

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

Tutkintotyö

Jussi Hautala

HAJAUTETUN KISKOSUOJAN 7SS52 PARAMETROINTI JA KÄYTTÖÖNOTTO

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2007

Yliopettaja Väinö Bergman
Siemens Osakeyhtiö, valvojana insinööri Jukka Tuukkanen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikka

Sähkövoimatekniikka

Hautala, Jussi

Tutkintotyö

Työn valvoja

Työn teettäjä

Marraskuu 2007

Hakusanat

Hajautetun kiskosuojan 7SS52 parametointi ja käyttöönotto

65 sivua + 17 liitesivua

Yliopettaja Väinö Bergman

Siemens Osakeyhtiö, valvojana insinööri Jukka Tuukkanen

erovirtasuojaus, suojauksen koestus, suojauksen kausikoestus, kiskosuojareleen parametointi

TIIVISTELMÄ

Sähkön siirrossa kokoojakiskoihin muodostuvat suurimmat tehot ja vikavirrat. Jotta vältyttäisiin kiskostojen maa- ja oikosulkujen aiheuttamilta tuhoilta, kiskot on suojattava omilla suojarieleillään. Kiskosuojareleiden tärkeimmät ominaisuudet ovat suuri toimintanopeus sekä hyvä selektiivisyys.

Tässä työssä on luotu dokumentti, joka selventää, miksi kiskoja on suojattava, ja millä tavoin suojaus voidaan toteuttaa. Toteutusmenetelmistä on syvennytty erityisesti kiskojen suojaukseen erovirtaperiaatteella. Työssä on kerrottu myös suojarieleiden koestuksesta ja erilaisista koestusmenetelmistä. Koestuksista on keskitytty kiskosuojareleen käyttöönotto- ja kausikoestuksen suoritukseen toisiokoestuksena.

Tämä työ on keskittynyt pääasiallisesti Siemensin tarjoaman hajautetun kiskosuojarele 7SS52 toimintaan. Työssä on selitetty releen toimintaperiaatteita, erilaisia toimintoja, releen parametointien tarkoituksia sekä neuvottu DIGSI parametointiohjelman käytössä. Työssä on myös käyty läpi yhden kiskosuoja 7SS52:n kenttäyksikön koestustulokset sekä raportoitu kiskosuojareleen käyttöönotosta.

TAMPERE POLYTECHNIC

Degree Programme in Electrical Engineering

Electrical Power Engineering

Hautala, Jussi Busbar protection relay 7SS52 parameterization and commissioning

Engineering Thesis 65 pages, 17 appendices

Thesis Supervisor Principal Lecturer Vainö Bergman

Commissioning Company Siemens Osakeyhtiö. Supervisor: B.Sc. Jukka Tuukkanen

November 2007

Keywords differential protection, relay testing, relay periodic tests, relay parameterization

ABSTRACT

In power distribution the biggest power concentrations are in busbars, and because of that also the largest fault currents occur in them. Large short circuit currents may cause massive destruction in switchgear and may also create danger to staff. In order to avoid that from happening it is necessary to protect busbars with their own protection relays. The most important characteristics of busbar protection are fast tripping and good selectivity.

The purpose of this thesis is to create a document which explains why it is necessary to protect busbars and how it can be achieved. The main emphasis in this work out of all possible ways to accomplish busbar protection is on differential protection. Areas also covered are the relay testing and different testing methods. In the testing section the main focus is on commissioning and periodic tests carried out by secondary injection testing.

The main focus in this thesis is on the operations of the busbar protection relay 7SS52 distributed by Siemens. The areas explained are: relays procedures and functions, meanings of relays parameterization and instructions how to use DIGSI parameterization program. Finally, the results of a commissioning test on one of the bay units are reported in the end of this work.

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää valvojaani Jukka Tuukkasta, joka antoi tutkintotyölleni aiheen sekä Matti Kojolaa, joka löysi minulle tutkintotyön teettäjän. Suuret kiitokset ansaitsee esimieheni Niklas Grönroos, joka otti minut harjoittelijaksi Siemensille ja lähetti minut kiskosuojakurssille Saksaan.

