

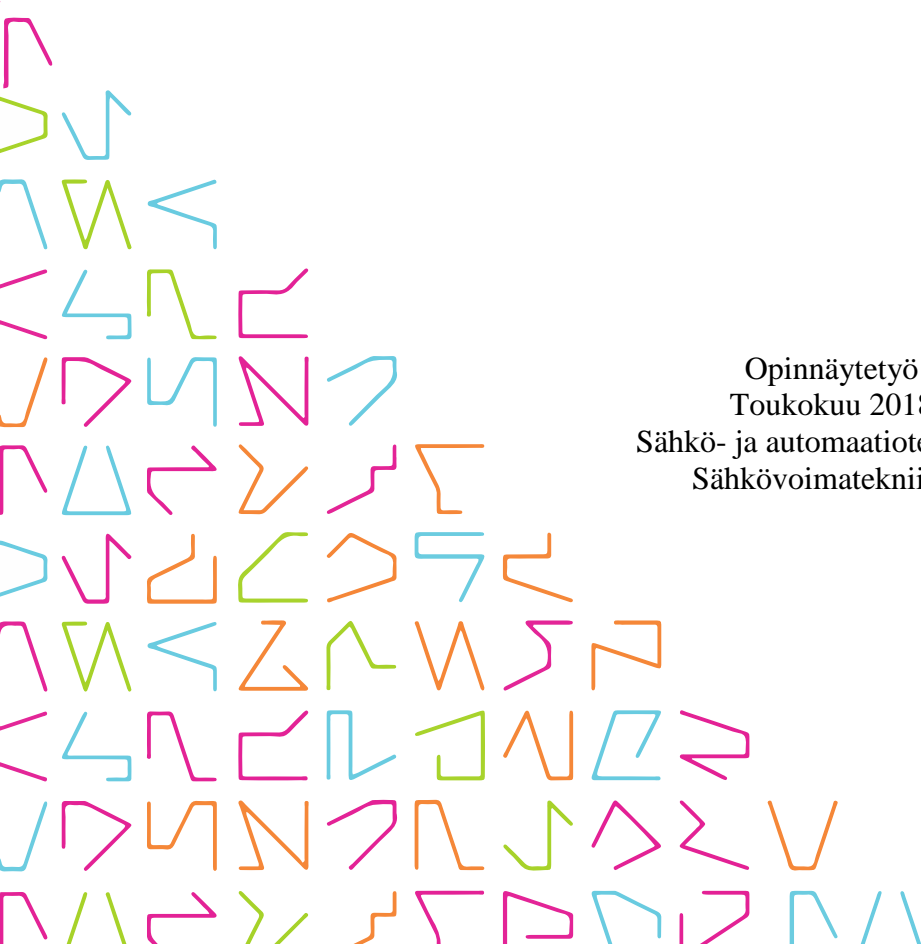


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SUOJARELEEN KOESTUS: ARTES 560

Sami Monola

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Sähkövoimatekniikka

MONOLA, SAMI:
Suojareleen koestus: ARTES 560

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Toukokuu 2018

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda käyttöohje Artes 560 -koestuslaitteelle ja sen mukana tulevalle ARTES-ohjelmalle. Opinnäytetyön avulla koestuslaitteen käyttäjä pystyy suorittamaan yleisimpien suojareleiden koestuksen. Pää tavoitteen lisäksi opinnäytetyössä perehdyttiin myös hieman erilaisiin sähköverkon suojaustapoihin kuten ylivirta-, maasulku- ja differentiaalisuojaus. Opinnäytetyössä esitellään myös asioita, joita koestajan olisi hyvä osata huomioida suojareleitä koestaessaan, kuten laukaisupiirit ja sähköverkon yleinen tilanne.

Koestuslaitteelle ja sen mukana tulevalle ohjelmalle saatiin tehtyä käyttöohjeet. Ohjeesta käy ilmi, kuinka ohjelmaa hyödyntämällä voi sähköjakeluverkossa yleisimmin esiintyvien suojausten koestamisen toteuttaa. Opinnäytetyön esimerkkien perusteella laitteen käyttäjä pystyy myös rakentamaan pohjia erilaisten suojauksien koestamista varten, jo ennen koestuspaikalle menemistä. Työssä esitellään myös perusasiat itse koestuslaitteesta ja siitä, kuinka sillä voi suorittaa koestuksia ilman ohjelmaa. Tässä opinnäytetyössä ei kaikkia ohjelman ominaisuuksia ole esitetty, mutta tärkeimmät asiat yleisimpien suojauksien koestamisen kannalta on esitetty.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Energineering Oy, joka on erikoistunut sähköverkon kaukokäyttöön, automaatioon sekä suojaukseen. Yritys toteuttaa myös erilaisia sähköjakeluverkon käyttöönottoon ja testaukseen liittyviä töitä, kuten relekoestuksia.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

MONOLA, SAMI:
Protective relay testing with Artes 560

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 6 pages
MAY 2018

The goal of this thesis was to create instructions for the Artes 560 testing device and how to use its software. With the help of this thesis, the user will be able to carry out the testing of commonly used distribution network relays. This thesis studies different kinds of distribution network protections and testing regulations and procedures that the person who is carrying out the tests should take into consideration, such as trip circuits and the general state of the distribution network.

Instructions for the device and for the software were made. The guide shows how to carry out the testing of commonly used distribution network protections with the device. With the help of the examples in this thesis, the user can create their own base for different testing situations and carry out the protective relay testing. The thesis also shows the basic functions of the testing device itself and how to carry out the testing without the computer software. All functions of the testing software have not been presented in this thesis, but the functions that are commonly used to test protective relays have been presented.

This thesis work was assigned by Energineering Oy. The company is specialized in distance usage, automation and protection of electrical network. The company also carries out different kinds of work related to the distribution network in Finland, such as commissioning and protective relay testing.

Key words: relay, testing, protection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	RELESUOJAUKSEN TEORIAA.....	7
	2.1 Relesuojaus	7
	2.2 Sähköverkon viat	7
	2.3 Mittamuuntajat.....	8
	2.3.1 Virtamuuntajat.....	8
	2.3.2 Jännitemuuntajat	9
3	YLEISIMMÄT SUOJAUSTYYPIT JA SELEKTIIVISYYS.....	10
	3.1 Ylivirtareleet	10
	3.2 Distanssireleet.....	11
	3.3 Suunnattu maasulkurele	11
	3.4 Differentiaalirele	12
	3.5 Selektiivisyys	12
	3.5.1 Aikaselektiivinen suojaus	13
	3.5.2 Aika- ja suuntaselektiivinen suojaus.....	13
4	KOESTAMINEN	15
	4.1 Relekoestus	15
	4.2 Koestusmenetelmät.....	15
	4.3 Koestuksessa huomioon otettavaa	16
5	KOESTUSLAITE	17
	5.1 Valmistaja	17
	5.2 Tärkeimmät ominaisuudet	17
	5.3 Manuaalinen koestaminen	18
	5.4 Ohjelman perusasettelut.....	19
	5.4.1 Perusasettelut.....	19
	5.4.2 Signaalien reitittäminen kanaville.....	22
	5.4.3 Laitteen yhdistäminen tietokoneeseen	24
6	ESIMERKKIKOESTUKSET	25
	6.1 Yleisnäkymä	25
	6.2 Ylivirtasuojan koestus.....	26
	6.3 Havahtumisen koestus	28
	6.4 Jälleenkytkennät.....	30
	6.5 Automaattinen koestaminen.....	31
	6.5.1 Koestuslistojen luominen.....	31
7	RAPORTOINTI JA MUUT ASIAT	33
8	POHDINTA.....	34

LÄHTEET	35
LIITTEET	36
Liite 1. Koestusraportti	36

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Energineering Oy:n toimeksi antamana, ja työn tavoitteena oli luoda käyttöohjeet Artes 560 -koestuslaitteelle ja sen mukana tulevalle koestusohjelmalle sekä tehdä esimerkkikoestuksia. Opinnäytetyössä myös käsitellään suojauslaitteiden koestamista yleisellä tasolla ja esitellään, millaisia koestustapoja on olemassa. Työssä esitellään yleisimpiä sähköjakeluverkon suojaustyyppisiä, kuten ylivirta-, maasulku- ja differentiaalisuojauksia. Tässä opinnäytetyössä käsitellään myös asioita, joita koestajan on hyvä ottaa huomioon suojauslaitteita koestettaessa, kuten yleinen työturvallisuus, laukaisupiirit sekä sähköverkon yleinen kytkentätilanne.

Tarkoituksena opinnäytetyöllä on, että koestaja pystyy suorittamaan yleisimpien sähköjakeluverkossa esiintyvien suojauslaitteiden koestamisen. Tarkoituksena on myös antaa koestajalle tietoa siitä, millä tavalla vaihtoehtoja koestuslaitteella on koestuksia suorittaa. Työssä käsitellään ARTES-ohjelmaa myös mahdollisimman tehokkaasti koestuksen kannalta. Työ sisältää esimerkkejä, joiden tarkoituksena on havainnollistaa, kuinka suojauslaitteiden koestamista voi helpottaa ja automatisoida. Näiden esimerkkien perusteella koestaja voi rakentaa erilaisia pohjia omia koestustarkoituksiinsa ja tottumuksiinsa varten.

Tässä opinnäytetyössä pääpaino on sähköjakeluverkon suojauksella ja siihen olennaisesti liittyvällä relekoestuksella. Työ pyrittiin tekemään käytännönläheisesti ja koestajan näkökulma huomioon ottaen. Teoriaosuudessa käsitellään juuri koestajan kannalta tärkeimpiä asioita. Työn lopussa on myös esitetty, miltä koestustulosten pohjalta tulostettu valmis raportti näyttää.

2 RELESUOJAUKSEN TEORIAA

2.1 Relesuojaus

Relesuojauksen tarkoituksena on havaita epätavallisia sähköjärjestelmän tiloja ja toimia suunnitellulla tavalla mahdollisimman nopeasti, jotta normaali tila voitaisiin saavuttaa. Relesuojauksen nopea havahtuminen ja toiminta ovat ensisijaisen tärkeitä ominaisuuksia suojattavan järjestelmän kannalta. On hyvin tavallista, että järjestelmältä vaadittu toimintanopeus on millisekuntien luokkaa. (Horowitz & Phadke. 2008, 1.)

Esimerkiksi sähköverkon erilaiset vikatilat ja niiden aiheuttamat seuraukset on tunnettava, jotta voi ymmärtää miksi releissä on tietynlaiset toimintanopeudet ja muut suojausasettelut. Olennaista on myös se, että suojauslaitteen toiminta ei myöskään saa aiheuttaa suurta häiriötä terveeseen sähköjärjestelmään. (Horowitz & Phadke. 2008, 1.)

2.2 Sähköverkon viat

Olennainen osa relesuojausta ovat sähköverkkoon kohdistuvat vikatilanteet. Yleisin vika siirtoverkossa on salamaniskun aiheuttama 1-vaiheinen maasulku avojohdolle. Siirtoverkon johdoilla käytetään ukkosjohtimia, joten salamanisku suoraan vaihejohtimeen on melko harvinainen. Pylväässä olevan ukkosjohtimen ja vaihejohtimen välinen resistanssi ei aina välttämättä riitä. Tästä seuraa valokaari ukkosjohtimen ja vaihejohtimen välille. Tämä vika saattaa helposti levitä myös kaksi- tai kolmivaiheiseksi oikosuluksi. Esimerkkejä sellaisista vioista, joissa vikaantunut komponentti täytyy erottaa verkosta ovat oikosulut ja maadoitetun verkon maasulut. (Elovaara & Haarla. 2011, 339.)

Vikoja, joiden aiheuttajia on esimerkiksi pylvään katkeaminen, virtamuuntajan räjähtäminen, johtimen katkeaminen tai putoaminen maahan kutsutaan rinnakkaisvioiksi. Kun virtapiirin johtimet joutuvat keskenään kosketukseen esimerkiksi valokaaren avulla, syntyy oikosulku. Oikosulkusuojana voidaan käyttää esimerkiksi ylivirtarelettä. Kun pieninkin vikavirta on suurempi kuin suurin kuormavirta, voidaan ylivirtarelettä käyttää. (Elovaara & Haarla. 2011, 340.)

