



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Lari Rantanen

Vikavirtasuojan käyttö testauksen henkilösuojauksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

20.5.2019

Tekijä Otsikko	Lari Rantanen Vikavirtasuojan käyttö testauksen henkilösuojauksessa
Sivumäärä Aika	31 sivua + 2 liitettä 20.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	sähkötöiden johtaja Antti Pikkarainen lehtori Vesa Sippola
<p>Opinnäytetyö tehtiin KONE Industrial Oy:n toimeksiantona. Opinnäytetyön aiheena ja tavoitteena on parantaa tuotannontestauksen henkilösuojausta, niin että se täyttää Suomen standardisoimisliiton julkaisemassa SFS-EN 50191:2011 -standardissa Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö, vaadittavan henkilösuojauksen tason. Opinnäytetyön toimeksiantossa oli tiedossa, että henkilösuojana käytettävä vikavirtasuoja ei toimi kunnolla yrityksen taajuusmuuttajakäytöllä tapahtuvassa tuotannontestauksessa.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin perehtymällä standardin määräyksiin ja vikavirtasuojan toimintaan sekä tutustumalla yrityksen tuotteisiin ja testaukseen. Standardin määräyksistä tehtiin yrityksen testausjärjestelmää koskeva eritelmä. Vikavirtasuojan toiminnasta ja sen käytöstä tehtiin havainnollistava kirjoitelma. Tuotteisiin ja testaukseen tutustuessa tehtiin havainnointeja ja kokeita vikavirtasuojan toiminnasta tuotannontestauksessa. Havaintojen ja kokeiden perusteella saatiin selville vikavirtasuojan toimimattomuuden laajuus.</p> <p>Kerättyjen ja opittujen tietojen perusteella laadittiin tuotannontestausjärjestelmälle parannusehdotus, joka täyttää standardissa vaadittavan henkilösuojauksen tason. Yrityksen tuotteiden ja testausjärjestelmän ominaisuuksista johtuen parannusehdotusta ei kaikilta osin saatu toimivaksi tai järkeväksi toteuttaa. Tuloksista saatiin kuitenkin hyvä käsitys siitä, miltä osin testauksen henkilösuojaus on kunnossa ja miltä osin ei. Saatiin myös käsitys siitä, mitä voidaan vielä tehdä ja mitä ei ole tehtävissä.</p>	
Avainsanat	vikavirtasuoja, henkilösuojaus, testaus

Author Title	Lari Rantanen Personnel Protection with Residual Current Device
Number of Pages Date	31 pages + 2 appendices 20 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Antti Pikkarainen, Manager of electrical work Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>This thesis work was made as an assignment for the company KONE Industrial Oy. Target for thesis work was to improve personnel protection of electrical product testing to fulfill the requirements of the Finnish standard SFS-EN 50191:2011, which is based on European standard EN-50191:2010. At the beginning of the assignment it was known that the personnel protection with residual current device did not work properly when testing products with a frequency converter.</p> <p>Work was started by studying the requirements of the standard, becoming familiar with the residual current devices and learning the company's products and testing. After that, a specification about the requirements of the standard and a description about the operation of the residual current device was made. Making observations and experiments, when learning the company's products and testing, helped to clarify the problem about the use of the residual current device.</p> <p>With all the information that was received, an improvement suggestion for the product testing, which fulfills the requirements of the standard, was made. The improvement suggestion was not perfect for implementation, because of the complexity of the company's products and testing. Work gives, nevertheless a good understanding about what is good and what is bad in personnel protection of product testing.</p>	
Keywords	residual current devise, personnel protection, testing.

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Testauslaitteistojen asennukseen ja käyttöön liittyviä vaatimuksia.	2
2.1	Sähköiset testauslaitteistot	2
2.2	Testauslaitteistojen asentaminen	3
2.3	Testauspaikka ilman automaattista suojausta kosketukselta	5
2.4	Testauslaitteistojen käyttö ja henkilöstö	6
2.5	Testausten valmistelu ja kytkentätoimenpiteet testauspaikoilla	7
2.6	Testaustoiminta	7
3	Vikavirtasuojakytkin	8
3.1	Vikavirtasuojan rakenne	8
3.2	Vikavirtasuojan toiminta	10
3.3	Vikavirtasuojan tehtävä	11
3.4	Vikavirtasuojan toimimattomuus	11
3.5	Vikavirtasuojan ominaisuuksia ja vaatimuksia.	12
4	Hissin toiminta	14
5	Yrityksen tuotteet	15
6	Yrityksen tuotannontestausjärjestelmä	18
6.1	Testauslaitteiston rakenne	18
6.2	Testauksen toteutus	18
6.3	Testauksen henkilösuojaus	19
7	Henkilösuojausparantaminen	26
7.1	Vikavirtasuojaja	26
7.2	Henkilösuojaus ReSolve	27
7.3	Henkilösuojaus MonoSpace	28
7.4	Henkilösuojaus MiniSpace KDM	28

7.5 Henkilösuojaus MiniSpace KDH	29
8 Yhteenveto	30
Lähteet	31
Liitteet	
Liite 1. SFS 6000-5-53, Taulukko 531A.1	
Liite 2. SFS 6000-5-53. Taulukot 531A.2, 531A.4 ja 531A.5	

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään KONE Industrial Oy:n toimeksiantona. Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa taajuusmuuttajakäytöllä tapahtuvan tuotannontestauksen henkilösuojausta niin, että se täyttää Suomen standardisoimisliiton julkaisemassa standardissa SFS-EN 50191:2011 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö, vaadittavan henkilösuojaus tason.

Pohjana työlle käytetään Petri Kallion KONE Industrial Oy:lle vuonna 2015 tekemää opinnäytetyötä "Tehtaan sähköturvallisuuden kehittämisestä". Petri Kallion opinnäytetyössä keskityttiin testausalueiden turvallisuuteen niiden rakenteen, sijoittelun ja merkin-
töjen osalta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään testauksen henkilösuojaus teknilliseen toteutukseen.

Opinnäytetyön toimeksiannossa oli tiedossa, että yrityksen tuotannontestauksen henkilösuojaus toiminta ei ole standardin SFS-EN 50191 vaatimuksien mukainen. Ongelmana on standardin vaatimus testauspaikalle ilman automaattista suojausta kosketukselta asetettu määräys 4.3.5, jossa sanotaan että testauspiirit on varustettava enintään 30 mA:n toimintavirralla toimivalla vikavirtasuojalla. Taajuusmuuttajakäytöllä tapahtuvassa tuotannontestauksessa vuotovirrat ovat suurempia kuin 30 mA ja aiheuttavat vikavirtasuojan laukeamisen.

Työ aloitetaan perehtymällä SFS-EN 50191 -standardiin, minkä jälkeen tutustutaan vikavirtasuojan toimintaan. Tämän jälkeen perehdytään yrityksen tuotteisiin ja testaukseen. Testaukseen tutustumisen jälkeen havainnollistetaan ongelma ja tehdään ongelmalle parannusehdotus.

Opinnäytetyön toimeksiantajasta KONE Oy:stä käytetään jatkossa nimitystä "yritys", opinnäytetyön luettavuuden helpottamiseksi.

2 Testauslaitteistojen asennukseen ja käyttöön liittyviä vaatimuksia.

Sähköisten testauslaitteistojen asennukseen ja käyttöön liittyvistä vaatimuksista on laadittu suomenkielinen standardi SFS-EN 50191:2011. Standardi on tehty Eurooppalaisen standardin EN 20191:2010 pohjalta ja se sisältää samalla myös englannin kielisen version standardista. Tässä kappaleessa on käyty läpi standardin vaatimuksia, niiltä osin kun ne on katsottu koskettavan yrityksen testauslaitteistoja. [1.]

2.1 Sähköiset testauslaitteistot

Standardi jakaa testauslaitteistot neljään kohderyhmään, joita koskee osittain eri vaatimukset. Testauslaitteistot tulee rakentaa ja toteuttaa jonkun kohderyhmän vaatimusten mukaisiksi. Testauslaitteistoryhmät ovat:

- testauspaikka automaattisella suojauksella koskettamiselta
- testauspaikka ilman automaattista suojausta koskettamiselta
- testauslaboratoriot ja tutkimuslaitokset
- tilapäinen testauspaikka. [1, s.10–14.]

Testauslaitteistoryhmille on standardissa lueteltu seuraavat ominaiskuvaukset.

Testauslaboratorio ja tutkimuslaitos

Testauslaboratoriossa testausalueiden tulee olla suljetussa tilassa tai alueella jonka vieressä ei ole muita työskentely alueita. [1, s.10.]

Tutkimuslaitoksilla tarkoitetaan paikkoja, joissa tehdään tutkimukseen ja kehitykseen liittyviä testauksia. Tutkimuslaitoksilla ei tehdä jatkuvia rutiinitestauksia. [1, s.10.]

Testauslaboratorioissa ja tutkimuslaitoksissa tutkittavat laitteet voivat viipyä pitkiäkin aikoja testauspaikalla. Lisäksi ammattitaidottomien henkilöiden pääsy sisälle on estettävä. [1, s.10, 22.]

Tilapäinen testauspaikka

Tilapäinen testauspaikka on lyhyeksi ajaksi valmistettu testauslaitteisto, jolla on tarkoitus testata vain yksittäisiä tuotteita. [1, s.12.]

Testauspaikka automaattisella suojauksella varustettuna

Testauslaitteiston ja testauskohteen jännitteiset osat on oltava täysin koskettamattomissa, silloin kun niihin kytketään virta. Jos testauspaikan ovi tai kansi avataan, tulee testausalueen ja kohteen jännitteiden kytkeytyä automaattisesti pois. [1, s.10.]

Jännitteiset osat tulee olla suojattuna IP3X vaatimuksen mukaisesti. IP3X koteloinnin voi jättää pois jos kohde on suojattu vähintään 1800 mm korkeilla kiinteillä seinillä tai verkkoaidalla, jonka aukkojen sivunpituus tai halkaisija on enintään 40 mm. [1, s.18.]

Testauspaikka ilman automaattista suojausta kosketukselta

Testauslaitteiston ja testauskohteen jännitteiset osat eivät ole täysin koskettamattomissa, kun niihin kytketään virta. [1, s.10.]

Yrityksen tuotannon testauslaitteistot ovat pysyviä testauslaitteistoja, eikä tuotannon aluetta voida pitää testauslaboratoriona tai tutkimuslaitoksena. Koska testattavia tuotteita täytyy päästä koskettamaan testauksen aikana, koskee yrityksen tuotannontestausta säädös: ”testauspaikka ilman automaattista suojausta koskettamiselta”. Työssä keskitytään vain tätä säädöstä koskeviin vaatimuksiin. Yrityksen testausjärjestelmää syötetään tavallisesta kolmivaiheisesta jakeluverkosta, jonka jännite on 400 V.

