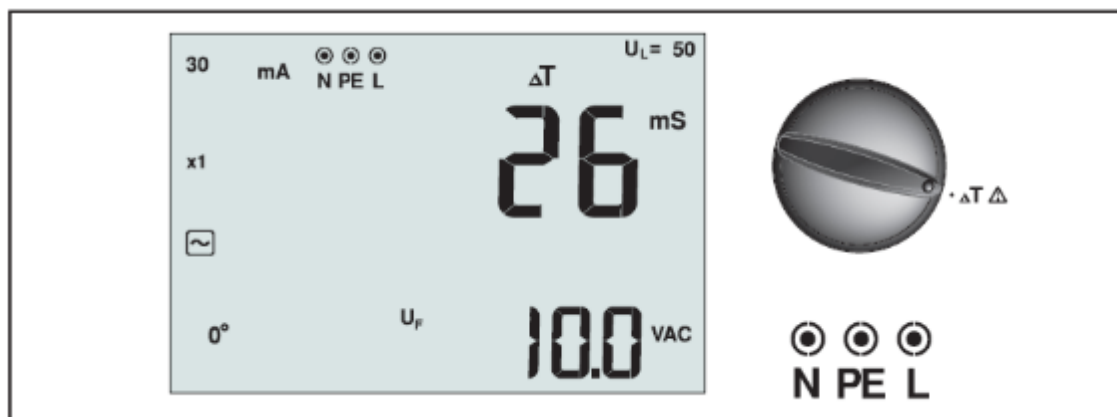
Kuvio 6. Vikavirtapiirin impedanssin ja oikosulkuvirran mittaus ei laukaisutilassa. Näyttö ja kiertokytkimen asento. (Fluke Corporation 2010, 22.)

5.5.2 Vikavirtapiirin impedanssin ja vikavirran mittaus laukaisutilassa

Mikäli piirissä ei ole vikavirtasuojia, voidaan käyttää Hi-current laukaisutilaa. Mittausta varten kiertokytkin käännetään $Z_I \Delta_{TRIP}$ – asentoon ja kaikki johtimet (L, N & PE) kytketään testeriin. L – PE mittausta valitaan näppäimestä F1 ja näyttöön ilmestyy $\text{---} \swarrow \bullet$ symboli, mikä ilmaisee laukaisutilan olevan voimassa. Resoluutio ($m\Omega / \Omega$) valitaan F2 – näppäimellä. Mittaus suoritetaan samalla tavalla kuin ei-laukaisutilassa. (Fluke Corporation 2010, 24.)

5.6 Vikavirtasuojaimen laukaisuajan mittaaminen

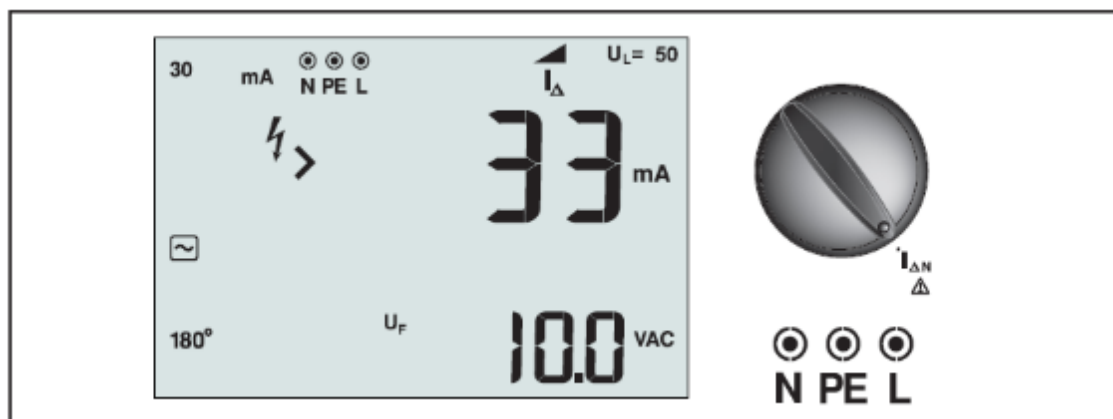
Vikavirtasuojaimen laukaisuajaa mitattaessa piiriin johdettu kalibroitu vikavirta aiheuttaa vikavirtasuojaimen laukaisun, johon kuluneen ajan testeri ilmoittaa. Testi suoritetaan jännitteisessä piirissä. Testerin kiertokytkin asetetaan ΔT -asentoon ja vikavirtasuojaimen virran nimellisarvo valitaan F1-näppäimellä. Testivirran aaltomuoto tulee valita käytetyn vikavirtasuojaimen tyyppin mukaan. Aaltomuoto valitaan F3-näppäimellä. Painamalla F4, testivirran vaiheeksi voidaan valita joko 0° tai 180° . Vikavirtasuojat tulisi testata molemmilla vaiheasetuksilla. TEST-painikkeen painamisen ja vapauttamisen jälkeen testeri ilmoittaa laukaisuajan ylemmässä näytössä ja nimellistä jäännösvirtaa koskeva vikajännite (N-PE) näkyy alemmassa näytössä (Kuvio 8). (Fluke Corporation 2010, 28–31.)