Erityiset kiitokset ansaitsee Juha Mäkinen, jonka kanssa suoritin kiskosuojan koestuksen. Kiitokset hänelle myös siitä, että hän jaksoi vastaila lukuisiin esittämiini kysymyksiin parametointia ja koestusta koskien sekä antaa kommentteja lopputyöhöni. Haluaisin kiittää myös Teemu Viinikaista hänen lähettämistään materiaaleista ja antamistaan kommentteista.

Espoossa 12.11.2007

Jussi Hautala

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO	7
2 KISKOSUOJAUKSEN PERUSTEET	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Kiskosuojauksen vaatimukset	9
2.3 Toimintaperiaatteet	10
3 EROVIRTASUOJAUKSEN PERUSTEET	13
3.1 Yleinen toimintaperiaate	13
3.2 Pienimpedanssiperiaate	14
3.3 Suurimpedanssiperiaate	18
4 HAJAUTETTU KISKOSUOJA 7SS52	20
4.1 Yleistä	20
4.2 Hajautettu kiskosuoja	21
4.3 Keskusyksikkö 7SS522	22
4.4 Kenttäyksikkö 7SS523 ja 7SS525	24
4.5 Toimintavyöhykkeet	25
4.6 Erottimien asentotiedot	26
4.7 Katkaisijavikasuojaus	28
4.8 Kuolleen alueen suojaus ja päätevikasuojaus	31
5 KISKOSUOJAN PARAMETROINTI	34
5.1 DIGSI-parametrintiohjelma	34
5.2 Releiden luominen projektiin	35
5.3 Kiskokuvion piirto ja konfigurointi	36
5.4 Keskusyksikön ja kenttäyksikköjen parametointi	39
5.4.1 Keskusyksikön asetteluryhmät	39
5.4.2 Kenttäyksikön parametrintivalikot	42
5.4.3 Muut parametrintitoiminnot	45
5.5 Määrittelymatriisi	46
6 KISKOSUOJAUKSEN KOESTUS	49
6.1 Koestus	49
6.1.1 Yleistä	49
6.1.2 Koestusmenetelmät	50
6.2 Kiskosuojan käyttöönotto	52
6.2.1 Koestuskytkentä	52
6.2.2 Mittaustesti	53
6.2.3 Havahtumisen koestus	54
6.2.4 Vakavointikäyrän koestus	56
6.2.5 Laukaisuajan koestus	57
6.2.6 Erovirtahälytyksen koestus	59
6.3 Kausikoestus	60
6.3.1 Yleistä	61
6.3.2 Kiskosuojan kausikoestus	61
7 KISKOSUOJAN KÄYTTÖÖNOTTO	63

8 LOPPUSANAT	64
LÄHDELUETTELO	65
LIITTEET	
1 Keskusyksikkö 7SS522:n kytkentäkaavio	
2 Kenttäyksikkö 7SS523:n kytkentäkaavio	
3 Kenttäyksikkö 7SS525:n kytkentäkaavio	
4 Keskusyksikön tilausnumeron vaihtoehdot	
5 Keskusyksikön parametrilista	
6 Koestuspöytäkirja	

1 JOHDANTO

Tässä tutkintotyössä on käsitelty kokoojakiskojen suojausta yleisesti sekä syventyen Siemensin 7SS52 kiskosuojaraleeseen. Työssä käydään läpi eri kiskosuojauksen toteuttamisperiaatteet, syventyen erityisesti pienimpedanssiseen erovirtaperiaatteeseen, sillä se on yleisimmin käytössä uusimmissa kiskosuojaraleissa.

Kiskosuojaus on hyvin monimutkainen kokonaisuus ja toiminnaltaan yksi vaikeimmista suojarelityypeistä. Tämän vuoksi vain harvat ymmärtävät kiskosuojaraleiden toimintaperiaatteen tai osaavat ottaa niitä käyttöön. Tämän tutkintotyön tavoitteena on ollut valaista kiskosuojauksen filosofiaa lukijalle sekä tarjota selvennystä ja ohjeistusta kiskosuojaraleen käyttöönottoon.