Kun virtapiirin johdin joutuu johtavaan yhteyteen maan tai maahan johtavassa yhteydessä olevan laitteiston kanssa, kutsutaan tätä eristysviaksi eli maasulkuksi. Maasulkuvirta aiheuttaa hengenvaarallisia jännitteitä maadoitetussa verkossa, verkon vikapaikassa sekä sen ympäristössä. Maasulkuvirta voi aiheuttaa myös tulipaloja. (Elovaara & Haarla. 2011, 340.)

Jos avojohdon johdin katkeaa ja johtimen päät putoavat maahan, on tapaus suojauksen kannalta sama kuin maasulku. Jos taas tilanne on se, että johtimen päät jäävät roikkumaan vapaasti ilmaan, riippuu suojauksen toiminta sen hetkisestä kuormituksesta sekä verkon rakenteesta. Tällaisen tapauksen kanssa samantapainen tilanne on kytkinlaitteen yhden vaiheen katkos. (Elovaara & Haarla. 2011, 340.)

2.3 Mittamuuntajat

Mittamuuntajat ovat jännitteen tai virran mittaukseen tarkoitettuja muuntajia, joiden tehtävä on eristää mittauspiiri päävirtapiiristä sekä muuttaa mitta-alueita. Tärkeää mittamuuntajista on muistaa, että virtamuuntajien toisiokäämi on käytännössä lähes oikosuljettu ja jännitemuuntajan toisiokäämi on lähes tyhjäkäynnissä.

Mittamuuntajan on pystyttävä toistamaan mitattava jännite tai virta mahdollisimman virheettömästi. Käytännössä mittaukseen saattaa aiheutua virhettä esimerkiksi tyhjäkäyntivirrasta ja käämityksen hajaimpedanssista. (Elovaara & Laiho. 1988, 271.)

2.3.1 Virtamuuntajat

Koska virran vaihtelu on suurempaa kuin jännitteen vaihtelu, myös virran mittaaminen on vaikeampaa kuin jännitteen. Kuormitusvirtojen suhde vikavirtoihin voi olla useita kymmeniä, kun vian aikaisten käyttöjännitteiden suhde on usein pienempi kuin yksi. (Mörsky J. 1992, 101.)

Liitinmerkinnät virtamuuntajissa ovat standardoituja. P kirjain viittaa ensiöpuoleen (primary) ja kirjain S viittaa toisiopuoleen (secondary). Jännite, joka esiintyy virtamuuntajan toisiopiirissä, on normaalisti alhainen. Jos toisiopiiri avataan, koko ensiövirta pääsee

magnetoimaan sydäntä, jolloin sydän kyllästyy nopeasti. Avoimien toisioliittimien välille syntyvä jännite saattaa nousta laitteelle ja ihmiselle vaarallisiin arvoihin. Tästä johtuen ei verkkoon kytketyn virtamuuntajan toisiopiiriä saa avata. (Elovaara & Haarla. 2011, 214.)

Virtamuuntajien toisiokäämin potentiaalien nouseminen vaarallisiin arvoihin voidaan estää maadoittamalla virtamuuntaja jommastakummasta navastaan (esim. S1 tai S2). Käämit, jotka syöttävät suojarelettä on yleensä tapana maadoittaa lähinnä relettä olevasta navasta. Virtamuuntajat toimitetaan tehtaalta toisio oikosuljettuna ja sinetöitynä. (Elovaara & Haarla. 2011, 215.)

2.3.2 Jännitemuuntajat

Kuten virtamuuntajassa täytyy myös jännitemuuntajan toisiopiiriin yksi piste maadoittaa. Tämä ehkäisee toisioon siirtyviä vaarallisia ylijännitteitä. Jännitemuuntajan toisiota ei saa oikosulkea (Mörsky J. 1992, 86). Kuten virtamuuntajankin tapauksessa on mittamuuntajien piirien tilanne tärkeää tietää siinä vaiheessa, kun aloittaa koestamisen.

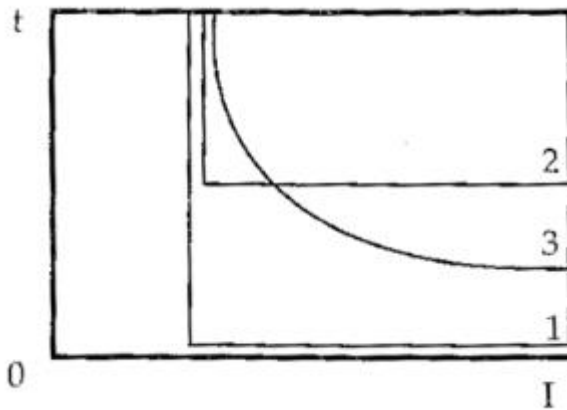
Nimellisjännitteeksi jännitemuuntajalle on valittava IEC-standardien mukaan verkon nimellisjännitteen mukainen jännite. Vaiheiden väliin kytkettävän ensiökäämin nimellisjännite ilmoitetaan pääjännitteenä. Tapauksessa, jossa ensiökäämi kytketään joko vaiheen ja tähtipisteen välille tai maan ja tähtipisteen välille, ilmoitetaan nimellisjännite vaihejännitteenä, esimerkiksi $U_N = (20\,000 / \sqrt{3})$ V (Elovaara & Laiho. 1988, 281.)

Suomessa käytetään toisiojännitteenä useimmin 100 V, kun ensiökäämi on kytketty kahden vaiheen välille tai tähtipisteen ja maan välille. Suositeltava nimellisjännite toisiokäämille on $(100 / \sqrt{3})$ V, jos ensiökäämi on kytketty vaiheen ja maan välille. Esimerkiksi muuntosuhde $20\,000 / 100$ tarkoittaa tällöin, että ensiökäämit on kytketty kahden vaiheen välille ja toisiopuolella on mittauskäämi. Jos muuntosuhde on esimerkiksi $20\,000 / \sqrt{3} / 100$, on ensiöpuoli kytketty verkon tähtipisteen ja maan välille ja toisiossa on vain suojauskäämi. (Elovaara & Laiho. 1988, 282.)

3 YLEISIMMÄT SUOJAUSTYYPIT JA SELEKTIIVISYYS

3.1 Ylivirtareleet

Ylivirtareleen toiminta perustuu nimensä mukaisesti virtaan, joka ylittää suojuukselle asetetun arvon. Suuntaamatonta ylivirtareleä on yleisemmin käytetty säteittäisellä verkolla, kun virran suunta on tiedossa. Suuntaamatonta ylivirtasuojaa voidaan käyttää myös silmuroidussa verkossa varasuojana (Elovaara & Haarla. 2011, 346). Kuvassa 1 on esitetty hetkellisen-, vakioaika- ja käänteisaikaylivirtareleen virta-aika-ominaiskäyrien periaateluonne.



KUVA 1. 1) Hetkellinen ylivirtarele, 2) vakioaikaylivirtarele, 3) käänteisaikaylivirtarele (Mörsky, J. 1992, 36).

Kuvan 1 käyrän 2 vakioaikaylivirtareleessä havahtuminen tapahtuu, kun mitattu virta ylittää asetetun arvon. Laukaisu tapahtuu, kun rele on ollut havahtuneena asetellun ajan. Kuvan 1 käyrän 1 hetkellinen ylivirtarele havahtuu ilman lisäviivettä, kun virta ylittää sille asetellun toiminta-arvon. (Elovaara & Laiho. 1988, 393). Vakioaikaylivirtareleet sopivat siis oikosulkusuojaukseen.

Kuvan 1 käyrän 3 käänteisaikaylivirtareleessä laukaisuaika perustuu virran määrään eli rele toimii sitä nopeammin mitä suurempi virta havaitaan asetteluarvoon verrattuna. Käänteisaikaylivirtareleet sopivat esimerkiksi kohteisiin, joissa vikavirta-arvot ovat erilaisia ja jokseenkin vakioita. Käänteisaikaylivirtarelettä käyttämällä saadaan vikavirtojen vaikutusaikoja lyhennettyä muihin releisiin verrattuna. (Mörsky J. 1992, 35.)

3.2 Distanssireleet

Silmukoitujen verkkojen suojaukseen käytetään distanssireleitä. Rele käyttää mittaukseen virta- ja jännitemuuntajia ja mittaustulosten perusteella laskee niistä impedanssin. Johdon resistanssi suurvoimansiirrossa on hyvin pieni verrattuna reaktanssiin. Tästä syystä virran suuruus ja kulma määräytyvät lähes kokonaan reaktanssin mukaan. (Elovaara & Haarla. 2011, 348.)

Virran ja jännitteen vaihesiirtokulman avulla rele osaa päätellä, onko vika releen edessä vai takana. Jos virta on 90 astetta jännitettä jäljessä, on vika releen edessä. Jos virta on 90 astetta jännitettä edellä, on vika silloin releen takana eli estovyöhykkeellä. (Elovaara & Haarla. 2011, 348.)

3.3 Suunnattu maasulkurele

Suunnattu maasulkurele on rele, joka mittaa vikavirran lisäksi myös vian suuntaa. Rele käyttää mittaukseen nollavirran ja -jännitteen välistä vaihekulmaa (Elovaara & Haarla. 2011, 348). Nollajännitteen mittaamiseen voidaan käyttää jännitemuuntajan avokolmiokäämityksen toisiota tai verkon tähtipisteen ja maan välille kytketyn yksivaihemuuntajan toisiota. Nollavirran mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi virtamuuntajien summakytken avulla. Summakytkentä muodostuu, kun kytketään eri vaiheiden virtamuuntajien toisiot rinnan. Olennaista on kuitenkin huomata, että virtamuuntajien samanlaisuus vaikuttaa summakytken tarkkuuteen. (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 12.) Jotta suunnattu maasulkusuojaus voi laukaista täytyy siis esiintyä tarpeeksi suuri nollavirta ja -jännite sekä kulman täytyy olla oikea.

Nykyisin maasulkuvirran mittaus toteutetaan kaapelivirtamuuntajien avulla. Kaapelivirtamuuntajan avulla pystytään mittaamaan pieniäkin maasulkuvirtoja nimellisvirtojen suuruudesta riippumatta. Juuri tämän vuoksi kaapelivirtamuuntajia pyritään käyttämään aina, kun sen on mahdollista. (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 12.)

3.4 Differentiaalirele

Differentiaalirele on suunniteltu toimimaan silloin, kun suojattavaan kohteeseen tulevien virtojen ja lähtevien virtojen erotus on suurempi kuin suojareleeseen aseteltu arvo. Virtojen summa on silloin nolla, kun suojausalueella ei ole vikaa. Siinä tapauksessa, kun suojattavalla alueella on vika, virta ei mene suojattavan alueen läpi vaan ulkopuolelta tulevat vikavirrat tulevat suojausalueelle. Tällöin suojareleen mittaamien virtojen summa ei ole nolla. Differentiaalisuojauksessa olennaista on se, että se suojaa vain virtamuuntajien välisen alueen, joiden virtoja vertaillaan. Kyseinen rele ei siis pysty toimimaan alueen ulkopuolella eikä näin ollen pysty toimimaan distanssisuojan tapaan varasuojana. (Elovaara & Haarla. 2011, 355.)

Jotta differentiaalisuojaus voi toimia, vaatii rele sitä suuremman virtaeron, mitä suurempi on koko kohteen läpi kulkeva virta. Tämä johtuu siitä, että virtamuuntajan virheistä ja käämikytkimien asennosta aiheutuvat virheet ovat suurempia isommilla kuormitusvirroilla verrattuna pieniin kuormitusvirtoihin. Tätä ominaisuutta tarvitaan, ettei suojausalueen lähellä olevat viat aiheuttaisi virhelaukaisuja. Tätä releen ominaisuutta kutsutaan stabiloinniksi tai vakavoinniksi, ja sen suuruuden pystyy määrittämään releen asetuksista. (Elovaara & Haarla. 2011, 355.) Differentiaalireleen toiminnan perusteella voidaan päätellä, että se on erittäin tärkeä suojaus esimerkiksi muuntajalle ja kiskojärjestelmille.