Kuvio 7. Vikavirtasuojan laukaisuajan mittaus. Näyttö ja kiertokytkimen asento. (Fluke Corporation 2010, 28.)

5.7 Vikavirtasuojan laukaisuvirran mittaaminen

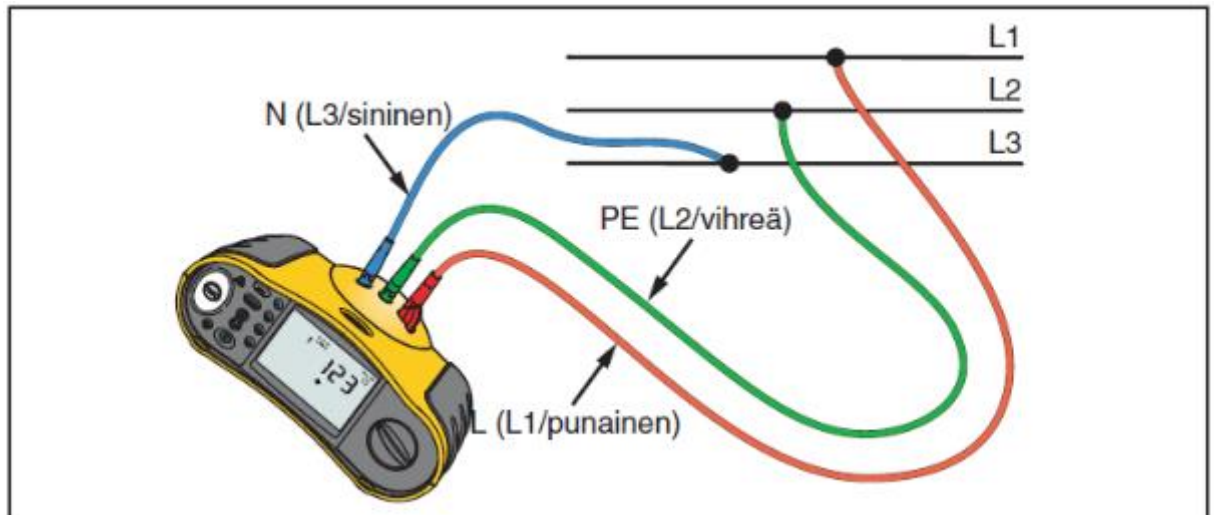
Vikavirtasuojaimen laukaisuvirtaa mitataan nousevalla testivirralla. Kiertokytkin käännetään $I_{\Delta N}$ – asentoon ja vikavirtasuojaimen nimellisarvo valitaan F1 näppäimellä. Testivirran aaltomuoto valitaan F3-näppäimellä ja testivirran vaihe F4-näppäimellä. Painamalla ja vapauttamalla TEST-näppäin laukaisuvirta näkyy ylemmässä näytössä (Kuvio 9). (Fluke Corporation 2010, 32–33.)