Tutkintotyön tarkoitus on toimia taustatietona ja ohjeena kiskosuojauksessa, jolloin työn teettäjä voi antaa sen asiasta kiinnostuneelle asiakkaalleen. Tällöin työ toivottavasti selventää kiskosuojauksesta heränneitä kysymyksiä.

Tutkintotyössä on keskitytty erityisesti Siemensin tarjoamaan hajautettuun kiskosuojaraleeseen 7SS52, koska työn tekijä pääsi olemaan mukana sen parametroidinnissa, koetuksessa ja käyttöönotossa. Tässä työssä ei ole vertailtu tai tarkasteltu muiden relevalmistajien tarjoamia kiskosuojaraleita.

Vaikka kiskosuojaraleessa on nykyään lähes aina mukana myös katkaisijavikasuoja, on se kuitenkin toimintafilosofialtaan itsenäinen suojaus. Tämän vuoksi katkaisijavikasuojan toimintaa on tarkasteltu ainoastaan sen perusteorian ja joidenkin parametrintiasetteluiden kautta.

2 KISKOSUOJAUKSEN PERUSTEET

2.1 Yleistä

Sähkön toimittajat haluavat asiakkailleen mahdollisimman varman siirtojärjestelmän. Tämä edellyttää siirtojärjestelmän kaikkien osien suojaamista vikoja vastaan. On kuitenkin mahdotonta välttyä kaikilta vioilta, koska niitä aiheuttavat esimerkiksi luonnonvoimat, laitevauriot ja ihmisen tekemät virheet. Siksi on järkevää suojata pääkiskot omilla suojuareillaan. Kiskosuojuarelettä käytetään kuitenkin pääasiassa suurjännitteisissä kojeistoissa sekä tärkeimmissä keskijännitekojeistoissa niiden kalliin hinnan vuoksi.

Vaikka kiskoviat ovat harvinaisia, niitä pidetään kaikkein haitallisimpina vikatilanteina. Koska pääkiskoissa kulkee suuria tehoja, niiden oikosulkuvirrat saattavat vikatilanteissa nousta todella suuriksi ja aiheuttaa huomattavia vaurioita primäärilaitteille sekä vaaratilanteita kiskojen läheisyydessä työskenteleville ihmisille.

Kiskoviat tapahtuvat yleensä yhden vaiheen ja maan välillä. Syynä ovat usein läpilyönnit tai katkaisijan toimintavika. Huomattavaan osaan vioista on syynä myös ihmisen toiminta, kuten jännitteen kytkeminen suoraan vikaan. Ulkoilmassa olevat kojeistot ovat riskialttiimpia vikatilanteille, mutta laajalle leviävien tuhojen mahdollisuus on niissä pienempi. [5]

Kantaverkossa on tärkeää saada aikaan nopea ja selektiivinen laukaisu kiskovian sattuessa, koska silloin primäärilaitteisiin kohdistuvat vauriot ovat mahdollisimman pienet ja terveitä kiskoja tai kiskonosia ei turhaan laukaista pois käytöstä. Niin voidaan myös minimoida sähköasemien korjaus- ja keskeytysajat, ja verkko palautuu stabiiliin tilaan vian jälkeen mahdollisimman nopeasti. Varsinkin kaksoiskiskojärjestelmässä (duplex) kiskosuojuan käyttö on suositeltavaa, sillä siinä viallisen kiskon irrottaminen verkosta ei poista yhtään lähtöä käytöstä. [6, 9]

Kiskot on jätetty usein suojaamatta, sillä ne vikaantuvat erittäin harvoin. Tällöin onkin usein epäilty, että kiskosuoja itsessään aiheuttaisi enemmän vikatilanteita ja käyttökeskeytyksiä kuin kiskoviat. On myös toivottu, että muut suojarahat tarjoaisivat riittävän suojan kiskovikoja vastaan. Nykyaikaiset kiskosuojarahat ovat kuitenkin toiminnaltaan varmoja ja suojattuja vikatoimintoja vastaan. [5]