2.2 Testauslaitteistojen asentaminen

Testauslaitteistojen asentamista koskevat seuraavat määräykset:

Testausrakennelma on rakennettava niin että suojaus koskettamiselta saadaan varmistettua jännitteisten osien eristämällä, kansilla, koteloinnilla, puomeilla tai turvaetäisyyksillä. Turvaetäisyys katsotaan riittäväksi kun testejä suorittava henkilö ei voi ylettyä kielletylle alueelle (jännitteiset osat) kehollansa tai työkalujen avulla. Turvallisuus saadaan varmistetuksi myös kahden käden käyttöä vaativalla ohjauslaitteella tai kahdella turvallisella testauskoettimella, jotka ovat täysin kosketussuojatut. [1, s.14.]

Suojauksen vikatapauksen varalle on oltava tehokas suojaustoimenpide (vikasuojaus) (ks. HD 60364-4-41, kohta 411.3) (tarkoitetaan johdonsuoja katkaisijaa) [1, s.16.]

Testattavan kappaleen tulee olla erotettuna maasta. Jos tämä ei ole mahdollista, tulee jännitteen siirtyminen muihin johtaviin osiin estää muilla testusrakennelman suunnittelu ja valmistus menetelmillä. Testauspöytien kansien on oltava eristävää materiaalia. [1, s.16.]

Jännitteisten osien ympärillä olevaa tilaa kutsutaan kielletyksi alueeksi. Sinne pääseminen tulee olla estettynä ellei jännitteisiä osia ole kokonaan kosketussuojattu. Kielletyn alueen rajat riippuvat testausjännitteestä. Jännitteisten osien pintoja pidetään kielletyn alueen rajoina, kun testausjännite on alle 1000 V. [1, s. 12, 16.]

Testausalueen ja -laitteiston tulee olla selvästi ja näkyvästi merkattu varoituskilvillä. Testauslaitteiston testaus ja ohjauspiirien tulee olla selvästi tunnistettavissa. Lisäksi testauslaitteen toimintatila tulee olla selvästi ilmoitettu esimerkiksi merkivaloilla ja käyttötilanne esimerkiksi varoitusvaloilla. [1, s.16.]

Käyttötilanne jaetaan seuraaviin kohtiin

ei käytössä

- kaikki sähkönsyötöt ml. merkinanto- ja ohjauspiirit on katkaistu ja varmistettu, etteivät ammattitaidottomat henkilöt voi kytkeä niitä päälle
- on tehty kaikki ennen testausalueelle menoa tarpeelliset turvallisuustoimenpiteet

valmis käyttöön

- testausasennusten kytkinlaitteiden merkinanto- ja ohjauspiirien syötöt on kytketty
- vihreät merkkivalot on kytketty toimimaan (näitä vihreitä merkkivaloja ei tarvita alle 1000 V testauspiireissä)
- kaikki testausjännitteet on katkaistu ja varmistettu, ettei niitä voi kytkeä päälle tahattomasti
- kohdassa "ei käytössä" vaaditut turvallisuustoimenpiteet ovat voimassa

valmis jännitteen kytkemiseen (kytkentävalmis)

- kaikki testausjännitesyötöt on katkaistu
- kaikki pääsytiät testausalueelle on suljettu
- punaiset varoitusvalot on sytytetty
- kohdassa "ei käytössä" vaaditut turvallisuustoimenpiteet eivät ole enää voimassa.

käytössä

- kaikki pääsytiät testausalueelle on suljettu
- punaiset varoitusvalot on sytytetty

- yksi tai useampia testausjännitesyöttöjä on kytketty. [1, s.12–14]

Testauslaitteistossa on oltava hätäkytkentälaitte, joka katkaisee kaiken vaaraa aiheuttavan sähköenergian. Laitteen on oltava EN ISO 13850:2008 vaatimuksen mukainen. Testausalueella tulee olla riittävä määrä käsikäyttöisiä ohjaimia, riippuen testausalueen laajuudesta ja monimutkaisuudesta. [1, s.16.]

Testauslaitteisto on varmistettava asiattomalta ja tarkoituksettomalta jännitteen kytkemiseltä testauspiireihin. Käsiöohjauslaitteiden pitää selkeästi vastata vastavia testipiirejä. [1, s.18.]

Testauspiirit eivät saa tulla automaattisesti jänniteisiksi, kun jännite palaa jännitekatkoksen jälkeen. [1, s.18.]

Jos on todennäköistä, että jäännösjännitteistä voi aiheutua vaaraa jännitteiden poiskytkemisen jälkeen, tulee testauslaitteistot varustaa sopivilla laitteilla tai välineillä joilla varmistetaan jännitteiden turvallinen purkautuminen. [1, s.18.]

Jännitteiden siirtyminen testausalueen ulkopuolisiin kosketeltaviin ja johtaviin osiin on estettävä riittävin toimenpitein, joita ovat esimerkiksi maadoittaminen, osien peittäminen, johtoreittien valinta. Tällaiset johtavat osat voidaan myös suojata koskettamiselta. [1, s.18.]

Muiden kuin jännitteestä johtuvien vaarojen (kuten valokaaret, melu, räjähdys, säteily, ympäristöön sinkoilevat osat, kaasun muodostuminen ja vaaralliset aineet) estämiseksi on tehtävä sopivia suojausmenettelyjä. [1, s.18]

2.3 Testauspaikka ilman automaattista suojausta kosketukselta

SFS-EN 50191:2011 mukaan testauspaikkaa ilman automaattista suojausta koskettamiselta koskevat seuraavat lisämääräykset:

Testausalueen on oltava erotettu työskentelyalueista ja kulkureiteistä. Testausalueen aitausten on oltava rakennettu, niin että ne estävät muiden kuin testaushenkilöiden pääsyn alueelle ja yletymisen kielletylle alueelle sekä estävät alueen ulkopuolisia henkilöitä koskettamasta testauslaitteistojen käyttölaitteita. Aitaukset voivat olla rakennettu seinämistä, verkkoaidoista, ketjuista, köysistä, puomeista kuitenkin niin että alueen sisäpuolinen henkikö on koko ajan nähtävissä. [1, s.16–20.]

Testauksen toimintatila varten on asennettava riittävästi punaisia merkkivaloja. Vihreitä merkkivaloja ei tarvita koska jännitteet jäävät alle 1000 V. [1, s.20.]

Sähkötyöpajassa kahden ylemmän kohdan mukaiset aitaukset ja punaiset merkkivalot voidaan jättää pois jos sivullisten turvallisuus saadaan turvattua muilla järjestely ja rakenne ominaisuuksilla, sekä testausasennuksia valvotaan luotettavasti testejä suorittavan henkilön toimesta. [1, s.20.]

Vähintään yksi hätäkytkin on asennettuna alueen ulkopuolelle. [1, s.20.]

Testaus henkilön liikkumisen on oltava esteetöntä. [1, s.20.]

Sähkökojeilla, kuten mittareilla ja säätövastuksilla on oltava hyvä vikavirtasuojaus. Suositeltavaa on käyttää suojaeristettyjä sähkökojeita tai suojaerotusmuuntajan kautta tapahtuvaa virran syöttöä. Suojaus koskee myös testauskohteen jännitteelle alttiita osia, elleivät nämä testauskohteen osat kuulu testaukseen. [1, s.20.]

Testauspiirit on varustettava lisäsuojana toimivalla vikavirtasuojalla, jos piirit on kytketty tavalliseen jakeluverkkoon. Vikavirtasuojan toimintavirran tulee olla enintään 30 mA. Suojan tulee olla myös sopivan laatuinen riippuen testattavan tuotteen komponenteista, esimerkiksi huomioiden tasasähkökomponentit. Jos vikavirtasuojan käyttö ei ole mahdollista, voidaan lisäsuojauksena käyttää vikavirtavalvontajärjestelmää (RCM), jonka toimintavirta on enintään 30 mA. Vikavirtavalvontajärjestelmän toimintavirran ylittyessä virran poiskytkentä aika ei saa ylittää vikavirran poiskytkentä aikaa. Valvontalaitteen syöttöjännitteen katoamisen pitää katkaista virta myös testauspiiristä. [1, s.20.]

2.4 Testauslaitteistojen käyttö ja henkilöstö

Testauslaitteistojen käyttöä ja henkilöstöä koskevat seuraavat määräykset:

Testauslaitteistossa on oltava käyttöohjeet, mitkä sisältävät turvallisen toiminnan ohjeet. [1, s.24.]

Käytössä ollut testauslaitteisto on tarkastettava ulkoisesti näkyvien vaurioiden tai vikojen havaitsemiseksi ennen uutta käyttöä. [1, s.24.]

Testauslaitteistoa ei saa käyttää jos havaitaan vaaraa aiheuttavia merkkejä vaurioista tai vioista. [1, s.24.]

Testauslaitteen kunnossapidon täytyy suorittaa ammattitaitoinen henkilö. [1, s.24.]

Turvallisuuslaitteiden oikea kunto ja toiminta tulee tarkastaa ammattihenkilön toimesta riittävin väliajoin, niin että tulokset kirjataan muistiin. [1, s.24.]

Testauslaitteiston kanssa saavat työskennellä vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Koko Henkilöstö on koulutettava tuntemaan heidän työssään tarvittavat turvallisuusvaatimukset ja -säännöt sekä yrityksen omat ohjeet. Tällainen koulutus on toistettava tarvittaessa, kuitenkin vähintään kerran vuodessa. Henkilöstöä on vaadittava toimimaan vaatimusten, sääntöjen ja ohjeiden mukaisesti. Koulutuksesta on pidettävä kirjallista rekisteriä. [1, s.26.]

Testauspaikoille saa mennä vain sinne kuuluva henkilöstö sekä henkilöt, jotka ovat saaneet riittävän vaaroja koskevan opastuksen. Jos muilla henkilöillä on tarve mennä alueelle, tulee heidän olla ammattihenkilön seurassa ja tietoisia riskeistä. [1, s.26.]

2.5 Testausten valmistelu ja kytkentätoimenpiteet testauspaikoilla

Testauksen valmistelua ja kytkentää koskevat seuraavat määräykset:

Työstä vastaavan henkilön on varmistettava, että ohjeita noudatetaan oikein ja että muut kuin testaushenkilöt ovat poistuneet testausalueelta ennen kuin laitteisiin kytketään jännite. Vain työstä vastaava henkilö voi antaa määräykset kytkimien käytöstä. [1, s.26.]

Testejä suorittavan henkilön tulee tarkastaa testauskoettimien ja niiden johtojen kunto silmämääräisesti ennen niiden käyttöä, turvallisuuden takaamiseksi. [1, s.26.]