Kuvio 8. Vikavirtasuojan laukaisuvirran mittaus. Näyttö ja kiertokytkimen asento. (Fluke Corporation 2010, 32.)

5.8 Vaihejärjestyksen mittaaminen

Vaihejärjestyksen mittaamisessa liittimet kytketään kuvion 10 osoittamalla tavalla.



Kuvio 9: Mittauskytkentä vaihejärjestyksen testaamiseen. (Fluke Corporation 2010, 36.)

Kiertokytkin käännetään ↻ – asentoon. Ylemmässä näytössä näkyy 123 oikealle vaihejärjestykselle ja 321 käänteiselle vaihejärjestykselle. Mikäli näytöllä näkyy katkoviiva, on mittari havainnut riittämättömän jännitteen. (Fluke Corporation 2010, 36.)

6 MITTAUKSET KOHTEESSA

Tuulivoimala koostuu useasta toisiinsa liitetystä suuremmasta kokonaisuudesta: nasellista, navasta, siivistä ja tornin osista. Kunkin edellä mainitun komponentin sähköiset asennukset on testattu ja havaittu toimivaksi jo tehtaalla. Tuulivoimalan pystytyksen jälkeen näiden komponenttien väliset sähköiset asennukset on kuitenkin tarkastamatta. Lisäksi jälkepäin asennettujen osien, kuten usein lentoestevalojen kytkennät tulee tarkistaa.

Käyttöönottotarkastukseen kuuluu tarkastaa myös HV-osat. Nämät tarkastukset on kuitenkin tehty ennen sähköistämistä, kolmannen osapuolen toimesta. Dokumentit näistä mittauksista saa tarvittaessa ECC-henkilöiltä.

Tuulivoimalassa hissimatka matka alhaalta naselliin kestää noin kymmenen minuuttia ja navan laittaminen turvalliseen tilaan kestää useita minutteja. Näiden seikkojen vuoksi mittauksen oikealla suoritusjärjestyksellä on suuri merkitys ajan säästämisen kannalta.

Mittauksien suorittamisen aikana turbiinissa on oltava vähintään kaksi riittävän koulutuksen omaavaa henkilöä. Tuulivoimala voi olla turvallisuuden kannalta haasteellinen ympäristö, joten turvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota ja Vestaksen turvamääräyksiä sekä ohjeita on noudatettava tarkasti.

Edellä mainitut lähtökohdat huomioiden V117 ja V126 turbiineille on laadittu ohjeet pienjänniteasennuksien käyttöönottomittauksille (Liite 2). Ohjeissa noudatetaan hyvin tarkkaan hyväksi havaittua mittaustapaa, josta ei ennen tätä työtä ole kirjallista ohjetta. Mittauspöytäkirjan (Liite 3) kehittämisen lähtökohtana oli aikaisemmin käytetty mittauspöytäkirja, mihin on tehty tarvittavat muokkaukset.

7 OHJEIDEN JA MITTAUSPÖYTÄKIRJAN KEHITTÄMINEN

Ennen työn aloittamista, käyttöönottomittauksille ei ollut ohjetta, vaan tarkastajat tekivät silloisen mittauspöytäkirjan vaatimat mittaukset, jotka saattoivat poiketa suuresti toisistaan, parhaaksi katsomallaan tavalla,. Näin ollen saadut tulokset eivät välttämättä olleet vertailukelpoiset.

Ohjeiden laatimisen ensimmäinen vaihe oli tutustuminen käyttöönottomittausten lainsäädäntöön: mitkä mittaukset kuuluvat käyttöönottotarkastukseen ja mitkä vaatimukset laitteiston tulee täyttää? Lisäksi tutustuttiin tarkemmin käyttöönottotarkastusten eri mittauksiin ja asennustesterin mittausmetodeihin. Hyvänä apuna tässä oli ST-käsikirja 33 ja käytetyn asennustesterin käyttöopas.