Virtamuuntajien sijainti määrittää sen, mitkä viat kuuluvat kisko- ja mitkä johtovikoihin. Sähköaseman suojaus määrittää kiskovioiksi ne vikatilanteet, jotka aiheutuvat virtamuuntajista katsottuna kiskon puolella. Vastaavasti johtovioiksi määritellään ne viat, jotka sattuvat virtamuuntajista katsottuna johdon puolella. Kiskovian sattuessa kisko pyritään saamaan jännitteettömäksi laukaisemalla kaikki siihen liitetyt katkaisijat. [6]

Virtamuuntajien magneettinen kyllästyminen aiheuttaa virran käyrämuodon vääristymistä. Tämä on suuri ongelma kiskosuojauksen kannalta. Virtamuuntajien magneettinen kyllästyminen tulisikin ottaa huomioon suojausta suunniteltaessa. Erilaisilla kiskosuojilla on omat vaatimuksensa virtamuuntajille, esimerkiksi samanlaiset ja -suuruiset kokonaistaakat, muuntosuhteet ja toision aikavakiot. Kiskosuojan kokonaiskustannuksia laskettaessa kannattaakin ottaa huomioon myös virtamuuntajien hankinnasta aiheutuvat kulut, sillä useat halvat kiskosuojat vaativat virtamuuntajiltaan tarkkoja erityisvaatimuksia. [3, 6]

2.2 Kiskosuojauksen vaatimukset

Jotta kiskosuoja toimisi mahdollisimman hyvin, siltä edellytetään ennen kaikkea nopeaa toimintaa. Nopea toiminta estää vian kojeistoon ja kiskojen läheisyydessä oleviin ihmisiin kohdistuvat vahingot. Suojauksen nopealla toiminnalla estetään myös virtamuuntajien kyllästyminen.

Toinen tärkeä kiskosuojauksen edellytys on hyvä selektiivisyys. Toisin sanoen suoja ei saa toimia kiskon ulkopuolisissa vioissa. Jos kisko on jaettu tai mahdollista jakaa katkaisijoilla useaan osaan, tulee kiskosuojan laukaista vain se kiskonosa,

jossa vika on. Jotta kiskosuoja voisi toimia mahdollisimman selektiivisesti, tulee sen saada luotettavia virtamittauksia ja erottimien asentotietoja. On tärkeämpää, ettei suoja toimi tarpeettomasti, kuin että se toimisi aina tarvittaessa. Kiskosuojan on oltava erityisen käyttövarma, joten se pitää olla varustettuna jatkuvalla itsevalvonnalla.

Kiskosuojausta suunniteltaessa täytyy huomioida sen muutos- ja laajennusmahdollisuudet. Jos sähköasemalla tapahtuu myöhemmin muutostöitä, saattavat ne vaatia suojien toiminnan ja laajuuden muuttamista. Kiskojärjestelmiä on useita erilaisia. Hyvän kiskosuojan tulee soveltua erilaisiin kiskojärjestelmiin. Kiskojärjestelmän valintaan vaikuttavat sähköaseman suuruus, muuntajien lukumäärä ja niiden teho. Kiskosuoja ei myöskään saa vaikeuttaa huomattavasti sähköasemilla tapahtuvia normaaleja koestus- ja kytkentätilanteita. [6]