Testejä suorittavan henkilön tulee voida todeta toimintatilanne koko ajan, erityisesti silloin kun syötetään useita jännitteitä. [1, s.28.]

2.6 Testaustoiminta

Testaustoimintaa koskevat seuraavat määräykset:

Kokoonpanotyötä ja testejä ei saa suorittaa saman aikaisesti jos tästä voi aiheutua vaaraa. [1, s.28.]

Kielletyllä alueella työskenneltäessä (jännitetyö) on noudatettava EN 50110-1 vaatimuksia. [1, s.28.]

Testauspaikalla, jossa ei ole toimintatilanteessa ”valmis jännitteen kytkemiseen” ja ”käytössä” turvallisuustoimenpiteenä automaattista kosketussuojausta, on vähintään yhdellä henkilöllä oltava näkö ja kuulo yhteys testejä tekevään henkilöön. Tämän henkilön on oltava paikassa, josta voi välittömästi havaita minkä tahansa testausalueen vaaratilanteen ja josta voi poistaa vaaran hätäkytkentälaitteella. [1, s.28.]

Ennen kuin kosketetaan testauskohdetta, joka on tehty jännitteettömäksi, on työmaadoituksella varmistettava, että kosketeltavat osat eivät ole jännitteisiä. [1, s.28.]

Hätäpoistumistiet ja uloskäynnit on pidettävä jatkuvasti vapaina. [1, s.28.]

3 Vikavirtasuojakytkin

Vikavirtasuojakytkin on sähkömekaaninen turvalaite, jota käytetään sähköjärjestelmissä henkilösuojauna tai laitteiston suojana, suojaamaan käyttäjiä ja laitteita mahdolliselta vian aiheuttamalta vuotovirralla.

3.1 Vikavirtasuojan rakenne

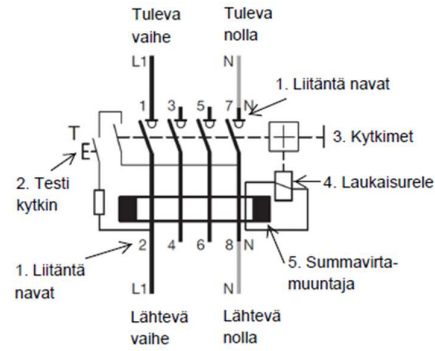
Vikavirtasuojia on saatavana muutamina erilaisina versioina. Yleisimmin käytetään sähkökeskuksen din-kiskoon asennettavaa vikavirtasuojakytkintä (kuva 1), mutta vikavirtasuojia saa myös tavalliseen pistorasiaan asennettavina komponentteina.



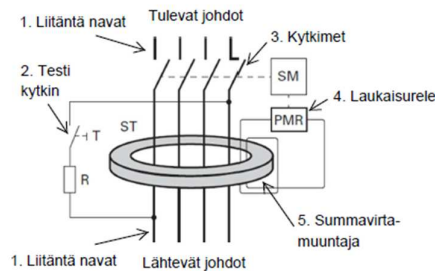
Kuva 1. 4- ja 2-napainen D-kiskoon asennettava vikavirtasuojakytkin. [2.]

Vikavirtasuojia on saatavana kaksinapaisena, jossa on liitännät L ja N, sekä neljänapaisena liitännöillä L1, L2, L3 ja N. Vikavirtasuojakytkin sisältää seuraavat komponentit (kuva 2 ja kuva 3)

1. sähköjohtojen kiinnittämiseen tarkoitetut navat
2. testikytkimen
3. katkaisijana toimivat kytkimet
4. kytkimien asentoa ohjaavan laukaisureleen
5. summavirtamuuntajan.

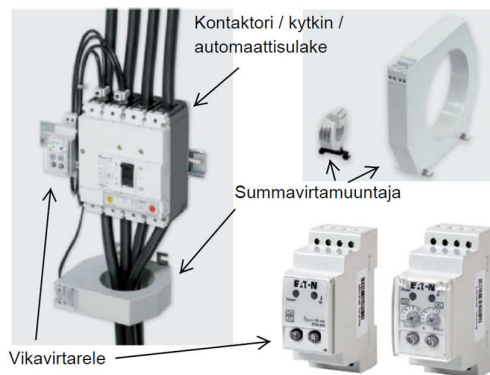


Kuva 2. Vikavirtasuojan rakenne. [3.]



Kuva 3. Vikavirtasuojan rakenne [4.]

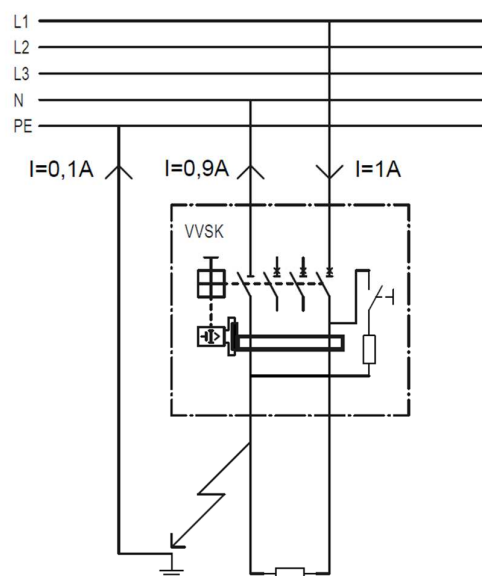
Vikavirtasuojakytkimiä on saatavana myös vikavirtarelinä. Vikavirtareleet tarvitsevat oman erillisen summavirtamuuntajan sekä kontaktorin tai kytkimen, jonka läpi virtajohdot viedään ja jonka toimintaa vikavirtarele ohjaa (kuva 4).



Kuva 4. Vikavirtareleen rakenne [4]

3.2 Vikavirtasuojan toiminta

Vikavirtasuojakytkin mittaa sen läpi menevän ja palaavan sähkövirran määrää. Kun vikavirtasuojaa käytetään yksivaiheisena eli siihen kytketään vaihe (L1) ja nolla (N), kulkee virta vaihejohtinta pitkin kohteeseen ja palaa nolla johdinta pitkin takaisin. Jos jossain kohtaa sähkövirtapiirissä vikavirtasuojan jälkeen sähkövirta pääsee vian kautta vuotamaan muualle esimerkiksi maahan, silloin menevän ja palaavan virran määrät ovat erisuuria (kuva 5). Kun menevän ja palaavan virran erotus on liian suuri, vikavirtasuoja laukeaa ja katkaisee virran kulun. [3; 4; 5; 6.]



Kuva 5. Vikavirtasuojan toiminta.

Vikavirtasuojan toiminta perustuu summavirtamuuntajan läpi kulkevien johtojen virtojen tasapainoon. Summavirtamuuntajan magneettikenttä reagoi vuotovirran aiheuttamaan epätasapainoon, mistä indusoituu virta laukaisureleelle, joka avaa vikavirtasuojan kytkimet. [3; 4; 5; 6.]

Vikavirtasuojakytkimiä voi käyttää yksi-, kaksi-, tai kolmivaiheisena nollajohtimen kanssa tai kolmivaiheisena ilman nollajohdinta. Käytettäessä vikavirtasuojaa kolmivaihejärjestelmässä ja syötettäessä symmetristä kuormaa, vaiheiden vaihe-eroista johtuen niiden

virrat kumoutuvat, jolloin nolla johtimessa ei kulje virtaa. Tästä syystä vikavirtasuojaa voidaan käyttää kolmivaiheisena ilman nollajohtoa, kun vikavirtasuojakytkimen läpi syötetään esimerkiksi kolmivaiheista sähkötyölaitetta, joka ei tarvitse nolla-johtoa. Vikavirtasuojakytkin toimii siis kolmivaiheisena ilman nollajohdinta, koska se mittaa virtojen summaa. [3; 4; 5; 6.]

Vikavirtasuojassa on testi nappula, jota painamalla voi testata vikavirtasuojan toiminnan. Testi nappula kytkee yhteen summavirtamuuntajan jälkeisen vaihejohtimen ja summavirtamuuntajaa edeltävän nollajohdon (kuva 2 ja kuva 3). Näin vaihejohtimessa kulkeva virta ei palaakaan summavirtamuuntajan läpi, mikä aiheuttaa epätasapainon ja vikavirtasuojaa laukeaa. [3; 4; 5; 6.]

3.3 Vikavirtasuojan tehtävä

Vikavirtasuojan tehtävänä on katkaista sähkövirta nopeasti ja pienestä vikavirrasta. Vikavirtasuojan tarkoitus on toimia henkilösuojana siltä varalta, että ihminen tai jokin muu tarkoitukseton asia joutuu osaksi virtapiiriä. Vikavirtasuojan nopea toiminta-aika pienestä virrasta, mahdollistaa sen, että ihmiselle ei ehdi sähköiskun vaikutuksesta syntymään hengenvaarallisia vaurioita. [3; 4; 5; 6.]

Vikavirtasuojaa eroaa tavallisesta sulakkeesta siinä, että vikavirtasuojaa havaitsee sähkövirran siirtymisen pois halutusta virtapiiristä, mutta ei reagoi virtapiiriin sisällä tapahtuvaan ylikuormitukseen. Sulake taas reagoi vain sähkövirran suuruuteen kyseissä johtimessa huomioimatta kulkeeko virta halutussa virtapiirissä vai ei. Sähköturvallisuuden kannalta on suositeltavaa käyttää aina molempia. [3; 4; 5; 6.]

3.4 Vikavirtasuojan toimimattomuus

Vikavirtasuojakytkin suojaaa ihmistä sähköiskulta vain, jos ihminen on yhteyksissä maahan. Jos ihminen koskettaa eristävällä pinnalla seisoessaan sekä vaihe- että nollajohdinta, on hän mukana normaalissa virtapiirissä. Tällöin sekä menevän että palaavan virran määrä on edelleen sama, sillä virtaa ei vuoda maan kautta vikavirtasuojan ohitse

eikä vikavirtasuojia laukea. Sama ongelma esiintyy koskettaessa kahta eri vaihe johdinta. Vikavirtasuojaa voikin nimittää myös niin sanotusti maasulku suojaksi. [3; 4; 5; 6.]

3.5 Vikavirtasuojan ominaisuuksia ja vaatimuksia.

Vikavirtasuojia on saatavana erityyppisinä, riippuen niiden ominaisuudesta reagoida erilaisiin vikavirtoihin. Standardissa SFS 6000-5-53 "Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-53: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus." on taulukossa 531A.1 esitetty vikavirtasuojatyyppejen AC, A, F ja B ominaisuuksia (liite 1). Seuraavana on lueteltu huomionarvoisimmat kohdat kyseistä taulukosta.