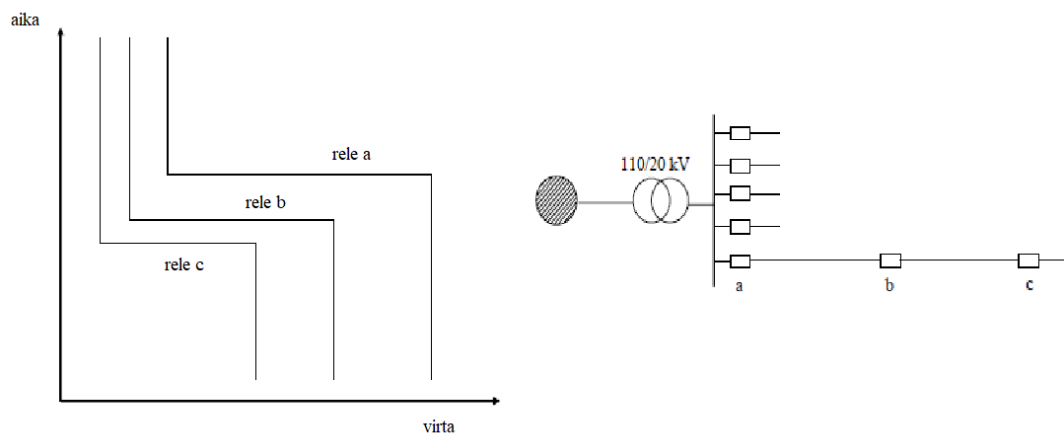
3.5 Selektiivisyys

Oikean suojaustavan valinnalla voidaan vaikuttaa suojauksen toimintanopeuteen, jolla taas on huomattava vaikutus esimerkiksi oikosulun aiheuttamiin haittoihin. Sähkön siirtoverkoissa suojauksen toimintanopeutta parantamalla mahdollistetaan johtojen kuormitusasteiden nostamista ilman, että riski stabiiliuden menettämiseen kasvaa. Tämän takia suojauksen toimintanopeuteen on syytä kiinnittää huomiota. (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 21).

Selektiivisyys tarkoittaa sitä, että pyritään rajaamaan sähköverkon vikatilanteesta aiheutuvat häiriöt mahdollisimman pienelle alueelle. Selektiivisyyden ollessa toimiva, suoja-rele havaitsee vian vain suoja-alueen sisäpuolella. Selektiivinen suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi aika- tai virtaselektiivisesti. (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 20.)

3.5.1 Aikaselektiivinen suojaus

Aikaselektiivinen suojaus on yksinkertaisin tapa toteuttaa sekä ymmärtää selektiivinen suojaus. Aikaselektiivisen suojauksen periaatteena on määrittää suojauksen toiminta-ajat eri portaisiin siten, että vikapaikkaa lähimpänä oleva rele toimii ensimmäisenä. Aikaselektiivisen suojauksen toimintaa tarkasteltaessa on helppo käyttää selektiivisyyskäyrästä. Selektiivisyyskäyrästä on virta-aika ominaiskäyrä, jossa on esitetty suojausketjuun kuuluvien suojien toimintakäyrät (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 22). Kuvassa 2 on havainnollistettu aikaselektiivisen suojauksen toimintaa.

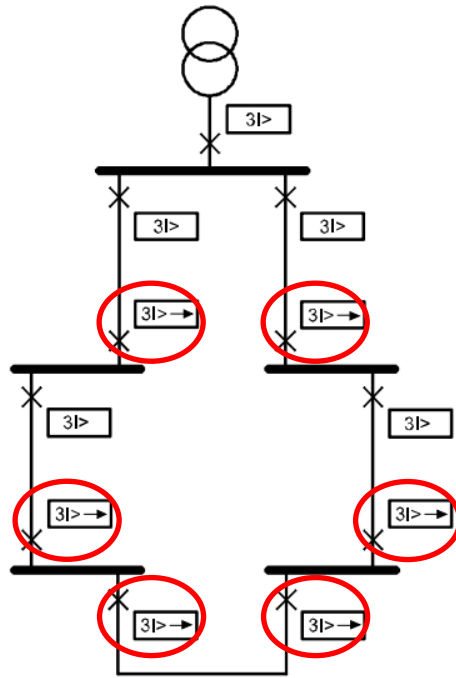


KUVA 2. Selektiivisyyskäyrästä (Tarkiainen, H. 2017).

Kuvasta kaksi nähdään, että esimerkiksi vikapaikan ollessa pisteiden b ja c välissä, selektiivisyyden toteutuessa tapahtuu laukaisu releellä b. Vaikka vikapiste kuuluukin myös releen a suojausalueeseen, ei sen toimesta laukaisua saa tapahtua. (Tarkiainen, H. 2017.)

3.5.2 Aika- ja suuntaselektiivinen suojaus

Selektiivinen suojaus rengas- ja silmukkaverkoissa voidaan toteuttaa suunnattujen ylivirtasuojien avulla. Riippuen vikapaikan sijainnista tarvitaan suojaukselta erilaisia toiminta-aikoja, koska vika voi olla esimerkiksi suojan edessä johdolla tai suojan takana syöttävällä johdolla tai kiskolla. Suunnatun ylivirtasuojauksen toiminta vaatii, että vikavirta ylittää virta-asettelun ja vikavirran suunta vastaa aseteltua arvoa. Tällöin saavutetaan aikaselektiivinen suojaus sekä suuntaselektiivinen suojaus. Kuvassa 3 on esimerkki tapauksesta, jossa käytetään suunnattuja suoja. (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 27.)



KUVA 3. Suuntaselektiivisen suojauksen esimerkki (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 29).

Kuvassa 3 on tarkoituksena havainnollistaa, yhdeltä asemalta syötetyn rengasverkon oikosulkusuojausta. Suunnattua suojausta tarvitaan tässä tapauksessa, koska vikavirta voi kulkea molempiin suuntiin. Kuvaan 3 on merkitty punaisilla ympyröillä suunnattujen suojausten sijainnit ja symbolit. (ABB:n TTT-käsikirja. 2007, 29).

4 KOESTAMINEN

4.1 Relekoestus

Relekoestuksen tarkoituksena on testata, että suojarele toimii siihen asetelluilla arvoilla halutussa ajassa. Vian sattuessa releen täytyy olla täysin toimintakuntoinen ja pystyttävä suojamaan esimerkiksi haluttua johtolähtöä tai muuntajaa suunnitellulla tavalla. Tämän takia suojareleille tehdään säännöllisesti kausikoestuksia. Kausikoestuksen tarkoituksena on varmistaa, että suojarele ei toimi aiheettomasti mutta toimii vian sattuessa. Kausikoestuksessa tulisi myös mahdollisuuksien mukaan suorittaa suojareleen laukaisupiirin testaus laukaisemalla katkaisija. (Gill, P. 2009, 520.)

Koestusvaiheessa koestajan on hyvä tiedostaa, minkälaisia koestusvaihtoehtoja on olemassa ja mikä niistä sopii mihinkin tilanteeseen. Koestajan on myös hyvä huomioida, että oikea vikatilanne voi tulla koestuksen aikana.

4.2 Koestusmenetelmät

Suojauksen ensiökoestuksessa koestuslaitteella syötetään mittamuuntajien ensiön liittimien kautta koestusvirta ja -jännite. Tällöin koko suojauspiirin toiminta saadaan tarkastettua aina mittamuuntajien toiminnasta katkaisijan laukaisuun. Suojauksen toisiokoestuksessa koestusvirta ja -jännite syötetään toisiopiiriin, joka on irrotettu verkon mittamuuntajista. Laukaisupiirin toiminta tarkastetaan laukaisemalla katkaisija asetusarvoa suuremmalla arvolla. (Mörsky, J. 1992, 366.)

Koestusmenetelmistä luotettavin on ensiökoestus siksi, että se kattaa kaikki suojauksessa mukana olevat laitteet, kuten katkaisijan ja mittamuuntajan. Toisiokoestus on kuitenkin huomattavasti yleisempi koestustapa, koska se on huomattavasti helpompi ja siten nopeampi suorittaa. (Mörsky J. 1992, 366.)

4.3 Koestuksessa huomioon otettavaa

Koestusmenetelmästä riippumatta on koestustilanteessa otettava huomioon myös turvallisuus, kuten laitteiden jännitteettömyys, työskentelysuojat, ammattitaito ja laitoksen sähkönjakelun tuntemus. Vaaratilanteita koestuksen aikana saattavat aiheuttaa esimerkiksi virheelliset kytkennät. Tärkeää on muistaa purkaa koestuskytkennät koestuksen jälkeen ja palauttaa tekemänsä muutokset alkuperäisiksi. (Mörsky J. 1992, 367.)

Yleensä koestuksen pystyy suorittamaan itsenäisesti, mutta joissakin testauksissa voi esimerkiksi sähköaseman käyttäjästä olla apua. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi, jos tarvitaan järjestelmästä tarkempaa tietoa.

Erittäin tärkeää koestettaessa jo käytössä olevaa laitteistoa on huomioida laukaisupiirit. Vaikka koestettava johtolähtö voitaisiin korvata tai ohittaa, saattaa suojarile silti lähettää laukaisutiedon ylemmälle tai alemmalle katkaisijalle, vaikka koestettavan katkaisijan aukeamisesta ei mitään haittaa olisikaan. On siis esimerkiksi mahdollista, että sähköaseman 100 kV varasuojat lähettävät laukaisutiedon 20 kV pääkatkaisijalle.

Toinen esimerkki on maasulun koestaminen. Johtolähdöltä saattaa mennä nollajännitteestä tieto pääkatkaisijalle. Vaikka koestettava johtolähtö olisi korvattu tai ohitettu, nollajännitettä syötettäessä kasvaa myös pääkatkaisijan releen näkemä nollajännite, josta laukaisu voi tapahtua. On siis tärkeää huomioida, mitä virtaa tai jännitettä mihinkin piiriin syöttää ja onko mahdollista, että releeltä lähtee tieto muualle. Tässä korostuu piirien ja kaavioiden lukutaito.

5 KOESTUSLAITE

5.1 Valmistaja

KoCoS Technology Group on ryhmä maailmanlaajuisia yrityksiä, jotka tuottavat, myyvät ja kehittävät testausjärjestelmiä ja -laitteita erilaisten sähköjärjestelmien testausta varten. Laitteiden lisäksi KoCoS kouluttaa, tarjoaa tukipalveluita sekä projektinhallintaa. Mittaus- ja testauslaitteet ovat Saksassa valmistettuja. KoCoS:n laitteiden maahantuojana toimii Energineering Oy.

Yritys on perustettu vuonna 1988 ja sillä on yhteensä 12 toimipistettä ympäri maailmaa. Esimerkkejä KoCoS:n valmistamista laitteista

- Artes 560 – Suojareleitten testaukseen
- EPPE – Sähkön laadun mittaukseen sekä vianhallintaan
- SHERLOG – häiriötalennejärjestelmä

Artes 560 on monipuolinen laite, jolla onnistuvat niin yksinkertaiset kuin monimutkaisemmatkin koestukset. Nopeat ylivirtaportaat ja maasulkusuojaukset voidaan suorittaa laitteella manuaalisesti koestuslaitteen näytöltä. Monimutkaisemmat koestukset puolestaan suoritetaan käyttämällä tietokonetta ja Artesin koestusohjelmaa.

5.2 Tärkeimmät ominaisuudet

Artesista löytyy neljä vaihtojännitelähtöä, kuusi virtalähtöä sekä säädettävä tasajännitelähtö. Koestuslaitteessa on kuusi 32 A virtalähtöä. Laitteella voidaan myös antaa releelle apusähköä sitä tarvittaessa. Laitteesta löytyy kahdeksan kappaletta binäärisisääntuloa, jotka voidaan asettaa toimimaan kahdessa eri ryhmässä joko kontaktista (*wet*) tai jännitesignaalista (*dry*). (Operating Instructions. 2016, 16.) Koestuslaite on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Artes 560 koestuslaite (Operating Instructions. 2016, 11)

Laitetta voidaan käyttää joko suoraan kosketusnäytöltä manuaalisesti tai liittää se tietokoneeseen käyttämällä usb- tai ethernet-kaapelia, jolloin voidaan käyttää laitteen mukana tulevaa ohjelmistoa. Koestuslaitteesta löytyy myös kaksi kappaletta binääriulostuloja.

5.3 Manuaalinen koestaminen

Koestuslaitteen näytöltä koestaminen on nopea tapa koestaa suojaus, jos kyseessä on yksinkertainen suojaus tai suojauksia ei ole paljon. Koestuslaitteen etupaneeli on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Koestuslaitteen etupaneeli

Ylläolevassa kuvassa näkyvän paneelin pystyy tarvittaessa vaihtamaan. Paneelista löytyy kosketusnäyttö sekä tarvittavat liittimet tietokoneeseen kytkemistä varten. Näytön vasemmasta alareunasta painamalla pääsee valitsemaan manuaalisen koestustavan (esitetty kuvassa 5 punaisella nuolella), mikäli haluaa koestaa paneelia käyttämällä. Valikosta pystyy valitsemaan, haluaako syöttää symmetrisesti virtaa tai jännitettä vai haluaako syöttää epäsymmetrisesti. Valittaessa *VD-Static* -toiminto voidaan koestuslaitteesta valita, kuinka paljon virtaa tai jännitettä mistäkin kanavasta syötetään. *Symmetric*-toiminnolla virtaa tai jännitettä syötetään symmetrisesti. (Operating Instructions. 2016, 31.)