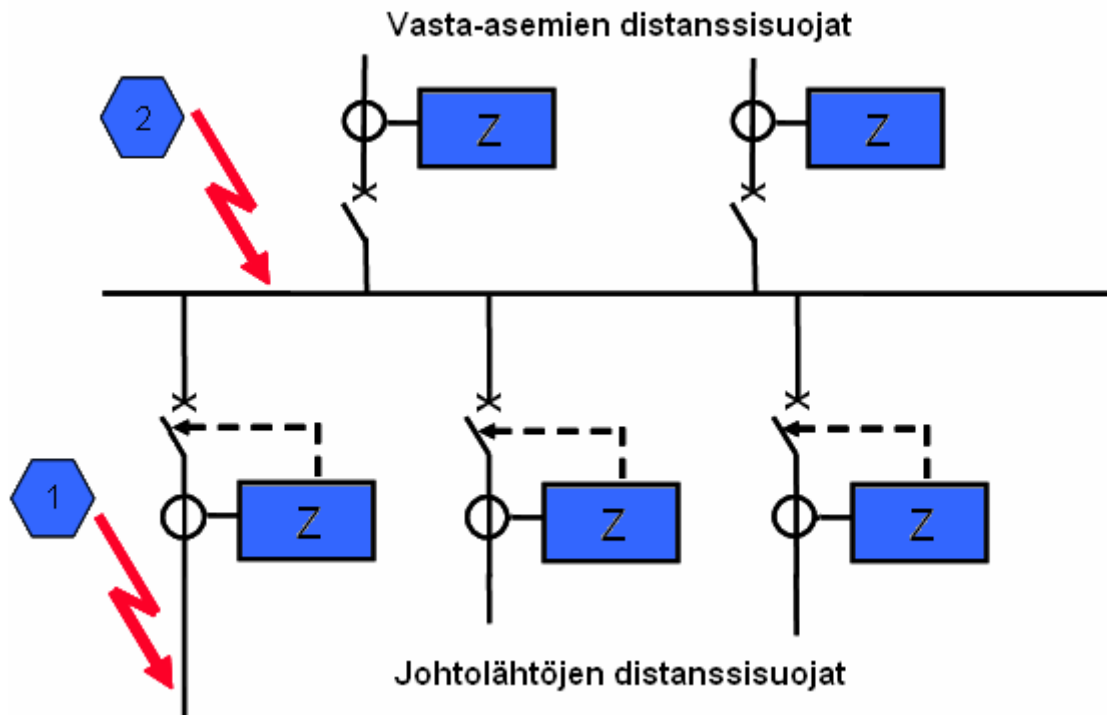
2.3 Toimintaperiaatteet

Kiskosuojaus voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Erovirta- eli differentiaaliperiaatteeseen pohjautuva suojaus on yleisin ja useimmiten myös paras tapa, joten siitä on kirjoitettu enemmän luvussa 3. Muita mahdollisia tapoja ovat muun muassa distanssireleisiin, käänteiseen lukitukseen ja valokaarisuojaan perustuva suojaus.

Vasta-asezilla sijaitsevien distanssireleiden avulla voidaan toteuttaa rajoitettu kiskosuojaus. Kuvassa 2.1 on periaatekuva distanssireleillä toteutetusta kiskosuojauksesta. Kuvassa on kaksi vikaa, joista vika numero 1 tapahtuu johdossa. Silloin johtolähdön oma distanssirele laukeaa ja poistaa viallisen johtolähdön käytöstä.

Vika numero 2 sattuu kiskossa, jolloin vasta-asemien distanssireleet havahtuvat laajennetulla ensimmäisellä vyöhykkeellään, laukaisevat katkaisijansa ja koko kisko jää jännitteettömäksi. Vasta-asemien distanssireleiden laukaisua täytyy

hidastaa, jotta ne eivät laukeaisi turhaan kiskon jälkeisissä vioissa. Ongelmaksi voivat muodostua myös johdoilla mahdollisesti olevat jälleenkytkennät.