AC-tyyppin vikavirtasuojia suojaa äkillisesti tai hitaasti kasvavalta sinimuotoiselta vaihtovirralla. [7, s.65.]

A-tyyppin vikavirtasuojia suojaa AC-tyyppin tapaan äkillisesti tai hitaasti kasvavalta sinimuotoiselta vaihtovirralla, mutta myös pulssimuotoiselta tasasähköltä. [7, s.65.]










F-tyyppin vikavirtasuojia suojaa samalla tavalla kuin A-tyyppin vikavirtasuojia, mutta lisäksi se suojaa äkillisesti tai hitaasti kasvavalta yhdistelmävikavirralla sekä tasoitettua tasavirran päälle lisätyltä pussimuotoiselta tasavirralla. [7, s.65.]

B-tyyppin vikavirtasuojia suojaa samalla tavalla kuin F-tyyppin vikavirtasuojia, mutta lisäksi se suojaa sinimuotoiselta vaihtovirralla 1000 Hz taajuuteen asti, tasoitettua tasavirran päälle lisätyltä vaihtovirralla, kahdesta tai useammasta vaiheesta johtuvasta pulssimuotoiselta tasavirralla sekä äkillisesti tai hitaasti kasvavalta tasoitettua tasavirralla napaisuudesta riippumatta. [7, s.65.]

A-tyyppin vikavirtasuojia on kaikkein yleisimmin käytetty vikavirtasuojan tyyppi. B-tyyppin vikavirtasuojia suojaa kaikkein parhaiten erilaisilta vikavirroilta ja sitä käytetäänkin hyvin usein F-tyyppin vikavirtasuojan sijaan. AC-tyyppin vikavirtasuojien käyttö Suomessa ei ole sallittua, koska useimmilla sähkölaitteilla vikavirta ei ole pelkästään sinimuotoista. [7, s.65.]

Taulukossa 1 on esitettyinä erilaisten vikavirtasuojatyyppejen tunnusmerkinnät.

Taulukko 1. Vikavirtasuojien tyyppi tunnuksat. [7, s.65.]

Tyyppi	AC	A	F	B
Tunnus			  tai 	   tai 

Standardissa SFS 6000-5-53 on myös määritelty taulukoissa 531A.2, 531A.4 ja 531A.5 vikavirtasuojan toiminta-ajat eri toimintavirroille (liite 2). Standardin vaatima toiminta-aika vaihtelee riippuen onko vikavirta sinimuotoista vaihtovirtaa, pulssimuotoista tasavirtaa vai tasoitettua tasavirtaa. Kun tarkastellaan toiminta-aikoja erilaisilla vikavirtatyypeillä ja valitaan taulukoista aina vaativin eli pienin toiminta-aika, saadaan yleispätevä arvio vikavirtasuojien toiminta-ajoista, vikavirtasuojan mitoitustoimintavirran ollessa enintään 30 mA. [7, s.66–67.]

Vikavirran ollessa yhtä suuri kuin vikavirtasuojan toimintavirta eli 30 mA, tulee vikavirtasuojan toiminta-ajan olla 0,3 s. [7, s.66–67.]

Jos vikavirta kasvaa kaksin kertaiseksi toimintavirtaan nähden eli 60 mA, tulee vikavirtasuojan toiminta-ajan olla 0,15 s. [7, s.66–67.]

Jos vikavirta kasvaa yli nelinkertaiseksi toimintavirtaan nähden eli 120 mA, tulee vikavirtasuojan toiminta-ajan olla 0,04 s. [7, s.66–67.]

Vikavirtasuojalle vaadittava toiminta-aika siis pienenee vikavirran kasvaessa. Näin ollen suuri vikavirta ei kerkeä aiheuttamaan vakavia vahinkoja. Pieni vikavirta itsessään ei aiheuta niin suurta vahinkoa vaikka se vaikuttaisi vähän pidemmän aikaa.

4 Hissin toiminta

Hissiä ohjaavat monenlaiset ohjauslogiikat mukaan lukien turvapiirit. Ohjauslogiikat on suurimmaksi osaksi sijoitettu niin sanottuun ohjauskaappiin, joka toimii hissin sähkökeskuksena. Ohjauskaappi vastaanottaa tietoa hissin liikkeistä hissikuilussa ja hissikorissa olevilta laitteilta sekä kerroksien ovien laitteilta. Ohjauskaapin logiikat käsittelevät tiedon ja lähettävät sen taajuusmuuttajalle. Taajuusmuuttaja säätelee hissin nostokoneistolle syötettävää virtaa, eli pyörittää nostokoneistoa ja näin ollen liikuttaa hissiä. [8.]

Hissin koria voidaan liikuttaa joko köysien avulla tai hydrauliiikan avulla. Köysihissit voidaan jakaa kahteen ryhmään: konehuoneellisiin ja konehuoneettomiin. Konehuoneellisissa hisseissä koneisto, taajuusmuuttaja ja ohjauskaappi sijaitsevat hissikuilun yläpuolella olevassa konehuoneessa. Konehuone on erillinen tila, joka vaatii rakennukselta ylimääräisen kerroksen, johon hissi ei kulje. [8.]

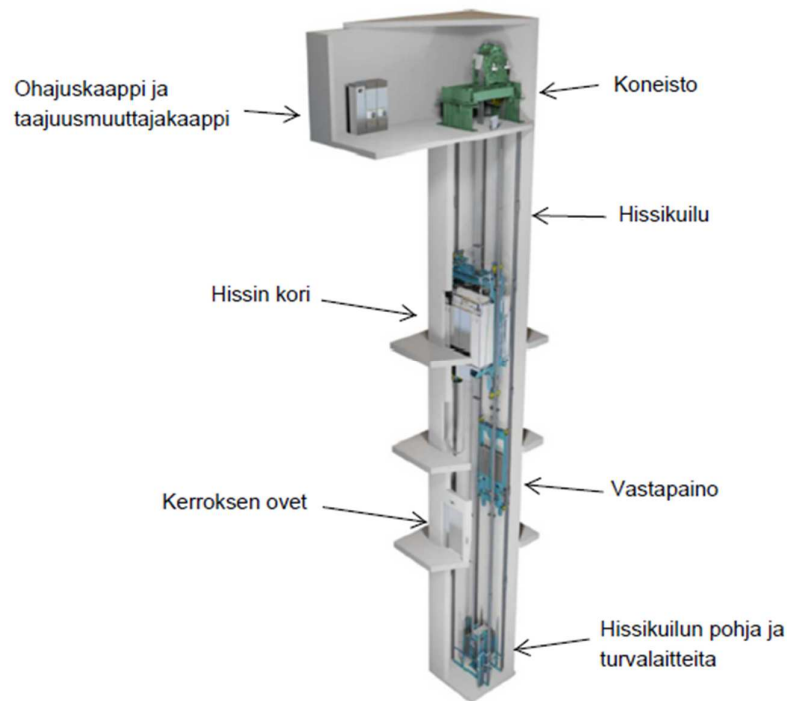
Konehuoneettomissa hisseissä koneisto on sijoitettu hissikuiluun ja ohjauskaappi kerroksen käytävälle. Taajuusmuuttaja sijoitetaan yleensä kuiluun, mutta se on mahdollista sijoittaa myös kerroksen käytävälle. [8.]

Hydrauliikkahissin koneisto on sijoitettu kuilun pohjalle, hissin alle. Ohjauskaappi ja taajuusmuuttaja on sijoitettu omaan tilaansa hissikuilun pohjan viereen. Hydrauliikkahissin koneisto nostaa ja laskee hissiä hydrauliiikan avulla. [8.]

Köysihisseissä käytetään hissikorin vastapainoa. Vastapainon tarkoituksena on tasapainottaa koneistolle kohdistuvaa painojakaumaa niin, että koneiston ei tarvitse tehdä isoa työtä hissin liikuttamiseen. Vastapaino on yleensä painavampi kuin hissikori, jotta se kompensoisi hissin käyttäjien painoa. Jos hissi jätettäisiin paikalleen ilman jarruja ja turvalaitteita, lähtisi hissi yleensä liikkumaan ylöspäin. [8.]

Hissin toimintaan vaikuttavia turvalaitteita on sijoitettuna lähes joka paikkaan. Niitä on hissien korissa, kerrosten ovissa ja hissikuilussa. Turvalaitteiden tarkoituksena on suojata käyttäjiä tapaturmilta, estää käyttäjiä vaikuttamasta hissin toimintaan ei-toivotulla tavalla, estää käyttäjiä pääsemästä ei-haluttuihin ja vaarallisiin paikkoihin sekä suojata ja turvata hissien laitteiden toiminta ja kunto. [8.]

Hissin rakennetta havainnollistaa kuva 6 konehuoneellisesta hissistä.



Kuva 6. Konehuoneellisen hissien rakenne. [8]

5 Yrityksen tuotteet

Yrityksellä on useita erilaisia hissikokonaisuuksia, joista valitaan asiakkaalle parhaiten sopiva tuote. Hissikokonaisuudet eli tuotteet voidaan jakaa pääasiassa kolmeen eri ryhmään: MiniSpace, MonoSpace ja ReSolve. Yrityksen Hyvinkään sähköosaston tuotantiloissa on jokaiselle tuoteryhmälle oma alueensa, jossa tuote kasataan, testataan ja osittain myös pakataan. Seuraavana on kerrottu kunkin hissikokonaisuuden ominaisuuksista.

MiniSpace

MiniSpace on konehuoneellinen hissikokonaisuus, jossa koneisto, taajuusmuuttaja ja ohjauskaappi ovat omassa huoneessa hissikuilun yläpuolella. Konehuone mahdollistaa sen että koneisto voi tarvittaessa olla hyvinkin suuri, koska sen ei tarvitse mahtua hissikuiluun. MiniSpace-tuotetta käytetäänkin yleensä silloin kun kuorma eli hissien kantavuus on suuri tai hissien kuilu on korkea. Pilvenpiirtäjät ovat hyvä esimerkki MiniSpace-tuotteen käyttökohteista. MiniSpace-hissin enimmäisnopeus on 10 m/s, enimmäispaino 4000 kg ja enimmäisnostokorkeus 500 m. [8.]

MiniSpace tuotteita on pääasiassa kolmea erilaista:

- KDM 40 ja KDM 90
- KDM 150
- KDH. [8.]

KDM 40- ja KDM 90 -tuotteissa on kooltaan ja tehoiltaan MiniSpace-ryhmän pienimmät taajuusmuuttajat, jolloin myös koneistot on pienimpiä. KDM 40- ja KDM 90 -tuotteet ovat keskenään samanlaisia muuten, mutta KDM 90 -tuotteessa käytettävä taajuusmuuttaja on kooltaan ja tehoiltaan isompi kuin KDM 40 -tuotteessa. Ne eivät muuten eroa ulkoisesti tai komponenteiltaan toisistaan. KDM 40- ja KDM 90 -tuotteet koostuvat vain yhdestä sähkökaapista, missä taajuusmuuttaja on sijoitettu ohjauskaapin sisälle. [8.]