Toinen vaihe oli vierailu turbiinissa mittausten suorittamisen aikana. Mittaustapaa dokumentoitiin ottamalla kuvia ja tekemällä muistiinpanoja. Tämän jälkeen valmistui ensimmäisen lyhyt luonnos ohjeista. Luonnoksessa kävi ilmi mitattavat komponentit ja niiden positionumerot. Tämä luonnos ja mittauspöytäkirja toimivat hyvänä runkona myöhemmälle ohjeiden kehitystyölle.

Seuraavaksi alkoi itse ohjeiden laatiminen. Tämä sisälsi useita vierailuita turbiinissa, jotta saataisiin tarvittavat kuvat ohjeita varten. Kuvat otettiin muiden töiden lomassa, jotta turbiineja ei tarvinnut erikseen pysäyttää opinnäytetyötä varten. Ohjeisiin tuli useita kuvia, jotka vaativat muokkauksia, kuten esimerkiksi tietyn komponentin korostamista. Kaikki muokkaukset ja piirrokset tehtiin Microsoft PowerPoint 2016 – ohjelmalla.

Ohjeiden laatimisen yhteydessä ohjeet tarkastettiin niin kielioppi- kuin asiavirheistä useaan otteeseen esimieheni ja kollegoideni toimesta. Mittausten aikana keräämääni dataa ja sähkökuvia vertailtiin keskenään, jotta mahdolliset virheet tulisivat esiin. Erityistä huolellisuutta joutui noudattamaan komponenttien positionumeroiden kanssa.

Ohjeiden valmistuttua tehtiin käyttöönottotarkastus yhteen turbiiniin ECC Johnny Wikin kanssa. Mahdollisia ristiriitaisuuksia etsittiin ohjeiden ja käytännössä tapahtuvien mittausten väliltä. Käyttöönottotarkastuksia oli laajennettu ja osassa mittaauksia mittaustapaa oli muutettu, joten tämä pakotti tekemään päivityksiä

työohjeeseen. Päivitysten jälkeen ohjeet lähetettiin ECC Johnny Wikin tarkastettavaksi: Hän totesi ohjeet toimiviksi ja helposti ymmärrettäviksi.

Ohjeiden saatua viimeisen muotonsa huoltoteknikko Joni Päivärinta suoritti käyttöönottotarkastukset ohjeiden mukaan tuuliturbiinissa. Hänellä oli hieman aiempaa kokemusta käyttöönottotarkastusten tekemisestä kiinteistöissä. Mittaukset ohjeita noudattaen onnistuivat ja Joni Päivärinta totesi ohjeiden olevan toimivat.

Mittauspöytäkirjan kehityksestä vastasivat pääasiassa Vestaksen Suomen ECC-henkilöt. Mittauspöytäkirja on Excel-pohjainen ja näin ollen helposti muokattava. Pöytäkirjaa voidaan täyttää suoraan Excel-tiedostoon mittausten aikana kannettavalla tietokoneella, mutta paperiversion tulostaminen turbiiniin ja puhtaaksikirjoittaminen sähköiseen muotoon toimistolla on ollut suositumpaa, koska kannettavan tietokoneen kuljettaminen navassa ja tornissa on työlästä.

Yksi suurimmista haasteista oli mittaustapojen kehitys työn etenemisen aikana. Tästä johtuen ohjeita piti muokata useasti vastaamaan silloista tilannetta. Esimerkiksi hissin mittauskytkennät vaihtuivat moneen kertaan työn tekemisen aikana.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ohjeet ja mittauspöytäkirja käyttöönottomittauksille Vestas V126 ja V117 turbiineissa. Työn teoriaosassa esiteltiin tuulivoima, sekä modernin tuulivoimalan toiminta ja rakenne. Teoriaosa sisältää myös käyttöönottotarkastuksiin liittyvät mittaukset, oleelliset vaatimukset ja lainsäädännön. Myös työssä käytetyn asennustesterin tärkeimmät toiminnot on käyty läpi teoriaosuudessa.