Jos binäärisisääntuloon on kytkettyä koskettimet koestusta varten esimerkiksi ylivirran laukaisuaikaa mitattaessa, tulee ruudulle näkyviin aika, jolloin binääritulo on havahtunut. Näytöltä voidaan valita, onko binääritulot havahtuvia kontaktista vai jännitteestä. Alkuvalikosta voidaan myös valita, syötetäänkö koestuslaitteella apuvirtaa. (Operating Instructions. 2016, 34.)

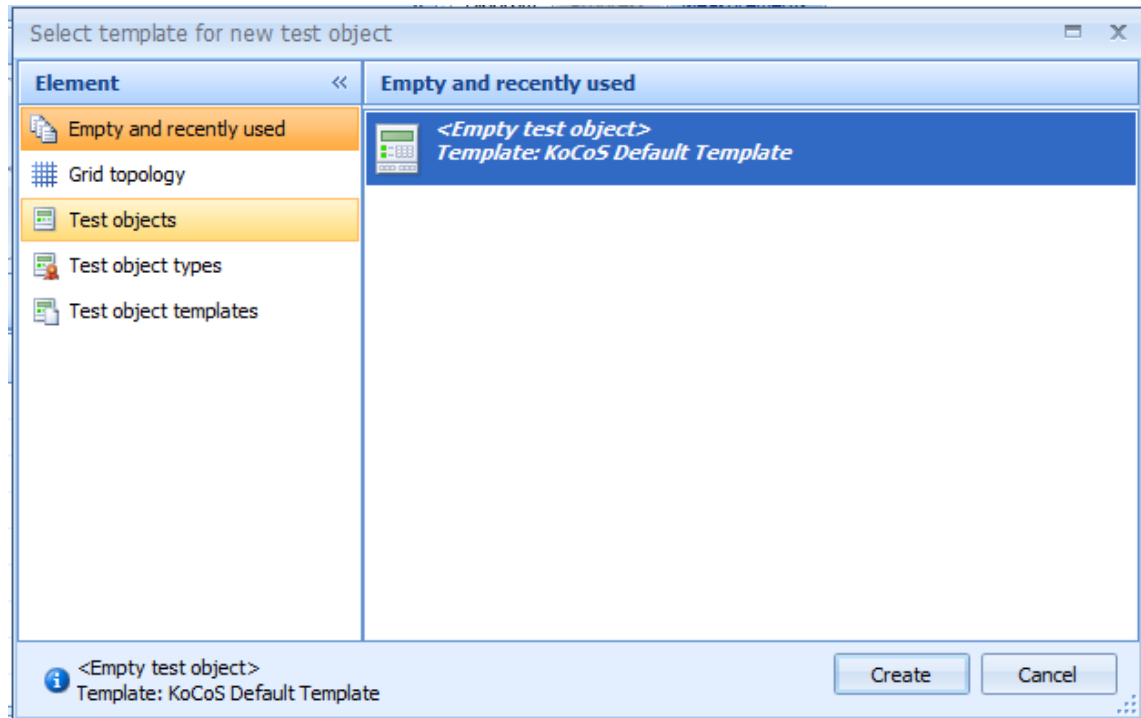
5.4 Ohjelman perusasettelut

Koestuslaitteen mukana tulee ohjelma, jolla voi suorittaa monipuolisemmin koestuksen. Ohjelmalla pystyy määrittämään valmiiksi erilaisia koestuspohjia erilaisille suojuuksille, kuten differentiaalisuojuukselle, ylivirtasuojuukselle tai maasulkusuojuukselle. Ohjelmalla voi luoda myös haluamansa kaltaisia pohjia erilaisiin käyttötarkoituksiin, kuten johtolähdöille.

Ohjelmassa on vakiona 30 päivän kokeiluversio, jolla pystyy tietokonekohtaisesti käyttämään ohjelman täysversiota. Tämän ajan kuluttua ohjelmaan täytyy syöttää lisenssi, joka tulee koestuslaitteen mukana.

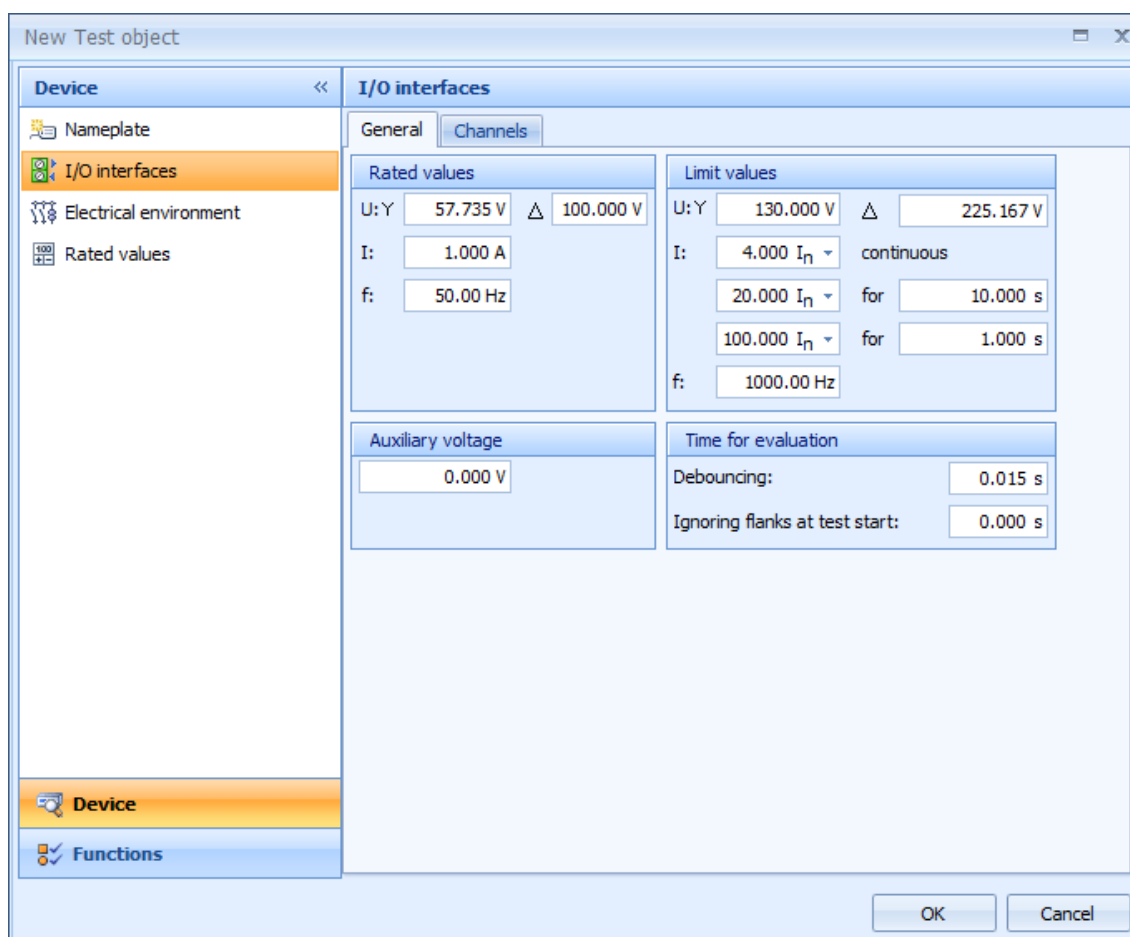
5.4.1 Perusasettelut

Artesin koestusohjelmassa on valmiina erilaisia asetteluja (*test object*) erilaisille suojuureille, mutta ohjelmalla pystyy myös tekemään haluamansa asettelut manuaalisesti. Ensimmäisenä testiobjektin tekeminen aloitetaan valitsemalla alkuvalikosta kohta *Empty test object*. (User manual. 2017, 21.) Kuvassa 6 on esitetty alkuvalikon näkymä.



KUVA 6. Koestusohjelman alkuvalikon näkymä (User manual. 2017, 21)

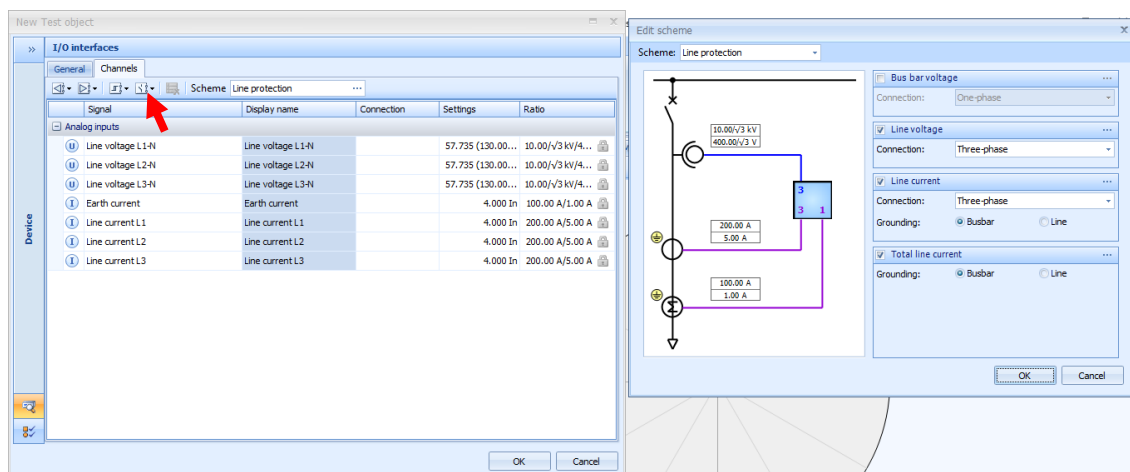
Samasta valikosta voi myös avata vanhan testiobjektin ja muokata sitä haluamallaan tavalla. Kun haluttu testiobjekti on valittu, seuraavaksi asetellaan järjestelmän parametrit. Parametrien asetteluun pääsee valitsemalla ohjelman yläpalkista *Test object* -kohdan ja sen jälkeen kohdan *Properties*. Kuvassa 7 on esitetty näkymä, joka aukeaa, kun kohta *Properties* avataan.



KUVA 7. Testiohjelman parametrien asettelu (User manual. 2017, 26)

Properties-ikkunan vasemmassa reunassa näkyvät välilehdet, joista pystyy valitsemaan objektin eri asetteluja. *Nameplate*-kohdasta pääsee asettamaan objektille esimerkiksi projektikohtaisia tietoja sekä koestettavan laitteen tietoja. *I/O Interface* -välilehdeltä voi muokata testattavan laitteen nimellisiä arvoja, koestuslaitteen syöttämiä raja-arvoja, apujännitettä sekä käytettäviä signaaleja. (User manual. 2016, 26.)

I/O Interface -välilehden valikosta *Channels* valitaan koestuslaitteessa käytettävät signaalit. Signaalit voi määrittää laitteelle manuaalisesti haluamallaan tavalla tai automaattisesti valitsemalla *Scheme*-kohdasta minkälaisen suojauksen haluaa toteuttaa. Valikosta voi valita esimerkiksi suojauksen johtolähdölle, muuntajalle tai generaattorille. (User manual. 2016, 28.) Kuvassa 8 on esimerkki johtolähdölle toteutetusta suojauksesta.



KUVA 8. Koestuslaitteen signaalit ja suojausten tyyppi.