KDM 150 -tuote koostuu kahdesta sähkökaapista, joista toiseen on sijoitettu taajuusmuuttaja ja toiseen ohjauslogiikat (ohjauskaappi). Taajuusmuuttajakaappi sisältää taajuusmuuttajaa varten tarvittavia komponentteja kuten: jarruvastuksen, EMC-filtherin, kontaktoreita ja useita muita komponentteja. Ohjauskaappi ja taajuusmuuttajakaappi sijoitetaan konehuoneeseen vierekkäin, jotta niiden väliset johdotuksen saadaan piiloon kaappien alaosien sokkeleihin. [8.]

KDH-tuotteet ovat yrityksen suurimmat, niin sähkökaappien, taajuusmuuttajien kuin koneistojen osalta. KDH-tuotteissa taajuusmuuttaja ja ohjauslogiikat on sijoitettu erikseen omiin kaappeihinsa niin kuin KDM 150- tuotteessa. KDH-tuotteen ohjauskaappi on yleisesti ottaen ulkoisesti ja komponenteiltaan samanlainen kuin KDM 150 -tuotteessa.

KDH-tuotteen taajuusmuuttajakaappi sisältää taajuusmuuttajaa varten tarvittavia komponentteja ollen hyvin erilainen verrattuna KDM 150 -tuotteeseen, johtuen siitä että itse taajuusmuuttajat ovat keskenään erilaiset. Suurimassa osassa KDH-tuotteista yhteen KDH-tuotekokonaisuuteen kuuluu kaksi taajuusmuuttajaa niin että molemmat taajuusmuuttajat ovat omissa kaapeissansa. Tällöin koko kokonaisuuteen kuuluu kaksi taajuusmuuttajakaappia ja yksi ohjauskaappi. Kahta taajuusmuuttajaa käytetään isoimmissa nostokoneistoissa, joissa on kaksi moottoria, yksi kummallakin puolen vetopyörää. [8.]

MonoSpace

MonoSpace on konehuoneeton hissikokonaisuus, missä koneisto sijaitsee hissikuilussa, ohjauskaappi kerroksen käytävällä ja taajuusmuuttaja tilanteesta riippuen kuilussa tai kerroksen käytävällä. Konehuoneettomassa mallissa hissi voi kulkea ylimpään kerrokseen asti, mikä on tilaa säästävä ratkaisu ja usein arkkitehtien mieleen. Koska koneisto sijaitsee kuilussa, sen on oltava mahdollisimman kapea, jotta se veisi mahdollisimman vähän tilaa hissikuilusta. MonoSpace-tuotetta käytetäänkin yleensä, kun kyseessä ei ole raskaita taakkoja, eikä korkeita rakennuksia. MonoSpace-hissin enimmäisnopeus on 3,0 m/s, enimmäispaino 2500 kg ja enimmäisnostokorkeus 120 m tai 36 kerrosta. Suomen tällä hetkellä korkein asuinrakennus tai hotelli on Hotelli Tornin Tampere, jolla on korkeutta 88 m ja maanpäällisiä kerroksia 25. Näsinneulan korkeus on 134,5 m. [8; 9.]

ReSolve

ReSolve-tuotetta käytetään vaihdettaessa vanhaan jo olemassa olevaan hissiin uusi sähköistys. Yleensä vaihdettaviin asioihin kuuluu uudet ohjauslogiikat tai turvapiiri tai hissinkäyttölaitteisto. ReSolve-tuotteessa asennetaan uudistuksia varten räätälöity ReSolve-ohjauskaappi, joka mahdollistaa uusien osien tai laitteistojen käytön. [8.]

ReSolve-tuotteessa taajuusmuuttaja on sijoitettuna ohjauskaapin sisälle, jolloin ReSolve-tuotteen kokonaisuuteen kuuluu vain yksi sähkökaappi. ReSolve-tuotetta voidaan käyttää niin konehuoneellisissa kuin konehuoneettomissa vaihtoehdoissa sekä myös hydraulikkahisseissä. [8.]

6 Yrityksen tuotannotestausjärjestelmä

6.1 Testauslaitteiston rakenne

Yrityksen testauslaitteistot ovat osittain siirrettäviä laitteistoja, jotka koostuvat itse testauslaitteesta eli testauskaapista, nostokoneistosta, hissien ovikoneistosta ja testattavasta tuotteesta.

Nostokoneisto ja ovikoneisto ovat kiinteästi asennettuina testauspaikan läheisyyteen. Nostokoneistoja on erikokoisia riippuen testattavasta tuoteryhmästä, mutta kuitenkin vain yksi jokaista testauspaikkaa tai testauslaitteistoa kohden. Poikkeuksena yhdessä testauslaitteistossa on valittavana kahta eri koneistokokoa, riippuen testattavasta tuotteesta. Nosto- ja ovikoneisto kytketään testattavaan tuotteeseen valmiilla kaapeleilla, jotka eivät kuulu testattavaan tuotteeseen. Nosto- ja ovikoneiston kaapelit ovat siis osana testauslaitteistoa.

Testauslaitteistoon syötetään sähköverkosta virta kolmivaiheisena testauskaapin riviliittimille. Riviliittimiltä virta siirtyy pääkytkimelle Q1, jonka jälkeen virta siirtyy kontaktorin läpi testattavaan tuotteeseen. Kontaktoria ohjataan ”Power On” Q2 -kytkimellä, jota käytetään pääasiallisena virran katkaisijana testattavalle tuotteelle. Kontaktorin jälkeen jokaiselle vaiheelle (L1, L2, L3) on oma merkkivalonsa, joista huomataan, kulkeeko vaihejohtimissa virta. Merkkivaloilla taataan turvallisuus, jos kontaktoriin tulee toiminnallinen vika. Kontaktorin jälkeen testauskaappi syöttää virran testattavaan tuotteeseen, joka sen jälkeen syöttää virran nosto- ja ovikoneistoon.

Itse testauskaappiin tulee jatkuvasti virta testausjärjestelmän ulkopuolisesta lähteestä. Näin toimien testauskaapissa voi olla virrat päällä, vaikka testattavasta tuotteesta virta olisikin katkaistu. Tämä mahdollistaa sujuvan ja helpon testaamisen.

6.2 Testauksen toteutus

Testaus aloitetaan siirtämällä testattava tuote testauspaikalle. Ensin testaaja tarkastaa tuotteen silmämääräisesti ja kokeilee komponenttien ja sähköjohtojen kiinnitykset. Kun

kaikki on kunnossa, kytketään tuote testauslaitteistoon eli testauskaappiin, nostokoneistoon ja ovikoneistoon. Tämän jälkeen testauslaitteistosta käännetään pääkytkimestä virrat päälle ja suljetaan releen avulla pääkontaktorin koskettimet, jolloin testattavaan tuotteeseen tulee jännite. Ennen jännitteen syöttämistä testattavasta tuotteesta avataan kaikki kytkimet ja sulakkeet, jotta sähkövirta pääsee etenemään vain haluttuihin paikkoihin. Tämän jälkeen sulakkeet ja kytkimet suljetaan yksi kerrallaan. Tällä menetelmällä on osissa vikatapauksista helppo tunnistaa, missä vika sijaitsee. Saman pystyy tekemään myös toisin päin, jos myöhemmin ilmenee vika, jota on vaikea löytää. Kun kaikki kytkimet ja sulakkeet on käyty läpi, aloitetaan tuotteen toiminnallinen testaus.

Toiminnallisessa testauksessa testaaja testaa testauslaitteistojen avulla, toimiiko kyseinen tuote oikein. Testauskaapille syötetään testattavan tuotteen tiedot, jotta testauslaitteisto osaa laatia tuotekohtaisen testausohjelman ja samalla huomataan jos tuotteessa on vääriä komponentteja tai siitä puuttuu komponentteja. Kun testaus on suoritettu onnistuneesti läpi, irrotetaan tuotteesta siihen testausta varten kiinnitetyt johdot ja kaapelit, ja siirretään tuote pakkaamon puolelle.

6.3 Testauksen henkilösuojaus

Testauksen aikana testaaja joutuu koskettamaan testattavaa tuotetta sen toiminnan tarkastamiseksi sekä erilaisten asettelu arvojen valitsemiseksi. Tätä varten testauslaitteisto on varustettu henkilösuojana toimivalla vikavirtasuojalla.

Testauksen henkilösuojaukseen tutustuttaessa tiedossa oli vikavirtasuojauksen toimimattomuus. Alkuoletuksena on, että taajuusmuuttaja osaltaan aiheuttaa vikavirtasuojan ei-toivotun laukeamisen. Yrityksen tuotannon tiloissa tuotteiden kasaaminen ja niiden testaaminen on jaettu eri alueisiin tuoteryhmien mukaan. Testauksen henkilösuojaukseen lähdettiin tutustumaan tuoteryhmä kerrallaan, huomioiden mahdollisia vikavirtasuojan toimintaan vaikuttavia asioita, kuten testausjärjestelmän rakenne ja taajuusmuuttaja.

ReSolve-testaus

ReSolve-tuotteissa käytetään taajuusmuuttajana mallia V3F. Taajuusmuuttaja on kytkettyä tuotteen sisälle, jolloin se on osana testattavaa tuotetta.

ReSolve-tuotteiden testausjärjestelmän henkilösuojauksessa käytetään A-tyyppin din-kiskoon kiinnitettävää vikavirtasuojakytkintä. Vikavirtasuojan toimintavirta on 30 mA, mikä on standardin SFS-EN 50191 vaatimalla tasolla.

MonoSpace-testaus

MonoSpace-tuotteet eivät itse sisällä taajuusmuuttajaa vaan se toimitetaan ja asennetaan erikseen asennuspaikalle hissikuiluun. MonoSpace-tuotteiden testauksessa käytetään ulkoista taajuusmuuttajaa, joka on sijoitettu testauskaapin viereen. Taajuusmuuttajasta tulee kytkettäessä osa testauspiiriä, sillä taajuusmuuttajalle syötettävä virta kulkee testattavan ohjauskaapin kautta. Taajuusmuuttaja on mallia V3F, ja sitä käytetään testattaessa kaikkia Monospace-tuotteita.

MonoSpace-tuotteiden testausjärjestelmän henkilösuojauksessa käytetään AC-tyyppin vikavirtasuojarelettä, jossa on säädettävä toimintavirta ja -aika. Toimintavirta on säädetty arvoon 30 mA ja toiminta-aika arvoon 0,4 s.