Työn lopputuloksena syntyivät ohjeet käyttöönottomittauksille. Ohjeiden tuli olla selkeät ja tarpeeksi kattavat, jotta kuka tahansa tehtävään pätevä henkilö voi suorittaa mittaukset ohjeiden avulla. Ohjeissa on käytetty hyvin paljon havainnollistavia kuvia, jolloin mitattava kohde on helppo ja nopea paikallistaa turbiinissa. Mittauspöytäkirja päivittyi useasti työn edetessä. Päivitykset syntyivät suurilta osin mittauksia tekevien ECC-henkilöiden toimesta.

Lopuksi ohjeiden ja mittauspöytäkirjan toimivuus todettiin käytännössä suorittamalla käyttöönottotarkastus tuuliturbiinissa.

Opinnäytetyön myötä tietoni käyttöönottomittauksista lisääntyi, niin teorian kuin myös käytännön osalta. Samalla sain arvokasta osaamista asennustesterin käytöstä, joka ennen tätä työtä on ollut minulle lähes tuntematon mittalaite.

Tuulivoimatekniikka kehittyy ja markkinoille tulee uusia malleja. Uskon että tätä työtä voidaan hyödyntää pohjana uusien turbiinityyppien käyttöönottomittauksille.

LÄHTEET

Fluke Corporation 2010. Fluke 1652C/1653B/1654B Electrical Installation Tester Käyttöohje.

Kontinen S. 2013. Tuulivoiman jättiläiset lin Olhavassa. Sähköala.fi. Viitattu 30.1.2017

http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/sahkoinfo-lehti/s_muut/fi_FI/tuulivoiman_jattilaiset/

Márquez F. P. G., González R. R. H., Pinar J. & Zaman N. 2013. Maintenance Management Based on Signal Processing, Digital Filters and Signal Processing, 1 - 3. Viitattu 7.3.2017

<http://dx.doi.org/10.5772/52199>

Motiva 2004. Myllärin tuulivoima Viitattu 30.1.2017

http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/fi/kids/intro/intronac.htm.

Saastamoinen, A & Saarelainen, K. 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. ST-käsikirja 33. Espoo: Sähkötieto ry.

Sähköturvallisuuden edistämiskeskus STEK ry. 2017. Vikavirtasuojan testaus ja palauttaminen toimintakuntoon. Viitattu 6.3.2017

https://www.stek.fi/Sahkoturvallisuus/Sallitut_sahkotyot_ohjeistuksi/fi_FI/Vikavirtasuojan_testaus_ja_virittaminen_toimintakuntoon/

SFS-käsikirja 600-1 2012. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000

Pienjännitesähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

Suomen Tuulienergia - FWT Oy 2011. Tuulivoimalaitos. Viitattu 30.1.2017

http://www.suomentuulienergia.fi/perustietoa_1.html

Suomen Tuulivoimayhdistys ry N.d. Mitä tuuli on? Viitattu 30.1.2017

<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/mita-tuuli-on>

Tukes 2013, Asennus ja käyttöönotto. Viitattu 6.3.2017

<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteistot/Asennus-ja-kayttoonotto/>

Tuulivoimaopas 2015. Tuulivoimalaitos. Viitattu 30.1.2017

http://www.tuulivoimaopas.fi/tuulivoima_suomessa/tuulivoimalaitos

Virtuaali Ammattikorkeakoulu 2011. Sähkölaitteiston tarkastukset. Viitattu 6.3.2017


<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030503/1134129294081.html>

World Wind Energy Association 2006. Rotor and rotor blades: An overview. Viitattu 30.1.2017

http://www.wwindea.org/technology/ch01/en/1_2_1_2.html

LIITTEET

- Liite 1. Esimerkki mittauspöytäkirjasta
- Liite 2. Käyttöönottomittausten ohjeet (luottamuksellinen)
- Liite 3. Mittauspöytäkirja V117 ja V126 MK2 turbiineihin (luottamuksellinen)