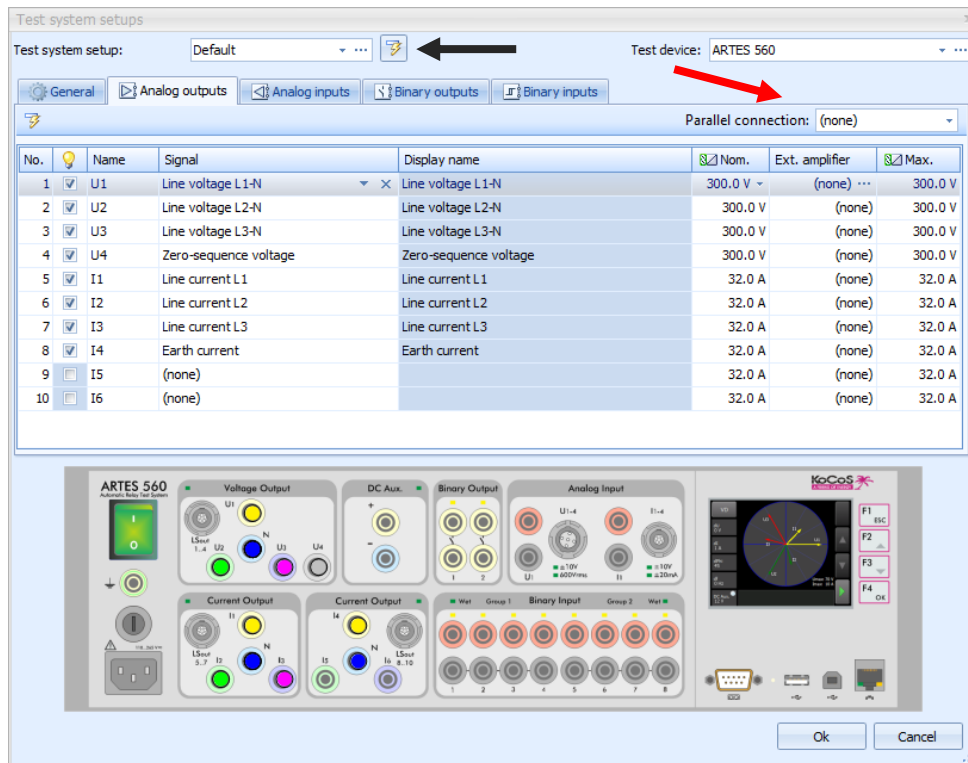
Koestuslaitteen binäärisiä tulokanavia ei pysty tällä tavalla määrittämään automaattisesti, vaan ne on valittavat manuaalisesti. Esimerkiksi, jos halutaan lisätä koestuslaitteelle tuottavat laukaisu- ja havahtumissignaalit, valitaan tässä kohdassa valikosta *Add binary outputs* (merkitty kuvaan 8 punaisella nuolella). Tässä kohtaa täytyy huomioida, minkälaista signaalia käyttää. Esimerkiksi ylivirran havahtumista varten voi valita signaalin *Relay Pickup*. (User manual. 2016, 32.)

Tämän jälkeen, jos kanavat on valittu automaattista tapaa käyttäen, tulee *Electrical environment* -kohtaan näkyviin järjestelmän rakenne. Samasta välilehdestä pystyy myös valitsemaan koestettavat järjestelmän pyörimissuunnan, maadoitustavan sekä sijaiskytkennän parametrit. Nämä edellä mainitut asetukset tehtyään voi valita *Functions*-kohdasta suojaukset, joita haluaa koestaa. (User manual. 2016, 35.)

5.4.2 Signaalien reitittäminen kanaville

Reitityksellä tässä yhteydessä tarkoitetaan signaalin yhdistämistä oikeaan kanavaan, esimerkiksi virtasignaalin *Line current II* yhdistäminen koestuslaitteen kanavaan *Current output II*. Tämä saadaan tehtyä valitsemalla ohjelman yläpalkista kohta *Test system* ja sieltä kohta *Edit*. Tässäkin tapauksessa signaalit voi yhdistää kanaville manuaalisesti, automaattisesti tai valmiista aikaisemmin luodusta pohjasta. Signaalit saa reititettyä automaattisesti painamalla valikon yläreunassa olevaa pientä salaman kuvaa (merkitty kuvaan 9 mustalla nuolella). (User manual. 2016, 40.)

Samasta ikkunasta täytyy myös valita käytettävän testilaitteen tyyppi. Kuvassa 9 on esitetty kanavien hallintavalikko. Automaattista reititystä käytettäessä on hyvä tarkistaa, että reititys menee oikeisiin kanaviin silloin, kun käyttää useaa lähtöä.



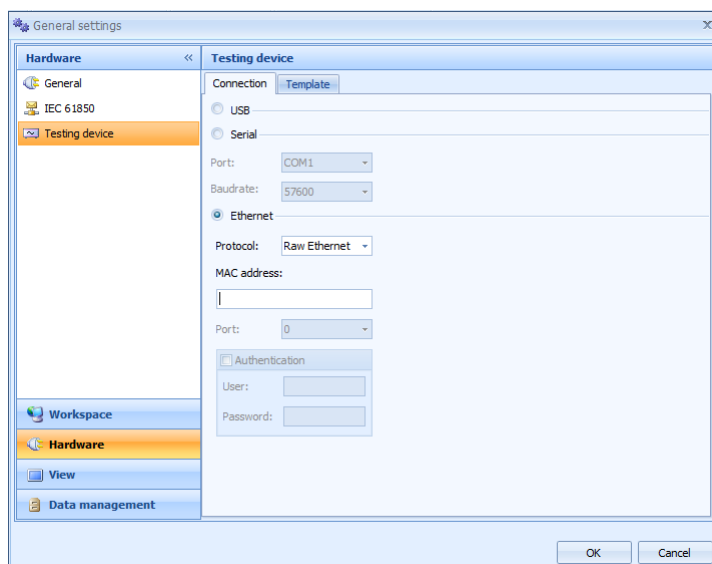
KUVA 9. Koestusohjelman kanavavalikko

Jos koestaessa käyttää syötön tuplausta, on se määritettävä myös tässä valikossa ennen koestuksen aloittamista (*Parallel connection*, joka on merkitty kuvaan punaisella). Valikon alaosassa näkyy korostettuna, mikä kanava on valittuna valikosta. Valikossa pystyy myös muokkaamaan kanavien järjestystä ja halutessaan myös poistamaan kanavia käytöstä. Tässä vaiheessa valitaan myös, halutaanko binääritulot toimiviksi jännitteestä vai kontaktista. (User manual. 2016, 45.)

Signaalien reitityksen jälkeen on enää koestettavan suojauksen valinta jäljellä. Jos koestuslaitetta haluaa käyttää siihen, että antaa suojareleelle apuvirtaa voi sen valita *Edit*-painikkeen oikealla puolella olevasta *DC Aux. Supply*-kohdasta. Signaalien osalta on hyvä muistaa, että suojaustoiminto ilmoittaa, jos jokin, esimerkiksi laukaisuajan mittaukseen tarvittava binääritulo, on reititetty väärin tai signaalia ei ole valittu oikein.

5.4.3 Laitteen yhdistäminen tietokoneeseen

Ennen suojareleen koestamista on laite ensin yhdistettävä tietokoneeseen. Yhdistäminen tapahtuu valitsemalla yläpalkista kohta *Test system*, sitten *Connections* ja sen jälkeen *Settings*. (User manual. 2016, 47.) Kuvassa 10 on esitetty laitteen yhdistämiseen liittyvä näkymä.



KUVA 10. Koestusohjelman yleisvalikko (User manual. 2017, 47)

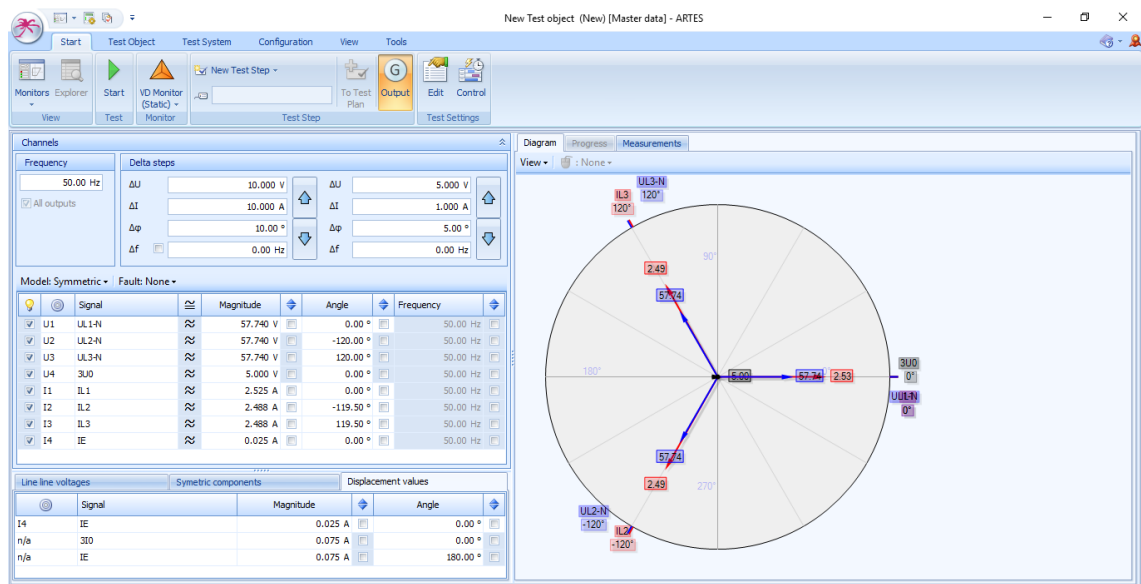
Testing device -välilehdeltä pystytään valitsemaan, kuinka Artes halutaan liittää tietokoneeseen. Artesin käytössä olevasta etupaneelistä riippuen voidaan valita USB-, sarja- tai ethernet-portti. (User manual. 2016, 47.) Helpoin tapa yhdistää koestuslaite on valita ethernet, valita koestuslaitteesta ethernet-yhteys ja syöttää koneelle koestuslaitteen näytöllä näkyvä mac-osoite.

Samasta asetusvalikosta pääsee muokkaamaan myös järjestelmän yleisiä asetuksia kuten vaiheiden väritystä, jännitetasoja, oletusasetuksia, varmuuskopiointia ja näytön yleisnäköä. Saman valikon saa myös auki valitsemalla aloitusnäytön yläpalkista kohdan *Configuration* ja sieltä kohdan *General*. (User manual. 2016, 17.)

6 ESIMERKKIKOESTUKSET

6.1 Yleisnäkymä

Ohjelmassa on olemassa manuaalinen testiohjelma, jonka avulla pystytään muokkaamaan haluttuja suureita koestuksen aikana itse. Kuvassa 11 on esitetty näkymä manuaalisesta hallintatilasta. Tätä toimintoa voidaan käyttää esimerkiksi ennen varsinaisen koestuksen aloittamista koestuslaitteen toimivuuden ja syötettävän virran ja jännitteen oikeellisuuden varmistamiseksi.

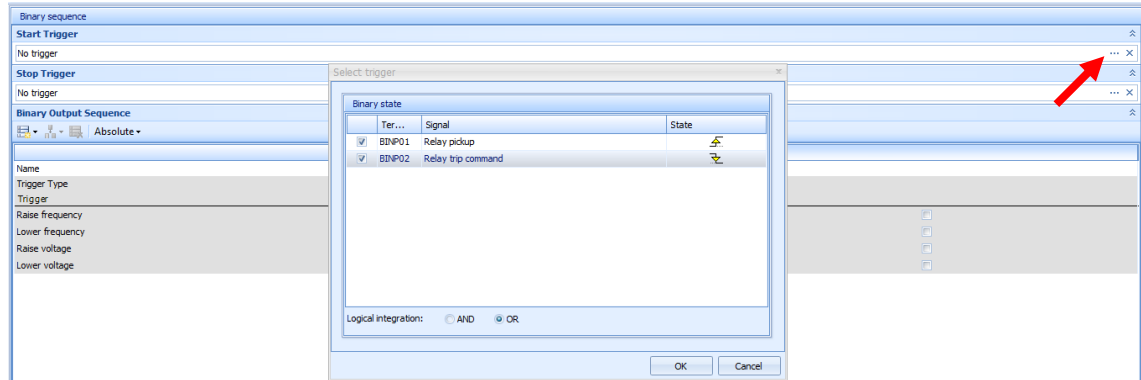


KUVA 11. Manuaalinen koestusnäky

Kyseisessä testiohjelmassa voidaan muuttaa esimerkiksi virran suuruus, kulma ja taajuus haluttuihin arvoihin ja käynnistää koestus painamalla yläriviltä *Start*-painiketta, jolloin koestuslaite alkaa syöttää valittuihin kanaviin haluttua virtaa. *Delta steps* -kohdassa on kaksi eri valikkoa, joita voidaan käyttää esimerkiksi karkeaan säätöön ja hienosäätöön. Haluttua suuretta voidaan säätää laittamalla ruksi suureen vieressä olevaan laatikkoon ja yllä olevista nuolista painamalla voidaan muuttaa suuretta asetetun arvon verran. (User manual. 2016, 49.)