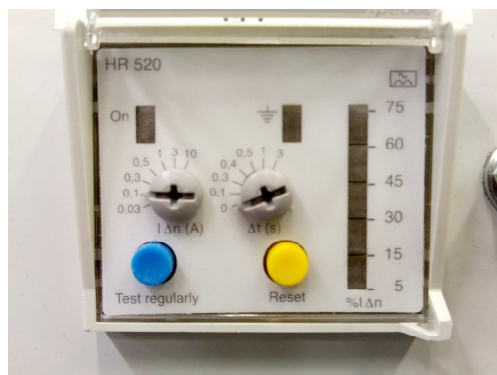
Vikavirtasuojan toiminta-aika on asetettu arvoon 0,4 s, jotta voidaan testata MonoSpace-tuotteen oma vikavirtasuojaa. MonoSpace-tuotteen vikavirtasuojan toiminta testataan aiheuttamalla maasulku, joka laukaisee tuotteen vikavirtasuojan. Koska testauskaapin vikavirtasuojan toiminta-aika on aseteltu sopivaan arvoon, se ei ehdi toimimaan ennen kuin tuotteen oma vikavirtasuojaa toimii. Jos testauskaapin vikavirtasuojan aika olisi pienempi kuin tuotteen vikavirtasuojan, silloin testauskaapin vikavirtasuojaa toimisi ensin ja tuotteen vikavirtasuojaa jäisi testaamatta kokonaan.

Testausjärjestelmän vikavirtasuojan toimintavirta on standardin SFS-EN 50191 vaatimalla tasolla. Standardissa SFS-EN 50191 ei ole vaatimusta vikavirtasuojan toiminta-ajalle, muulta osin kuin jos käytetään vikavirtavalvontajärjestelmää (RCM). Tällöin toimintavirran ylityksen jälkeinen virran poiskytkentäaika ei saa ylittää vikavirtasuojan toiminta-aikaa. Standardissa SFS 6000-5-53 vaatimuksena on että, jos vikavirta on yhtä suuri kuin toimintavirta eli 30 mA, tulee vikavirtasuojan toimia ajassa 0,3 s. Jos vikavirta on kaksinkertainen eli 60 mA, tulee vikavirtasuojan toimia ajassa 0,15 s ja ajassa 0,04 s jos vikavirta on yli nelinkertainen eli 120 mA.

MiniSpace-testaus

MiniSpace KDM 40- ja KDM 90 -tuotteet sisältävät taajuusmuuttajan itsessään ja tulevat täten testatuiksi oman taajuusmuuttajansa kanssa, joka on mallia KDM 40 tai KDM 90. MiniSpace KDM 150- ja KDH -tuotteissa testataan yleensä ohjauskaappi ja taajuusmuuttajakaappi erikseen. Ohjauskaappeja testattaessa käytetään kuitenkin aina kyseisen ohjauskaapin tarvitsemaa taajuusmuuttajamallia, jotka ovat joko KDM 150- tai joku KDH-taajuusmuuttaja.

MiniSpace-tuotteiden testausjärjestelmässä käytetään samanlaista A-tyyppin säädettävää vikavirtasuojarelettä kuin MonoSpace-tuotteiden testausjärjestelmässä (kuva 7). Jokaisessa MiniSpace-tuotteen testauslaitteistossa vikavirtasuojan toimintavirta on säädetty yli 30 mA. Pienimmillään toimintavirta on säädetty arvoon 0,3 A ja suurimmillaan arvoon 1,0 A. Vikavirtasuojan toiminta-aika on 0 s, kaikissa paitsi yhdessä testauslaitteessa, jossa toiminta-aika on säädetty arvoon 0,1 s. Jos vikavirtasuojien toimintavirrat ja toiminta-ajat säädettäisiin standardin SFS-EN 50191 vaatimalle tasolle, vikavirtasuojia laukeaisi kesken testauksen ja näin ollen tekisi testauksen mahdottomaksi.



Kuva 7. A-tyyppin säädettävän vikavirtasuojareleen näyttö.

MiniSpace-tuotteiden testausjärjestelmän vikavirtasuojaukseen tutustuminen aloitettiin tuoteryhmäkohtaisesti, jotta saataisiin selville vikavirtasuojankäyttöön liittyvän ongelman monimuotoisuus ja miten testattava tuote vaikuttaa vikavirtasuojan käyttöön. Ongelman selvittämisessä kokeiltiin testausta vikavirtasuojan eri toimintavirroilla I_n ja toiminta-ajoilla t . Näistä saadut vikavirran arvot I_v on katsottu vikavirtareleen näytöstä (kuva 7). Vikavirtareleen näyttö näyttää vikavirran prosenttiosuuden suhteessa säädettyyn toimintavirran

arvoon. Saadut vikavirran arvot eivät siis ole tarkkoja mittaustuloksia, vaan ne ovat suuntaavia arvoja, jotka kuitenkin vaikuttavat suoraan vikavirtareleen toimintaan.

Vikavirtareleen näytön prosenttiasteikossa suurin arvo on 75%, mikä tarkoittaa että sen yli menevät vikavirran arvot ovat samaa suuruusluokkaa kuin asetettu toimintavirran arvo ja silloin toiminta-ajan asetteluarvo vaikuttaa vikavirtasuojan laukeamiseen. Koska releen näytön vikavirtaprocentin asteikko on hyvin epätarkka, on saadut vikavirran arvot pyöristetty helpomman tulkinnan ja luettavuuden takia sopivaan arvoon. Tuloksissa yliviite merkintä ^x tarkoittaa että vikavirtasuojia laukesi kyseisillä vikavirtasuojan asetteluarvoilla.

Vikavirtasuojan toimintaa testattiin testauksen eri tilanteissa:

- Käynnistyksessä testattavaan tuotteeseen syötetään virta testauslaitteelta.
- Normaali-ajossa testattava tuote pyörittää koneistoa omatoimisesti. Normaali-ajo vastaa tilannetta, jossa hissille annetaan kerroskutsu, jolloin hissi liikkuu ohjauslogiikoiden opastamana kerrokselta toiselle.
- Huolto-ajossa testattava tuote pyörittää koneistoa testaajan manuaali-ohjauksella. Huolto-ajo tilanteessa koneistoa ei pyöritetä ohjauslogiikoiden välityksellä, mistä seuraa, että koneiston pyöriminen ja pysähtyminen tapahtuvat äkkinäisesti eikä pehmeästi kiihdyttäen tai jarruttaen. Huoltoajossa koneiston pyörimisnopeus on rajoitettu normaali-ajoa pienemmäksi.
- Häätä-seis-tilanteessa koneiston pyöriminen pysäytetään äkillisesti.

KDM 40 ja KDM 90

KMD 40- ja KDM 90 -tuotteiden testauksen kohdalla käytettiin KDM 90 -tuotetta, jossa on sisällä KDM 90 -taajuusmuuttaja. Oletuksena on, että isompitehoinen taajuusmuuttaja kattaa myös pienempitehoisen ongelmatilanteen.

KDM 90 -tuotetta testattaessa saatiin taulukossa 2 olevat tulokset.

Taulukko 2. KDM 90 -tuotteen testaustulokset.

KDM 90	Toimintavirta I _n (A)	Toiminta-aika t (s)	Vikavirta I _v (%)	Vikavirta I _v (mA)
Käynnistys	0,3	0	60	200
	0,1	0,5	> 75	> 100
	0,1	0,3	> 75	> 100 ^x
	0,1	0	> 75	> 100
Normaali-ajo	0,03	0	45	15
Huolto-ajo	0,03	0	45	15
Hätä-seis	0,03	0	45	15

Yhteenvedona voidaan todeta, että vikavirran suuruus käynnistyksessä on noin 200 mA. Normaali- ja huolto-ajossa sekä hätä-seis-käytössä vikavirran suuruus on noin 15 mA. KDM 90- ja oletettavasti myös KDM 40 -tuotteiden kanssa vikavirtasuojan toimintaongelma ilmenee silloin kun testattavaan tuotteeseen kytketään jännitteet. Muissa testauksen vaiheissa vikavirtasuojat toimii standardin SFS-EN 50191 vaatimuksien mukaisesti.

KDM 150

KDM 150 -tuotteen testauksessa testattavana oli KDM 150 -tuotteen ohjauskaappi sekä samaan hissiin tarkoitettu taajuusmuuttajakaappi, joka sisältää KDM 150 -taajuusmuuttajan.

KDM 150 -tuotetta testattaessa saatiin taulukossa 3 olevat tulokset.

Taulukko 3. KDM 150 -tuotteen testaustulokset.

KDM 150	Toimintavirta I _n (A)	Toiminta-aika t (s)	Vikavirta I _v (%)	Vikavirta I _v (mA)
Käynnistys	1	0	15	150
	0,1	0,1	> 75	> 100
	0,03	1	> 75	> 30 ^x
Normaali-ajo	0,03	0	45	15
Huolto-ajo	0,03	0	45	15
Hätä-seis	0,03	0	45	15

Yhteenvedona voidaan todeta että vikavirran suuruus käynnistyksessä on noin 150 mA. Normaali- ja huolto-ajossa sekä hätä-seis käytössä vikavirran suuruus on noin 15 mA. KDM 150 -tuotteiden kanssa vikavirtasuojan toimintaongelma ilmenee samalla tavalla kuin KDM 40 ja KDM 90 -tuotteiden tapauksessa. Vikavirtasuojaa laukeaa, kun testattavaan tuotteeseen kytketään jännitteet, mutta muissa testauksen vaiheissa vikavirtasuojat toimii standardin SFS-EN 50191 vaatimuksien mukaisesti.

KDH

KDH-tuotteen testauksessa ohjauskaappi ja taajuusmuuttajakaappi testataan eri testauspaikoilla. Ohjauskaapin testauspaikalla käytetään pysyvää KDH-taajuusmuuttajakaappia, jotta vikatilanteessa tiedetään heti että vika on testattavassa tuotteessa eli ohjauskaapissa. KDH-taajuusmuuttajakaappia testattaessa taas käytetään pysyvää ohjauskaappia samasta syystä. Tämä testausmenetelmä helpottaa ja nopeuttaa testausprosessia.

KDH-tuotteen testauksen vikavirtasuojan toimintaa varten testasimme kahta erilaista KDH-taajuusmuuttajakaappia. Ensimmäisessä kokeilussa käytössä oli KDH 180 -tuote johon kuluu kaksi taajuusmuuttajakaappia, jotka on yhdistetty toisiinsa. Kyseisessä tuotteessa käytetään tehoiltaan yrityksen toisiksi suurimpia KDH-taajuusmuuttajia. Toisessa kokeilussa käytössä oli KDH 110 S -tuote, johon kuuluu vain yksi KDH-taajuusmuuttajakaappi.