		ST 51.21.05	1 (4)
Pöytäkirjan nro _____			
KÄYTTÖNOTTO- TARKASTUSPÖYTÄKIRJA			
Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus <input type="checkbox"/>		Muuttotarkastus <input type="checkbox"/>	
Käyttöönottotarkastus <input type="checkbox"/>		Muu <input type="checkbox"/> Mikä? _____	
PERUSTIEDOT			
Kohteen tiedot	Työnumero	Kohteen nimi ja yksilöinti	Osoite ja postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentaja	Rakentajan nimi	Osoite ja postitoimipaikka	
	Sähkötiimin johtaja		
	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite	
1. AISTINVARAINEN TARKASTUS			
Koko kohde <input type="checkbox"/>		Vain kyseinen keskusalue <input type="checkbox"/>	
a)	Sähköiskulta suojaus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
b)	Palosuojaus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
c)	Johtimien valinta Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
d)	Suoja-, käyttö- ja valvontalaitteet Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
e)	Erotus- ja kytkentälaitteet Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
f)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
g)	Nolla- ja suojajohtimien tunnuksot Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
h)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
i)	Dokumentit, varoituskilvet yms. Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
j)	Tunnistettavuus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
k)	Johtimien liitosten sopivuus Huom!	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>

4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ										
		I_n /A	Z_n /Ω	Suojalaite	In/A (suojalaitteet)					
Keskus										
Epäedullisin piste (0,4 s)										
Epäedullisin piste (5,0 s)										
Okosukuvirta- ja silmukkaimpedanssarvot saatu mittaamalla				<input type="checkbox"/>						
Okosukuvirta- ja silmukkaimpedanssarvot saatu laskemalla				<input type="checkbox"/>						
Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset				<input type="checkbox"/>						
Liitteet: _____										
Vikavirtasuojat										
Tyyppi ja käyttö-tarkotus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike-testaus	Tyyppi ja käyttö-tarkotus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo		Painike-testaus	
		t/ms	I _n				t/ms	I _n		
Toiminnot toteutettu standardien vaatimusten mukaisiksi				<input type="checkbox"/>			Käyttötarkotus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus			
Liitteet: _____										
5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS										
Keskus		<input type="checkbox"/>	3-vaihepietorasit	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly asennukseen		<input type="checkbox"/>			
6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT										
Koneet ja laitteet		<input type="checkbox"/>	Toiminnalliset kokonaisuudet	<input type="checkbox"/>	Ei sisälly asennukseen		<input type="checkbox"/>			
7. EMC-SUOJAUS										
Kohteessa on käytetty TN-S-järjestelmää				<input type="checkbox"/>						
Maadoitukset ja potentiaalitasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti				<input type="checkbox"/>						
Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti				<input type="checkbox"/>						
Laittevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset				<input type="checkbox"/>						
Asennuksessa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita				<input type="checkbox"/>						
Muuta, mitä? _____										
Liitteet: _____										
Sähkölaiteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (1465/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset							<input type="checkbox"/>			
8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE										
Kohteen kunnossapito-ohjelma		vaaditaan	<input type="checkbox"/>	ei vaadita			<input type="checkbox"/>			
Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma							<input type="checkbox"/>			
Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet							<input type="checkbox"/>			
Kohteessa on poistumisreitinväläistus				<input type="checkbox"/>	Kohteessa on poistumisreitinväläistystä koskeva kunnossapito-ohjelma		<input type="checkbox"/>			
9. SEURAAVA MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS										
Kohde: vaaditaan		<input type="checkbox"/>	määräaikaistarkastuksen ajankohta _____							
ei vaadita		<input type="checkbox"/>								
Huomi! _____										
10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETYT STANDARDIT										
Toteutuksessa on käytetty standardikäsikirjaa SFS 600/20 _____ ja										
muuta, mitä? _____										
Kohde on toteutettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi							<input type="checkbox"/>			