Näytön oikeassa reunassa näkyy halutun suureen, tässä tapauksessa virran ja jännitteen, suuruudet sekä kulmat reaaliajassa. Tapauksessa, jossa releeseen syötetään ylivirtaa ja suojaus on käytössä, ei koestuslaite vielä automaattisesti lopeta virran syöttämistä, vaikka

suojarele laukeaisikin. Jos tässä vaiheessa halutaan, että koestuslaite lopettaa virran syöttämisen silloin kun suojaus laukeaa, on ylävalikon kohdasta *Control* asetettava kohtaan *Stop trigger* se binääritulo, johon laukaisukosketin on kytketty. Kuvassa 12 on esitetty valikko *Control*-valikko, sekä valikko, joka aukeaa, kun valitsee kohdan *Stop trigger* (merkitty kuvaan punaisella nuolella).

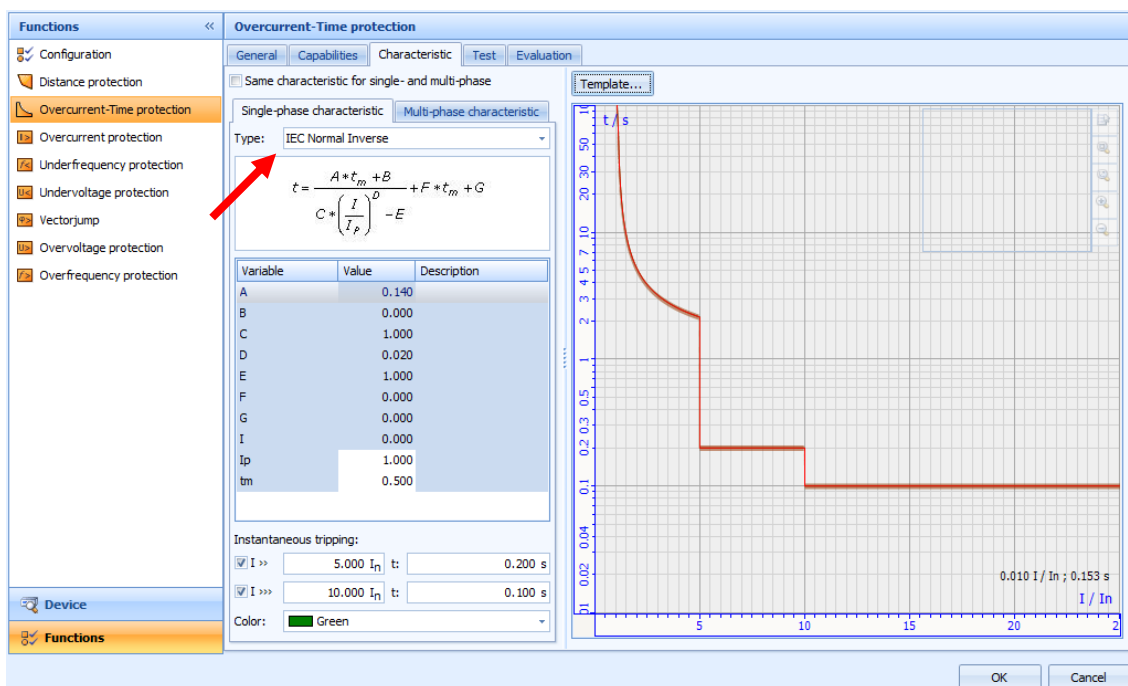


KUVA 12. Control- ja Stop trigger -valikko.

Start trigger -kohtaan voidaan myös lisätä jokin binääritulo, jos halutaan, että virran tai jännitteen syöttäminen aloitetaan jonkin tietyn tapahtuman jälkeen. Valikosta voi myös valita, pysäytetäänkö koestaminen nousevalla vai laskevalla reunalla. Samat asetukset voi tehdä, jos haluaa käynnistää koestuksen jostain tietystä tapahtumasta (*Start trigger*) (User manual. 2016, 60.)

6.2 Ylivirtasuojan koestus

Yksi hyödyllisimmistä koestusfunktioista on ylivirtakäyrän (*Overcurrent-Time protection*) koestaminen. Funktio saadaan otettua käyttöön valitsemalla se *Properties*-valikosta. Kuvassa 13 on esitetty ylivirtakäyrän asetteluvälikko.

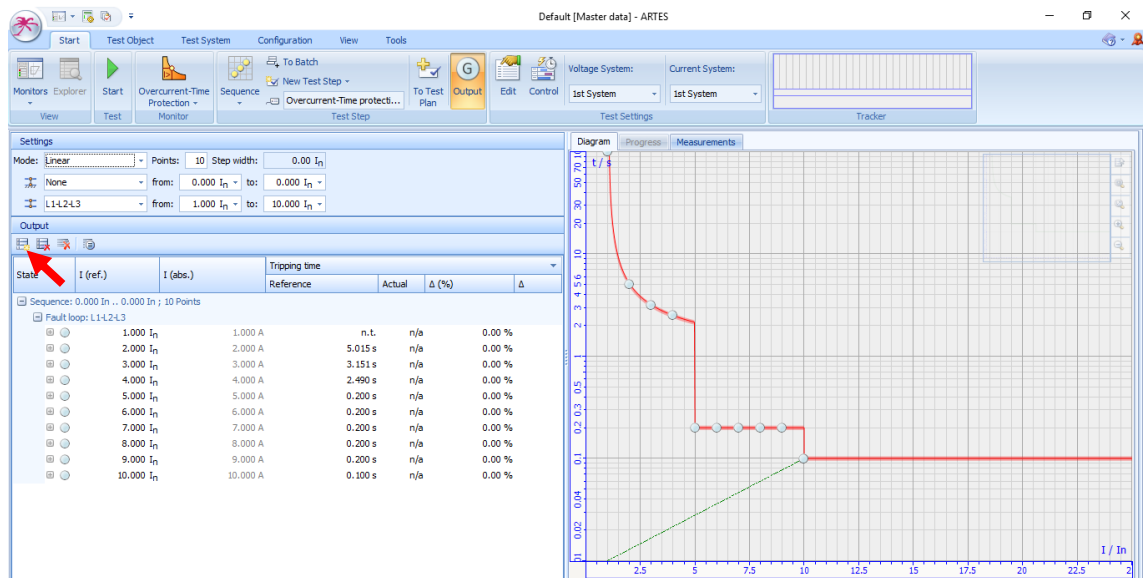


KUVA 13. Ylivirran aikakäyräfunktion asetteluvalikko.

Type-valikosta (esitetty kuvassa 13 punaisella nuolella) voidaan funktiolle määrittää käänteisaika- tai vakioaikakäyrä. Käyrälle saa valittua erilaisia standardimuotoja riippuen, että minkälaista relettä on koestamassa. Tässäkin tapauksessa voi käyrän asetellut laittaa itselle talteen kohdasta *Template* ja käyttää samaa käyrää tulevaisuudessa. Funktiolle saa mukaan samaan testiin myös suunnatun testauksen *Capabilities*-välilehden alta. (User Manual IT-Monitor. 2011, 8.)

Ylivirtakäyrän havahtumisarvo saadaan määritettyä kohdasta I_p , tämä arvo määritetään suhteessa nimellisvirtaan. Käyrän kerrointa ajan suhteen voidaan muuttaa kohdasta t_m . Funktion asetuksissa on myös esitetty kaava, jolla toiminto laskee käyrälle laukaisuajat. Laskentakaavat ovat valmiiksi ohjelmoituja ohjelmaan. (User Manual IT-Monitor. 2011, 9.)

Kun halutut asetellut on tehty, valitaan alkuvalikosta kohta *Start* ja *Monitor*-välilehden alta haluttu suojaus, tässä tapauksessa *Overcurrent-Time Protection*. Kuvassa 14 on esitetty näkymä, joka aukeaa, kun valitsee suojauksen.



KUVA 14. Ylivirtakäyrän koestusnäkymä

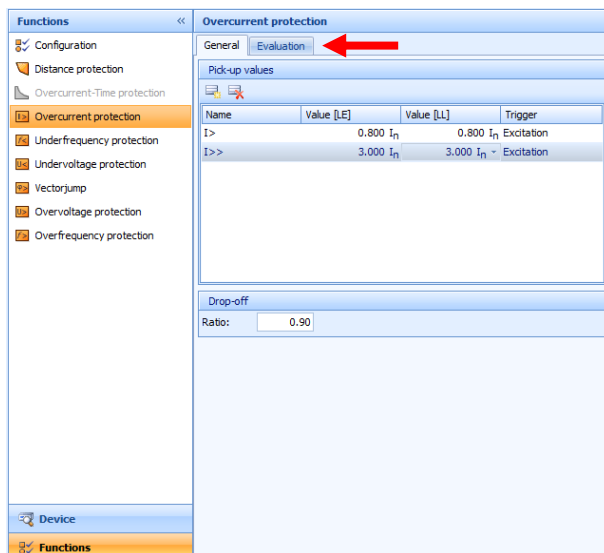
Tämän jälkeen valitaan *Test Step* -välilehden alta kohta, jolla päätetään, halutaanko käyrän pisteet määrittää manuaalisesti yksitellen (*Manual*), manuaalisesti sarjassa (*Series*), automaattisesti tietystä pisteestä tiettyyn pisteeseen (*Sequence*) vai halutaanko etsiä käännepisteet tietyltä väliltä (*Search*). Kun haluttu toiminto on valittu, täytyy määrittää koestettavat pisteet. Kuvan 14 esimerkissä on valittu *Sequence*-toiminto ja pisteet välille 1 – 10 A. Tämän jälkeen täytyy vielä valita kohta *add* (merkitty kuvaan 14 punaisella nuolella), niin ohjelma määrittää pisteet kuvaan. (User Manual IT-Monitor. 2011, 16.)

Kun haluttu toiminto on valittu ja pisteet ja virran suuruudet määritetty, painetaan kohdasta *Start* ja ohjelma ajaa koestuksen. Kun ohjelma on ajettu, näyttää se vihreinä ne kohdat, jotka ovat onnistuneet ja punaisina ne kohdat, jotka ovat epäonnistuneet. Esimerkiksi, jos jokin käyrän arvoista ei ole määritetyn toleranssin (oletusarvona 5%) sisällä, näyttää ohjelma pisteen punaisena. (User Manual IT-Monitor. 2011, 26.)

6.3 Havahtumisen koestus

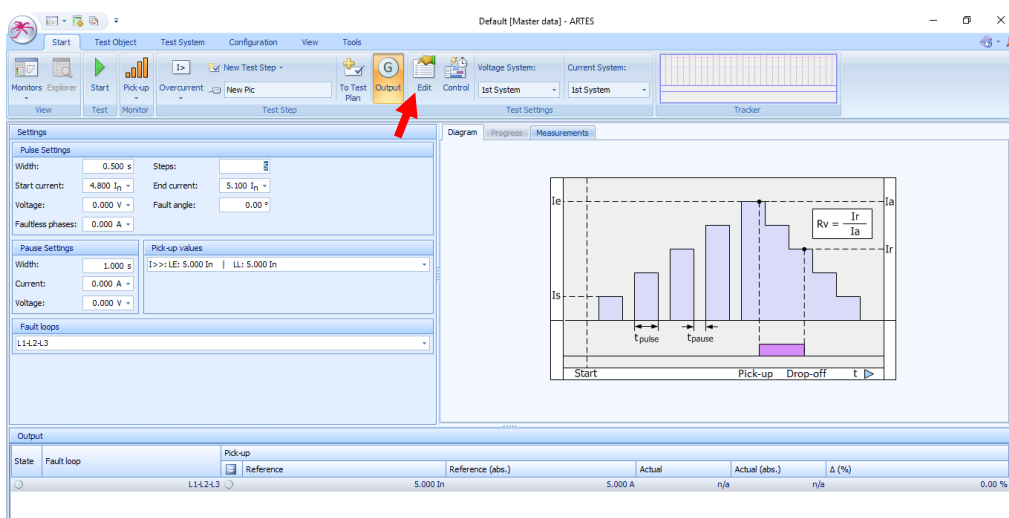
Toinen erittäin hyödyllinen koestusominaisuus ohjelmassa on havahtumisen koestaminen. Havahtumisen koestaminen otetaan käyttöön *Properties*-valikosta valitsemalla *Overcurrent protection*, jos halutaan koestaa ylivirran havahtuminen. Kuvassa 15 on esitetty havahtumisfunktion aseteluvalikko.