KDH 180 -tuotetta testattaessa saatiin taulukossa 4 olevat tulokset.

Taulukko 4. KDH 180 -tuotteen testaustulokset.

KDH 180	Toimintavirta In (A)	Toiminta-aika t (s)	Vikavirta lv (%)	Vikavirta lv (mA)
Käynnistys	0,03	0	30	10
Normaali-ajo	0,5	0	30	150
	0,3	0,5	30	100
	0,03	0	> 75	> 30 ^x
Huolto-ajo	0,5	0	45	250
	0,5	0	> 75	> 500 ^x
	0,3	0,5	60	200
	0,3	0,5	> 75	> 300 ^x
	0,1	0	> 75	> 100 ^x
Hätä-seis	0,5	0	30	150
	0,3	0,5	> 75	> 300
	0,3	0	> 75	> 300 ^x

Yhteenvedon voidaan todeta, että vikavirran suuruus käynnistyksessä on noin 10 mA ja normaali-ajossa noin 150 mA. Huolto-ajossa ja hätä-seis-pysäytyksellä vikavirransuuruus oli suurimmillaan yli 500 mA. Hätäpysäytyksellä saadut vikavirranarvot vaihtelivat suuresti riippuen koneiston pyörimisnopeudesta.

KDH 110 S -tuotetta testattaessa saatiin taulukossa 5 olevat tulokset.

Taulukko 5. KDH 110 S -tuotteen testaustulokset.

KDH 110 S	Toimintavirta In (A)	Toiminta-aika t (s)	Vikavirta lv (%)	Vikavirta lv (mA)
Käynnistys	0,03	0	15	5
Normaali-ajo	0,3	0	30	100
	0,1	0,3	> 75	> 100
	0,1	0	> 75	> 100 ^x
	0,03	0	> 75	> 30 ^x
Huolto-ajo	0,5	0	> 75	> 500 ^x
	0,3	0,1	30	100
	0,3	0,1	> 75	> 300 ^x
	0,3	0	> 75	> 300 ^x
Hätä-seis	0,5	0	30	150
	0,3	0,5	> 75	> 300
	0,3	0	> 75	> 300 ^x

Yhteenvetona voidaan todeta, että vikavirran suuruus käynnistyksessä on noin 5 mA ja normaali-ajossa noin 100 mA. Huolto-ajossa ja hätä-seis-pysäytyksellä vikavirransuuruus oli suurimmillaan noin 500 mA. Häätäpysäytyksellä saadut vikavirranarvot vaihtelivat suuresti riippuen koneiston pyörimisnopeudesta.

Yksiosaista KDH-taajuusmuuttajakaappia testattaessa vikavirtasuojat toimii samalla tavalla kuin kaksiosaista KDH-taajuusmuuttajakaappia testattaessa, sillä erolla että yksiosaisen taajuusmuuttajakaapin vikavirran arvot ovat pienemmät. Testauksen henkilösuojausten kannalta tällä erolla ei ole väliä. Jatkossa viitattaessa KDH-tuotteisiin voidaan käyttää KDH 180 -tuotteen tuloksia.

MiniSpace KDH -tuotteita testattaessa tilanne on päinvastainen kuin KDM-tuotteissa. KDH-tuotteissa vikavirtasuojat toimii standardin SFS-EN 50191 vaatimilla arvoilla kun tuotteeseen kytketään jännitteet, mutta kun tuotteelle annetaan käsky pyörittää koneistoa eli hissiä ajetaan normaali-ajolla, vikavirtasuojat laukeaa. Huolto-ajoa ja hätä-seis-pysäytystä käytettäessä vikavirran arvo on vielä normaali-ajoa suurempi, johtuen koneiston äkillisestä pysähtymisestä.

Huomioitavaa on, että MiniSpace-tuotteiden testauskaappi eli testauslaite on samanlainen kuin MonoSpace-tuotteen testauskaappi, joten itse testauskaappi ei aiheuta ongelmia.

7 Henkilösuojausten parantaminen

Kun oltiin tutustuttu standardin SFS-EN 50191 vaatimuksiin ja vikavirtasuojan toimintaan sekä tutustuttu yrityksen tuotteisiin ja niiden testaamiseen, ryhdyttiin selvittämään mahdollisuuksia parantaa yrityksen tuotannontestauksen henkilösuojausta.

7.1 Vikavirtasuojat

Testauksen henkilösuojausten ongelmana oli vikavirtasuojan ei-toivottu laukeaminen osissa testauslaitteistoja. Ongelman takia oltiin yhteydessä muutamien vikavirtasuojavalmistajien Suomen myynnin edustajiin joko puhelimitse tai sähköpostin välityksellä.

Myynnin edustajat ehdottivat käytettäväksi B-tyyppin vikavirtasuojaa, jota käytettäessä taajuusmuuttajan aiheuttamat ongelmat vikavirtasuojan ei-toivotussa laukeamisessa poistuisivat kokonaan. Jokaisella valmistajilla oli muutamia erilaisia B-tyyppin vikavirtasuojia mukaan lukien sähköautojen lataukseen tarkoitettuja vikavirtasuojia. Koska yrityksen testauslaitteistoissa oli käytössä vain A-tyyppin vikavirtasuojia, päätettiin ottaa kokeiltavaksi yksi B-tyyppin vikavirtasuojakytkin.

Uusi B-tyyppin vikavirtasuojakytkin asennettiin KDH-tuotteen testausjärjestelmään. Uusi vikavirtasuojakytkin kuitenkin laukesi useamman yrityskerran jälkeen viimeistään silloin kun koneistoa alettiin pyörittämään eli kun hissiä alettiin ajamaan uuteen kerrokseen. Uutta vikavirtasuojakytkintä kokeiltiin myös KDM 90 -tuotteen testausjärjestelmässä. Uusi vikavirtasuojakytkin ei toiminut myöskään KDM-tuotteessa, vaan se laukesi heti kun tuotteeseen syötettiin jännite. Uusi vikavirtasuojakytkin toimi sekä KDM- että KDH-testausjärjestelmissä samalla tavalla kuin vanha A-tyyppin vikavirtasuojarele, jos vanhaan vikavirtasuojareleeseen asettelisi standardin SFS-EN 50191 vaatimat toiminta-arvot.

Koska uusi B-tyyppin vikavirtasuojakytkin ei toiminut KDM- ja KDH -tuotteiden testauksessa, aloitettiin pohtimaan muita ratkaisuja testauksen henkilösuojauksen parantamiseksi. Ratkaisuissa on otettu huomioon henkilösuojauksen nykyinen tilanne ja standardin vaatimukset sekä ratkaisujen mielekkyys.

7.2 Henkilösuojaus ReSolve

ReSolve-tuotteen testausjärjestelmä on henkilösuojauksen osalta lähes standardin SFS-EN 50191 vaatimalla tasolla. Ainoa poikkeus on vikavirtasuojan tyyppi. Standardissa mainitaan, että on käytettävä sopivia vikavirtasuojia, jos vikavirta sisältää tasasähkökomponentteja. Koska tuote sisältää taajuusmuuttajan, on oletettavaa, että mahdollinen vikavirta sisältää myös tasasähköä. Standardissa SFS 6000-5-53 mainitaan että B-tyyppin vikavirtasuojia suojaa useammasta vaiheesta johtuvalta pulssimuotoiselta tasavirralla sekä äkillisesti tai hitaasti kasvavalta tasoitetulta tasavirralla napaisuudesta riippumatta.

Parannusehdotuksena onkin, että vanha A-tyyppin vikavirtasuojakytkin korvataan uudella B-tyyppin vikavirtasuojalla.

7.3 Henkilösuojaus MonoSpace

MonoSpace-tuotteiden testausjärjestelmä on henkilösuojauksen osalta myös lähes standardin SFS-EN 50191 vaatimalla tasolla. Vikavirtasuojana käytetään A-tyyppin vikavirtasuojaa, kun B-tyyppin vikavirtasuojaa olisi tehokkaampi suoja kaikenlaiselta mahdolliselta vikavirralla. Vikavirtasuojan toiminta-aika on asetettu yli standardissa SFS 6000-5-53 vaadittavan toiminta-ajan, tuotteen komponenttien testauksen mahdollistamiseksi.

Valmistajilta ei ole tällä hetkellä saatavissa säädettävää B-tyyppin vikavirtasuojarelettä. Parannusvaihtoehdoiksi jääkin vikavirtareleen vaihtaminen B-tyyppin vikavirtasuojakyttimeen, jolloin tuotteen omaa vikavirtasuojakytintä ei voida testata, tai henkilösuojauksen pitäminen sillä tasolla, jolla se tällä hetkellä on. Nykyinen henkilösuojauksen taso on kuitenkin hyvällä tasolla, vaikka ei standardien SFS-EN 50191 ja SFS 6000-53-5 vaatimalla tasolla.

7.4 Henkilösuojaus MiniSpace KDM

MiniSpace-tuoteryhmän KDM-tuotteiden testausjärjestelmä ei ole standardin SFS-EN 50191 vaatimalla tasolla. Vikavirtasuojana käytetään A-tyyppin vikavirtasuojarelettä, jonka toimintavirta on asetettu arvoon 0,3 A ja toiminta-aika arvoon 0 s. Standardin vaatimuksena vikavirtasuojan toimintavirran tulee olla enintään 0,03 A.

MiniSpace KDM-tuotteiden testauksessa vikavirtasuojaa laukeaa, kun tuotteeseen kytketään jännite, mutta pysyy päällä testauksen muissa vaiheissa. Henkilösuojauksen parantamiseksi ehdotetaan käytettäväksi kahden käden ohjauslaitetta, jolla voidaan ohittaa vikavirtasuojaa jännitteen kytkemisen ajaksi ja vikavirtasuojareleen vaihtamista B-tyyppin vikavirtasuojakyttimeen. Tällöin testauksen henkilösuojaus täyttäisi standardin SFS-EN 50191 kohdan 4.1.1.1. ja kohdan 4.3.5. vaatimukset liittyen testausrakennelman kosketussuojaukseen.

7.5 Henkilösuojaus MiniSpace KDH

MiniSpace-tuoteryhmän KDH-tuotteiden testausjärjestelmä ei ole standardin SFS-EN 50191 vaatimalla tasolla. Vikavirtasuojana käytetään A-tyypin vikavirtasuojarelettä, jonka toimintavirta on asetettu arvoon 1,0 A ja toiminta-aika arvoon 0 s. Standardin vaatimuksena vikavirtasuojan toimintavirran tulee olla enintään 0,03 A.