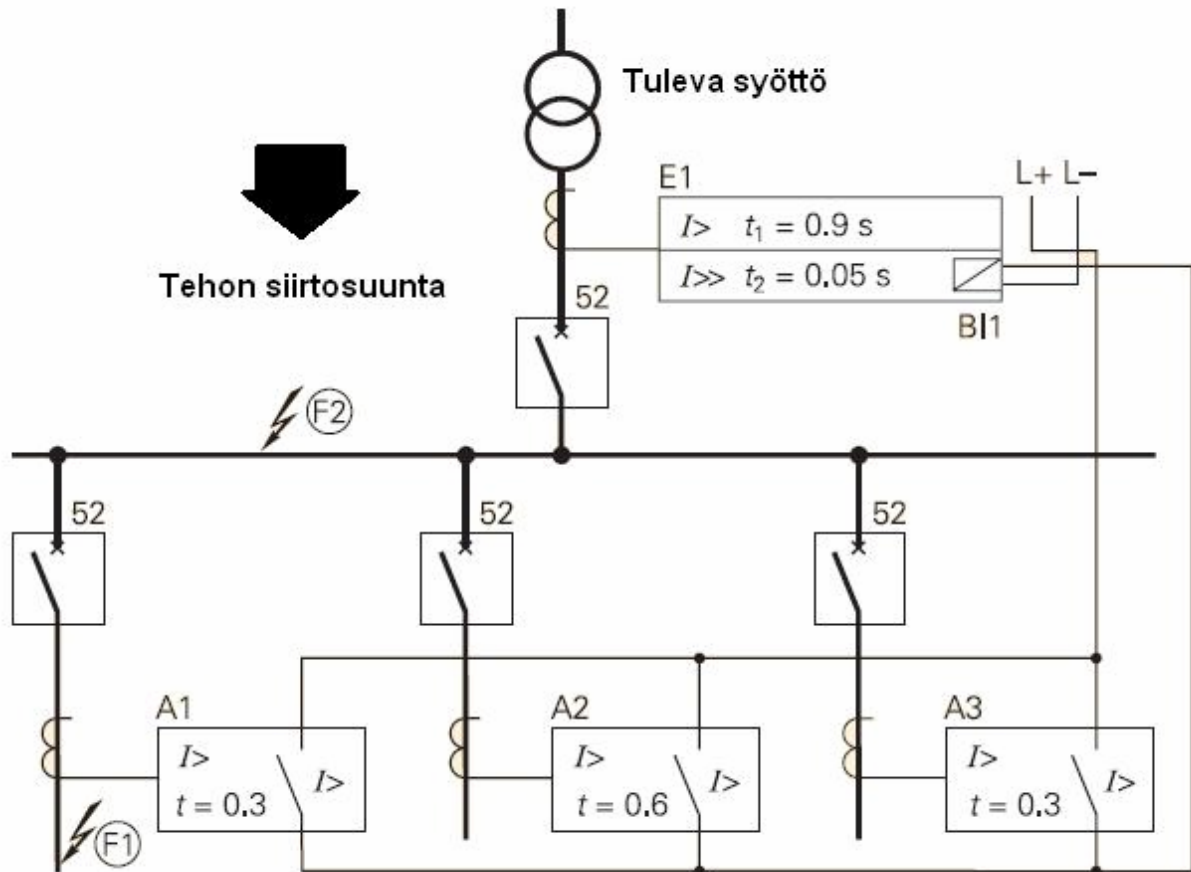


Kuva 2.1 Distanssireleillä toteutettu kiskosuojaus [3]

Distanssireleillä toteutetun kiskosuojausten suurimmaksi haitaksi muodostuu vasta-aseamalla olevien distanssireleiden hidastettu nopeus - yli 300 ms. Myös tilanne, jossa vikaantuneeseen kiskoon on kytketty muuntajia, aiheuttaa ongelmia. Muuntajat jatkavat tehon syöttöä kiskossa olevaan vikapaikkaan, kunnes niiden omat suojarieleet havahtuvat ja laukaisevat ne irti kiskosta. [6, 9]

Normaaleissa keskijännitekojeistoissa ei useimmiten käytetä erillistä kiskosuojausta taloudellisten syiden takia. Kiskon suojaus toteutetaan tavallisilla ylivirtareleillä, jotka on sijoitettu jokaiseen lähtöön ja tulevaan syöttöön. Tulevan syötön ylivirtareleestä otetaan käyttöön kaksi laukaisuaika-asettelua, joista hitaampi on varasuojana lähtöjen vikaantumisen ja nopeampi kiskovikojen varalta. Tätä suojaustapaa kutsutaan käänteiseksi lukitukseksi. Se on tehokas ja nopea tapa suojata kiskoa. Käänteisen lukituksen edellytyksenä kuitenkin on, että kojeistossa

on vain yksi pääkisko, jolla on yksi tuleva syöttö ja tehon siirtosuunta on ennalta määrätty. [6]



Kuva 2.2 Käänteisellä lukituksella toteutettu kiskosuojaus [9]

Kuvassa 2.2 on havainnollistettu käänteisen lukituksen peruseriaate. Kun lähtöön A1 tulee vika F1, niin tulevan syötön E1 ylivirtarele havahtuu ja käynnistää molempien laukaisujensa aikaviiveet. Viallisen lähdön ylivirtareleen havahtuminen lukitsee tulevan syötön nopeamman aika-asettelun laukaisun binäärisen sisääntulon avulla. Sen jälkeen lähdön A1 ylivirtarele laukaisee johdon ennen kuin syötön E1 releen hidastettu aika-asettelu on kulunut. [9]