Asetuksista voidaan valita eri havahtumisasteikkoja, joita halutaan käyttää. Asetuksista voidaan myös määrittää havahtumisen päästösuhte (Drop-off). *Evaluation*-välilehdeltä (merkitty kuvassa 15 punaisella nuolella) voidaan määrittää virran havahtumiselle ja päästöille toleranssit. Kun halutut asetukset on asetettu, voidaan painaa ok ja siirtyä *Start*-välilehdelle. Tämän jälkeen valitaan *Monitor*-kohdasta *Pick-up* -koestus. (User Manual PIC-Monitor. 2011, 5.)



KUVA 15. Havahtumisfunktion asetukset

Ennen koestuksen käynnistämistä määritetään, minkä suojauksen havahtumista halutaan koestaa. Toiminnolla voidaan testata vain yhtä porrasta kerralla. Ennen aloitusta täytyy myös määrittää pulssin asetukset. Kuvassa 16 on esitetty näkymä, joka aukeaa, kun valitsee havahtumisen koestusfunktion.



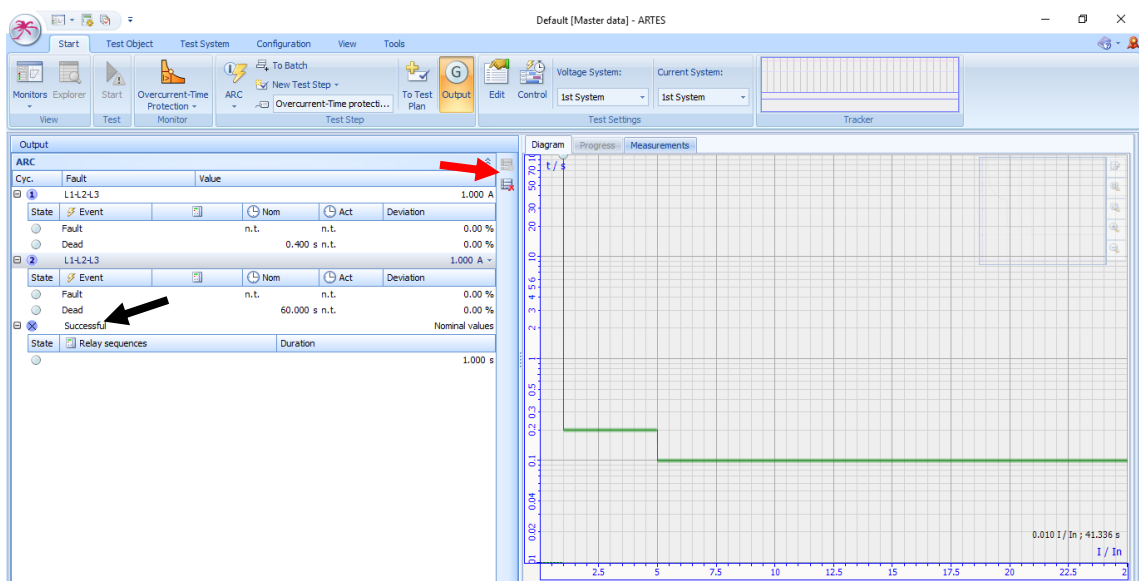
KUVA 16. Havahtumisen koestusfunktion

Kohdasta *Edit* (merkitty kuvaan 16 punaisella nuolella) voi valita haluaako tehdä *drop-off*-testin samalla. Tässäkin koestuksessa ohjelma näyttää alareunassa suoritettujen koestusten jälkeen punaisella pisteellä, jos havahtumisarvo tai päästösuhde ei ole määritetyn toleranssin rajoissa.

6.4 Jälleenkytkennät

Koestusohjelmalla pystyy koestamaan myös ylivirrasta aiheutuvat jälleenkytkennät. Tätä varten täytyy ensin ottaa *Properties*-valikosta *Functions*-välilehden alta käyttöön kohta *ARC*. Toiminnon asetuksista voidaan valita jälleenkytkennän kuollut aika, jälleenkytkentöjen määrä sekä kuinka kauan virtaa maksimissaan syötetään. Tämä on sitä varten, ettei virran syöttö jää päälle, jos jokin menee vikaan. (User Manual IT-Monitor. 2011, 15.)

Seuraavaksi täytyy valita, minkä koestustoiminnon avulla jälleenkytkentä toteutetaan. Jälleenkytkennän voi toteuttaa distanssitoiminnon (*Distance protection*) tai ylivirtatoiminnon (*Overcurrent-time protection*) avulla. Helpompi tapa on käyttää ylivirtatoimintoa. Ylivirtatoiminto saadaan valittua käyttöön, kuten aiemmin on jo mainittu, mutta jälleenkytkentää koestettaessa täytyy valita *Test Step* -välilehden alta kohta *ARC*. Kuvassa 17 on esitetty esimerkkitalanne yhdellä pikajälleenkytkennällä ja yhdellä aikajälleenkytkennällä.



KUVA 17. Jälleenkytkennän testausnäky

Kuvan 17 näkymään määritetään, kuinka suurta virtaa halutaan syöttää, kuinka monta jälleenkytkentää suoritetaan ja päättyykö koestus siihen, että vika poistuu vai jää päälle. Jälleenkytkentöjen määrää voi lisätä tai poistaa kohdista *add* ja *delete* (merkitty kuvaan 17 punaisella nuolella). Jos haluaa suorittaa koestuksen niin, että vikatilanne on poistunut, täytyy valita viimeiseen kohtaan *Successful* (merkitty kuvaan 17 mustalla nuolella). (User Manual IT-Monitor. 2011, 23.)

Jälleenkytkentää koestettaessa täytyy muistaa signaalilistasta valita oikeat binäärisisään-
tulot koestusta varten. Koestuslaite mittaa toimintanopeuden siitä ajan hetkestä, jolloin laukausignaali on tullut siihen hetkeen, kun katkaisijan kiinni käsky tulee. Signaalilis-
tasta voi siis valita *Relay trip command* -signaalin sekä *AR Close command* -signaalin.

6.5 Automaattinen koestaminen

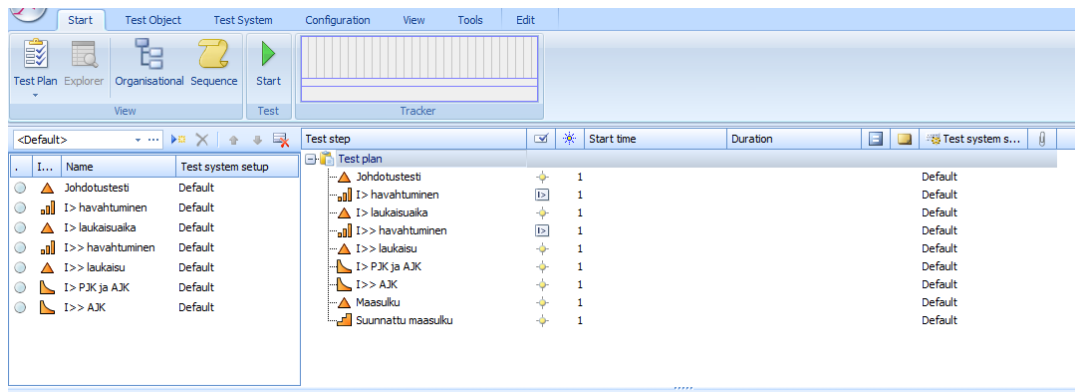
Koestusohjelman tärkeimpänä ominaisuutena voidaan koestamisen tehokkuuden kan-
nalta pitää ohjelman automatisointia. Jotta koestuksia voidaan tehdä ohjelman avulla
mahdollisimman tehokkaasti, on hyvä osata luoda ohjelmaan valmiita koestuslistoja.

Koestuslistaan voidaan lisätä kaikki suojaukset, jotka halutaan koestaa sekä suorittaa ne
automaattisesti järjestyksessä. Tätä toimintoa hyödyntämällä voi luoda erilaisia suojaus-
listoja esimerkiksi johtolähdöille, mittauskentille tai jännitteensäätäjille.

6.5.1 Koestuslistojen luominen

Listan luominen alkaa suojauksien valitsemisesta ja niiden asettelujen määrittämisestä.
Ensimmäisenä valitaan *Functions*-listalta halutut koestustoiminnot. Tämän jälkeen vali-
taan *Monitor*-välilehden alta, kuinka halutaan ohjelman toimivan. Sen jälkeen, kun on
määritetty toiminnon asetukset, valitaan *Test Step* -välilehdeltä kohta *To Test Plan*. Tämä
lisää toiminnon listalle. Listaa päästään tarkastelemaan valitsemalla kohta *Monitors*.
Avautunut näkymä näyttää, mitä toiminnot on lisätty listaan sekä mitä toimintoja on jo
mahdollisesti testattu manuaalisesti. (User Manual. 2017, 74.)

Kun halutut suojaukset on lisätty listaan, voidaan ne valita suoritettavaksi automaattisesti. Tämä tapahtuu valitsemalla *Monitor*-näkyvässä kohta *Sequence*. Tämän jälkeen voidaan halutut toiminnot raahata vasemmalle auenneeseen ikkunaan. Kun halutut suojaukset on lisätty uuteen ikkunaan, voidaan ylävalikosta valita kohta *Start* ja aloittaa koestus painamalla *Start*-painiketta. Kuvassa 18 on esitetty esimerkki listasta. Lista voi myös valita *Add Test Step* -kohdan alta viiveen (*Delay*), jonka voi lisätä esimerkiksi koestuksien väliin. (User Manual. 2017, 74.)



KUVA 18. Koestuslistat

Listoja voi luoda erilaisia ja ne voi tallentaa myöhempää käyttöä varten. Listoja voi hyödyntää esimerkiksi silloin, kun on useita johtolähtöjä, joita täytyy koestaa. Silloin voidaan listassa olevia suojausten asetuksia muuttaa nopeasti halutuiksi lähdeissä oleville suojuuksille. Automaattisista listoista on hyvä muistaa, että valitsee varmasti kerralla kaikille koestettaville suojuuksille oikeat signaalit signaalilistasta ja muistaa reitittää ne oikeisiin binäärisisääntuloihin.

7 RAPORTOINTI JA MUUT ASIAT

Saaduista koestustuloksista voidaan ohjelmalla tulostaa valmis raportti, jossa näkyy kaikki olennaiset tiedot, kuten koestetun releen ja järjestelmän tiedot, mittamuuntajien tiedot sekä koestetut suojaukset ja niistä saadut tulokset. Liitteessä 1 on esitetty esimerkiksi koestusten pohjalta tehty koestusraportti, jonka esittämisen tarkoituksena on vain havainnollistaa raportin ulkoasua. Raportissa näkyy ylivirtasuojauksen ja havahtumisen koestuksesta saadut tulokset. Koestustulokset voidaan raportin esikatselutilasta viedä myös Excel- tai tekstitiedostoon, jos haluaa muokata raportin näkymää enemmän esimerkiksi oman yrityksen pohjaan sopivaksi.

Koestusohjelman versiosta riippuen saattaa *I/O interface* -valikossa olla jo kanavat asetettuna valmiiksi. Uusimmassa versiossa (4.31) on myös kanavien reititys tehty käyttäjälle valmiiksi, jos käytössä on oletusasetukset. Tässäkin tapauksessa on silti hyvä muistaa tarkistaa, että kanavat on valittu oikein ja kanavien reititys menee oikeaan paikkaan.

Maasulkusuojauksen koestamiseen voi käyttää *VD Monitor Static* -toimintoa tai *VD Monitor dynamic* -toimintoa. *Dynamic*-toiminnolla voi koestuksesta tehdä hieman automaattisemman, koska sillä voi määrittää kulman vaihtuvan tietystä pisteestä tiettyyn pisteeseen samalla kun pitää jännitteen ja virran syötön vakiona.

Koestuslaitteesta on hyvä muistaa myös se, että esimerkiksi jälleenkytkentöjen koestaminen vanhoissa suojareleissä vaatii hieman enemmän virtaa koestuslaitteelta kuin mitä suojareleen asetuksissa on määritetty. Tämä täytyy yleensä tehdä sen vuoksi, että vanhemmat suojareleet varmasti erottavat kummasta portaasta jälleenkytkentä lähdetään toteuttamaan.

8 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä esiteltiin Artes 560 –koestuslaite sekä laitteen mukana tullut koestusohjelma. Työssä esiteltiin myös erilaisia koestusesimerkkejä sekä niistä saadut tulokset. Koestuksista saatu raportti on myös opinnäytetyön liitteenä.