KDH-tuotteiden testauksessa vikavirtasuojaja laukeaa, kun tuotetta testataan hissien normaalissa toiminnantestauksessa, vikavirran ollessa noin 150 mA. Tuotteen huoltoajoa ja hätä-seis pysäytystä testattaessa vikavirta nousee yli 500 mA. KDH-tuotteiden testauksen henkilösuojausparantamiseksi ei löydetty vaihtoehtoa, joka täyttäisi standardin SFS-EN 50191 vaatimukset ja olisi testauksen kannalta järkevä. Jos testausjärjestelmä haluttaisiin rakentaa standardin vaatimalle tasolle, tulisi se rakentaa testauspaikkana automaattisella suojauksella koskettamiselta. Tämä tarkoittaisi, että koskettaminen testattavaan tuotteeseen olisi estettävä kun siihen on kytketty jännite. Ainoastaan jännitteetöntään tuotteeseen saisi koskea.

Testausjärjestelmää voitaisiin myös syöttää suojaerotusmuuntajan kautta. Suojaerotusmuuntajaa käytettäessä tuote tulisi testata mahdollisia maavuotovikoja varten ennen sen kytkemistä testaukseen. Maavuotoviat voidaan havaita kun mitataan sähkönjohtavuutta tuotteen maadoituksen ja jokaisen eri vaiheen väliltä. Maavuotovikoja varten tuotteen kaikki kytkimet tuulee kytkeä kiinni, jotta sähkönsiirtyminen koko tuotteen läpi on mahdollista. Ongelman kyseisessä tapauksessa aiheuttaa tuotteen sisällä olevat muuntajat, jotka sähkönjohtavuustestissä katkaisevat virran kulun. Muuntajien mahdolliset mittauspisteet voivat sijaita hyvin hankalissa paikoissa, jonne ei helposti pääse käsiksi.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tutustua vikavirtasuojan käyttöön tuotannontestauksen henkilösuojausjauksena ja saada henkilösuojaus sähköisten testauslaitteistojen asennusta ja käyttöä koskevan standardin vaatimalle tasolle.

Työssä tutustuttiin standardin sisältöön, niin standardin rakenteen, kirjoitustyylin kuin vaatimusten osalta. Standardin luettavuudesta ja vaatimuksista saatiin työn aikana hyvä käsitys. Työssä tutustuttiin myös erilaisiin vikavirtasuojiin niin niiden rakenteen kuin toimintaperiaatteen osalta. Vikavirtasuojan toiminnasta, rakenteesta ja käyttötarkoituksesta saatiin sähkötöitä tekevälle ammattilaiselle vaadittavat tiedot ja ymmärrys.

Työn tavoitteesta saada testauksen henkilösuojausta parannettua ei saatu merkittäviä uudistuksia aikaan. Osassa testauslaitteistoista henkilösuojaus oli valmiiksi hyvällä mallilla, ja näihin saatiin pieni parannusehdotus. Niiltä osin, missä testauksen henkilösuojaus toimi huonoiten, ei löydetty hyvää ratkaisua, joka olisi suoraan ollut toteutuskelpoinen. Testauksen henkilösuojauksen parantamisessa ei siis saavutettu toivottua tulosta. Työn avulla saatiin kuitenkin kattava selvitys ongelman laajuudesta, jotta tulevaisuudessa on helpompi keskittyä ongelmakohtaan ratkaisuun.

Vikavirtasuojan toimintaan tutustumista tuotannon testauksessa hankaloitti se, että testauksessa käytettävät testauslaitteistot ja testattavat tuotteet ovat jatkuvassa käytössä. Parempi vikavirtasuojan toimintaan vaikuttavien tekijöiden selvittäminen vaatisi yhden testauslaitteiston ja tuotteen varaamisen tutkimuskäyttöön pidemmäksi ajaksi, mikä taas laskisi yrityksen tuottavuutta.

Vikavirtasuojan toimintaa yrityksen taajuusmuuttajakäytössä tullaan kuitenkin vielä opinnäytetyön valmistumisen jälkeen jatkamaan.

Lähteet

- 1 Suomen standardisoimisliitto SFS. 2011. Standardi SFS-EN 50191 Sähköisten testauslaitteistojen asennus ja käyttö. 7.3.2011.
- 2 ABB. 2018. System pro M compact, Vikavirtasuojakytkimet F200, B-tyyppi. Abb.com. WAIM136/102018.
- 3 Vikavirtasuojakatkaisijat, Hager. Verkkoaineisto. Utu. <<https://www.utu.eu/sites/default/files/attachments/vikavirtasuojat-tekniset-tiedot-11fi0211.pdf>>. Luettu 21.4.2019.
- 4 Eaton. 2017. Residual Current Devices, Application guide. Eaton.com. Publication No. BR019003EN.
- 5 Vikavirtasuojakytkin. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vikavirtasuojakytkin>>. 15.4.2019. Luettu 21.4.2019.
- 6 Residual-current device, 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Residual-current_device>. 5.4.2019. Luettu 21.4.2019.
- 7 Suomen standardisoimisliitto SFS. 2017. Standardi SFS 6000-5-53 Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Erottaminen, kytkentä ja ohjaus. 18.8.2017.
- 8 KONE Corporation. 2014. Basic Elevator Course. 18.12.2014. Yrityksen sisäinen dokumentti.
- 9 Luettelo Suomen korkeimmista rakennuksista ja rakennelmista. 2019. Verkkoaineisto. Wikipedia. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Luettelo_Suomen_korkeimmista_rakennuksista_ja_rakennelmista>. Päivitetty 22.4.2019. Luettu 27.4.2019.

SFS 6000-5-53, Taulukko 531A.1

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFS

SFS 6000-5-53:2017
65

Taulukko 531A.1 Vikavirtasuojien ominaisuudet vikavirran luonteen perusteella SFS-EN 61008-1, SFS-EN 61009-1 ja SFS-EN 62423 mukaan

Tyyppi	Suojalaitteen toiminnan aiheuttava vikavirta	Tunnus
AC	Äkillisesti tai hitaasti kasvava sinimuotoinen vaihtovirta (SFS-EN 61008-1: 2012 tai SFS-EN 61009-1: 2012 kohta 5.2.9.1) Useimmilla laitteilla vikavirta on muuta kuin sinimuotoista, katso kuva 531 A.2. Sen takia tyyppin AC käyttö ei ole Suomessa sallittua.	
A	Äkillisesti tai hitaasti kasvava sinimuotoinen vaihtovirta tai pulssimuotoinen tasavirta (SFS-EN 61008-1: 2012 tai SFS-EN 61009-1: 2012 kohta 5.2.9.2) Tyyppin A vikavirtasuojia käytetään yleisimmin, ellei ole erityisvaatimuksia.	
F	Kuten A-tyypillä ja lisäksi – äkillisesti tai hitaasti kasvava yhdistelmävikavirta, joka esiintyy vaiheen ja nollan tai vaiheen ja maadoitetun keskipistejohtimen syöttämässä piirissä. – tasoitetun tasavirran päälle lisättyä pulssimuotoinen tasavirta (SFS-EN 62423: 2012 kohta 3.3) Tyyppin F vikavirtasuojia voidaan käyttää taajuusmuuttajilla syötetyillä piireillä. Tyyppi F on käytännössä harvinainen ja sen tilalla voidaan käyttää tyyppiä B	 tai
B	Kuten F-tyypillä ja lisäksi – sinimuotoinen vaihtovirta 1000 Hz taajuuteen saakka – tasoitetun tasavirran päälle lisätty vaihtovirta – kahdesta tai useammasta vaiheesta johtuva pulssimuotoinen tasavirta – äkillisesti tai hitaasti kasvava tasoitettu tasavirta napaisuudesta riippumatta (SFS-EN 62423: 2012 kohta 3.2) Tyyppin B vikavirtasuojaa voidaan käyttää suojaamaan kaiken tyyppisiä vaihtovirtakuormituksia. Tyyppin B käyttöä vaaditaan tietyin ehdoin esim. sähköajoneuvojen syötössä, katso SFS 6000-7-722.	 tai

SFS 6000-5-53, Taulukot 531A.2, 531A.4 ja 531A.5

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFSSFS 6000-5-53:2017
66

Taulukko 531A.2 Vikavirtasuojan toiminta-ajat vikavirran ollessa sinimuotoista vaihtovirtaa (SFS-EN 61008-1: 2013 taulukko 1)

Tyyppi	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	Vikavirtasuojien toiminta-ajat (s), kun vikavirta on sinimuotoista vaihtovirtaa						
			$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$ tai 0,25 A	5A – 200 A	500 A	
Yleinen tyyppi	Kaikki arvot	< 0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	Maksimi- laukaisua- ajat
		0,03	0,3	0,15		0,04	0,04	0,04	
		>0,03	0,3	0,15	0,04		0,04	0,04	
S-tyyppi	≥ 25	> 0,03	0,5	0,2	0,15		0,15	0,15	Minimi- ajat, jolloin laite ei toimi
		> 0,03	0,13	0,06	0,05		0,04	0,04	

Taulukko 531A.4 Vikavirtasuojan toiminta-ajat vikavirran ollessa pulssimuotoista tasavirtaa (SFS-EN 61008-1: 2013 taulukko 2)

Tyyppi	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	Vikavirtasuojien maksimitoiminta-ajat (s), kun vikavirta on pulssimuotoista tasavirtaa.							
			$1,4 I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$2,8 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$7 I_{\Delta n}$	0,35 A	0,5A	350 A
Yleinen tyyppi	Kaikki arvot	< 0,03		0,3		0,04			0,04	0,04
		0,03	0,3		0,15			0,04		0,04
		>0,03	0,3		0,15		0,04			0,04
S-tyyppi	≥ 25	> 0,03	0,5		0,2		0,15			0,15

SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS
FINNISH STANDARDS ASSOCIATION SFSSFS 6000-5-53:2017
67

Taulukko 531A.5 B -tyyppisen vikavirtasuojan toiminta-ajat vikavirran ollessa tasoitettua tasavirtaa (SFS-EN 62423: 2013 taulukko 1)

Tyyppi	I_n A	$I_{\Delta n}$ A	B-tyypin vikavirtasuojien maksimi- ja minimilaukaisuaajat (s)				
			$2 I_{\Delta n}$	$4 I_{\Delta n}$	$10 I_{\Delta n}$	5A, 10A, 20A, 50A, 100 A, 200 A	
Yleinen	Kaikki arvot	Kaikki arvot	0,3	0,15	0,04	0,04	Maksimilaukaisuaika
S-tyyppi	≥ 25	> 0,03	0,5	0,2	0,15	0,15	Maksimilaukaisuaajat
			0,13	0,06	0,05	0,04	Minimiaika, jolloin laite ei toimi