Työn ensisijaisena tavoitteena oli luoda suomenkielinen käyttöohje koestuslaitteelle sekä sen mukana tulevalle ohjelmalle. Luodun käyttöohjeen avulla koestaja pystyy luomaan omat koestuspohjat erilaisille suojuuksille ja tekemään sen valmiiksi ennen koestuspäikälle menemistä. Koestuslaitteesta ja koestusohjelmasta ei kaikkia mahdollisia ominaisuuksia käyty läpi, mutta yleisimmät ja tärkeimmät ominaisuudet on esitetty. Käyttöohjeisuus olisi voinut myös olla yksityiskohtaisempi, selkeämpi ja enemmän käyttöohjemäinen.

Opinnäytetyö antaa myös melko hyvän pohjan esimerkiksi uudelle koestajalle, joka ei ole aikaisemmin aiheeseen perehtynyt. Työn perusteella saa myös melko hyvän käsityksen siitä, minkälaisia asioita koestajan on hyvä muistaa ja ottaa huomioon koestuksia tehdessä. Tapoja koestamiseen on monenlaisia ja ohjelmassakin on erilaisia vaihtoehtoja siihen, kuinka koestuksia voidaan suorittaa. Tarkoituksena on antaa käyttäjälle mahdollisuus luoda haluamansa kaltaiset pohjat.

Opinnäytetyö oli melko monipuolinen ja haastava, koska aikaisempaa käytännön kokemusta moderneista suojuureista ja koestuslaitteista ei minulla juurikaan ollut. Opinnäytetyötä tehdessä täytyi myös perehtyä siihen, kuinka erilaiset suojuureet käyttäytyvät erilaisissa koestustilanteissa ja kuinka suojuureiden asetteluja pystyy muokkaamaan ja hallinnoimaan. Opinnäytetyön kautta tulleet tiedot ja taidot relesuojuukseen ja suojuureiden koestamiseen ovat varmasti tulevaisuuden kannalta korvaamattomia.

LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja. 2000-07. 2007. ABB Oy.

Elovaara, J & Haarla, L. 2011. Sähköverkot 2. Verkon suunnittelu, järjestelmät ja laitteet. Otatieto Oy. Tallinna: Raamatutrukikoda.

Elovaara, J & Laiho Y. 1988. Sähkölaitostekniikan perusteet. Otatieto Oy. Helsinki: Valopaino Oy.

Gill, P. 2009. Electrical Power Equipment Maintenance and Testing. Taylor & Francis Group. Florida: CRC Press.

Horowitz, S & Phadke, A. 2008. Power system relaying. John Wiley & Sons Limited. Wiltshire: CPI

KoCoS Messtechnik AG. 2016. Operating Instructions. ARTES 460,560.

KoCoS Messtechnik AG. 2017. User Manual. ARTES 4.31 Testing Software.

KoCoS Messtechnik AG. 2011. User Manual IT-Monitor.

KoCoS Messtechnik AG. 2011. User Manual PIC-Monitor.

Mörsky, J. 1992. Relesuojaustekniikka. Otatieto Oy. Hämeenlinna: Karisto Oy

Tarkiainen, H. 2017. Sähköverkon suojaus ja automaatio. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kevätlukukausi. Kurssimuistiinpanot ja materiaali.


LIITTEET

Liite 1. Koestusraportti

- Test report -

- Cover -


Customer			
Name:		Location:	
Test job			
Description:			
Executed on:		by:	
4/21/2018 2:41:38 PM		Sami	
Plant			
Name:			
Voltage level:			
Bay:			
Device under test			
Designation:		Order number:	
Koestukset			
Manufacturer:		Description:	
Unknown			
Type series/Model:			
Serial number:			
Specification:			
Test system			
Name:		Serial number:	
ARTES 560 (ARTES 560)		32901000236	
Last adjustment:			
3/6/2018 10:32:18 AM			

 Engineering Oy	created on:	4/21/2018 2:42:30 PM
	created by:	Sami
	Signature:	

Plant:		Bay:	
Device under test:	Koestukset	Specification:	
Job:	2018-04-21 14:16		

Installation Location			
Plant:		Voltage level:	
Bay:			
Test object data			
Designation:	Koestukset	Serial number:	
Manufacturer:	Unknown	Build date:	01.01.0001
Type series/Model:		HW-Version:	
Specification:		FW-Version:	
Rated values:	5.000 A	57.735 V	50.000 Hz

IO-Interfaces				
Analog inputs				
	Connection	Signal	Settings	Ratio
U		Bus voltage L1-N	57.735 (130.000) V	20.00/√3 kV/100.00/√3 V
U		Bus voltage L2-N	57.735 (130.000) V	20.00/√3 kV/100.00/√3 V
U		Bus voltage L3-N	57.735 (130.000) V	20.00/√3 kV/100.00/√3 V
I		Line current L1	10.000 In	5.00 A/1.00 A
I		Line current L2	10.000 In	5.00 A/1.00 A
I		Line current L3	10.000 In	5.00 A/1.00 A
Binary outputs				
	Connection	Signal	Settings	
S		General Trip 1	Normally open contact (NO)	
S		Relay pickup	Normally open contact (NO)	
Voltage transformer - Bus bar				
Vendor/Type:		Ratio:	20.00/√3 kV / 100.00/√3 V	
Serial number:		Power/Precision class:	0.000 VA /	
Build date:				
Current transformer - Energy system				
Vendor/Type:		Ratio:	5.00 A / 1.00 A	
Serial number:		Power/Precision class:	0.000 VA / 0	
Build date:				

	Date:	Name:	
	Tested:	4/21/2018 2:41:38 PM	Sami
	Created:	4/21/2018 2:42:30 PM	Sami
		Page: 2/6	

Plant:		Bay:	
Device under test:	Koestukset	Specification:	
Job:	2018-04-21 14:16		

Scheme Settings

Instrument transformer Busbar voltage	
Vendor/Type:	
Serial number:	
Build date:	
Ratio:	20.00/√3 kV / 100.00/√3 V
Power/Precision class:	0.000 VA /
Instrument transformer Line current	
Vendor/Type:	
Serial number:	
Build date:	
Ratio:	5.00 A / 1.00 A
Power/Precision class:	0.000 VA / 0

Line parameters			
Line impedance		Re/R1L;Xe/X1L	
Z1L:	1.000 Ω ∠ 45.00 °	Fr=Re/R1L:	1.000
Z0L:	4.00 Ω ∠ 45.00 °	Fx=Xe/X1L:	1.000
Z01:	4.00 Ω ∠ 45.00 °	Fr1=Re1/R11:	1.000
Earth coefficient		Fx1=Xe1/X11:	1.000
k0L:	1.000 ∠ 0.00 °		
k01:	1.000 ∠ 0.00 °		
Source parameters			
Source impedance		Earth coefficient	
Z1s:	5.800 Ω ∠ 75.00 °	k0s:	1.000 ∠ 0.00 °
Z0s:	23.200 Ω ∠ 75.00 °		
Ze:	5.80 Ω ∠ 75.00 °		

	Date:	Name:	
	Tested:	4/21/2018 2:41:38 PM	Sami
	Created:	4/21/2018 2:42:30 PM	Sami
		Page: 3/6	

Plant:		Bay:	
Device under test:	Koestukset	Specification:	
Job:	2018-04-21 14:16		

Settings IT monitor

Same characteristic for single- and multi-phase

LE Faults

Name	Start value	Time
LE: IEC Very Inverse	0.8 In	0.200 s
LE: I>>	2 In	0.200 s

Overcurrent protection

Pick-up values

Name	Value [LE]	Value [LL]
I>	0.800 In	0.800 In
I>>	2.000 In	2.000 In
Drop-off ratio:	0.90	
Maximum deviations:	0.000 A (5%)	

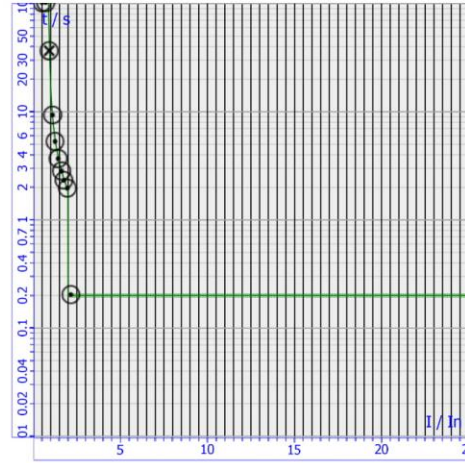
Overcurrent-Time protection test sequence

Duration:	02:34.590	Number of points:	10
Start value:	2.500 A	End value:	10.500 A
Start time:	4/21/2018 2:24:27 PM		
Comments before testing:			
Comments after testing:			

IT monitor test points

	Date:	Name:
	Tested:	4/21/2018 2:41:38 PM Sami
	Created:	4/21/2018 2:42:30 PM Sami
		Page: 4/6

Plant:		Bay:	
Device under test:	Koestukset	Specification:	
Job:	2018-04-21 14:16		

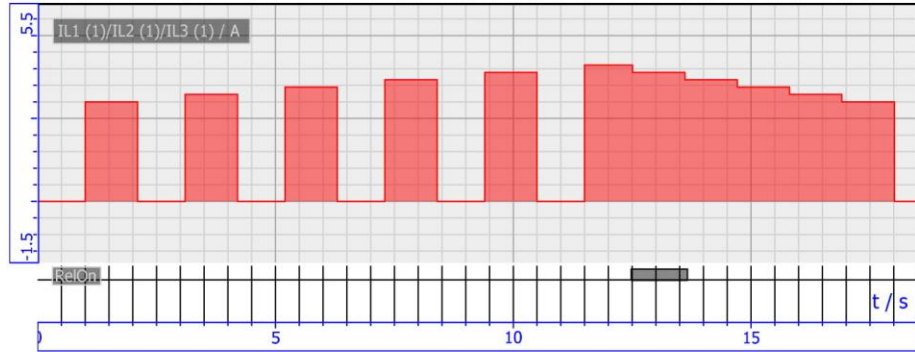


	Fault Loop	I (ref.)	I (abs.)	Tripping time		
				Reference	Actual	Deviation
⊙	L1-E	0.500 In	2.500 A	n.t.	n.t.	0.00 %
⊙	L1-E	0.678 In	3.389 A	n.t.	n.t.	0.00 %
⊗	L1-E	0.856 In	4.278 A	38.880 s	36.204 s	-6.88 %
⊙	L1-E	1.033 In	5.167 A	9.257 s	9.091 s	-1.79 %
⊙	L1-E	1.211 In	6.056 A	5.254 s	5.196 s	-1.10 %
⊙	L1-E	1.389 In	6.944 A	3.668 s	3.638 s	-0.82 %
⊙	L1-E	1.567 In	7.833 A	2.817 s	2.798 s	-0.68 %
⊙	L1-E	1.744 In	8.722 A	2.287 s	2.280 s	-0.29 %
⊙	L1-E	1.922 In	9.611 A	1.925 s	1.917 s	-0.41 %
⊙	L1-E	2.100 In	10.500 A	0.200 s	0.198 s	-0.81 %

New Pic			
Pulse settings			
Start value:	0.600 In	Width:	1.100 s
End value:	1.000 In	Number of points:	10
Pause settings			
Value:	0.000 A	Width:	1.000 s
Comments before testing:			
Comments after testing:			
Graph			

	Date:	Name:	
	Tested:	4/21/2018 2:41:38 PM	Sami
	Created:	4/21/2018 2:42:30 PM	Sami
		Page: 5/6	

Plant:	Bay:
Device under test: Koestukset	Specification:
Job: 2018-04-21 14:16	



Signal	Magnitude	ϕ	f
IL1 (1)	var	180.000 °	50.000 Hz
IL2 (1)	var	60.000 °	50.000 Hz
IL3 (1)	var	-60.000 °	50.000 Hz

	Fault loop	Pickup			Drop-off			Drop-off ratio					
		Reference	Actual	Δ	Reference	Actual	Δ	Reference	Actual	Δ			
⊙	L1-L2-L3	⊙	0.800 In	0.822 In	2.78 %	⊙	0.720 In	0.733 In	2.78 %	⊙	0.900	0.892	-0.90 %

	Date:	Name:
	Tested: 4/21/2018 2:41:38 PM	Sami
	Created: 4/21/2018 2:42:30 PM	Sami
		Page: 6/6