Kun kuvassa 2.2 olevassa kiskossa tapahtuu vika F2, niin syötön E1 ylivirtareleen molemmat aikaviiveet käynnistyvät kuten johtoviassa. Koska yhdenkään lähdön ylivirtarele ei havahdu, niin kisko laukeaa irti verkosta tulevan syötön ylivirtareleen

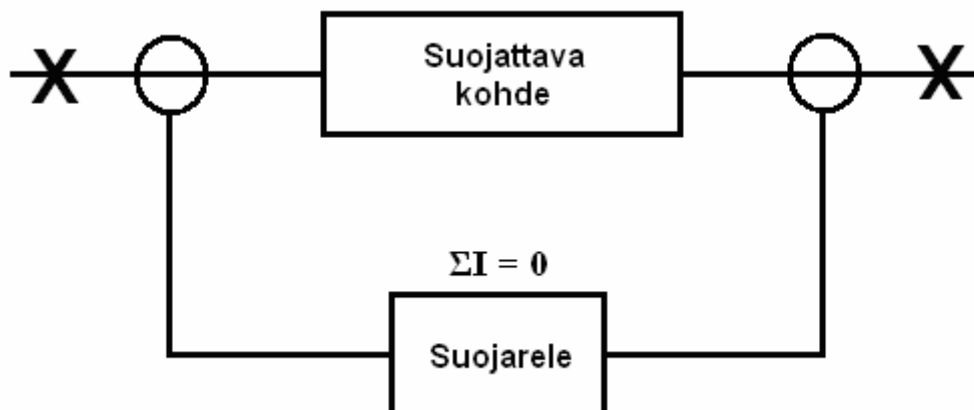
nopeammalla portaalla. Tällöin kiskovian aiheuttamien vahinkojen laajuus saadaan minimoitua. [9]

Keskijännitekojeistoissa kiskosuojausta voidaan täydentää valokaarisuojalla, jolloin se toimii osana oikosulkusuojausta. Sen toiminta perustuu kiskostossa mahdollisen oikosulun seurauksena syntyvien valokaarien havaitsemiseen. Valokaarisuojauksen suurin etu on sen nopea toiminta-aika, mutta haittana on, että sitä voidaan käyttää ainoastaan sisätiloissa, sillä auringonvalo ja ympäristön lämpötilan vaihtelu saattavat häiritä suojan toimintaa. Valokaarisuojaan voidaan liittää myös ylivirtaelin, jolloin suojan havahtumiseen tarvitaan sekä virtaa että valoa. Näin pystytään vähentämään tilanteita, jolloin suoja toimisi väärin. [10]

3 EROVIRTASUOJAUKSEN PERUSTEET

3.1 Yleinen toimintaperiaate

Erovirta- eli differentiaalisuojaus perustuu Kirchhoffin virtalakiin, jonka mukaan terveessä järjestelmässä solmukohtaan tulevien virtojen summa on yhtä suuri kuin siitä poistuvien virtojen summa. Suojausalueena toimii virranmittauspaikkojen väliin jäävä alue kuvan 3.1 mukaisesti.



Kuva 3.1 Erovirtasuojauksen periaate

Erovirtasuojauksessa rele mittaa suojausalueelle tulevien ja sieltä lähtevien virtojen erotusta, eli erovirtaa. Jos virtojen amplitudit ja/tai vaihekulmat eroavat toisistaan enemmän kuin releelle asetellun toiminta-arvon verran, niin suojausalueella on vika, joka johtaa suojarleen havahtumiseen ja laukaisuun.

Erovirtasuojat ovat absoluuttisen selektiivisiä, eli ne voivat toimia vain suojausalueellaan tapahtuvissa vioissa. Erovirtasuojat kuuluvat myös nopeimpiin oikosulkusuojiin. Niiden toimintanopeus voi olla jopa alle puolijakson verran.

Eräs erovirtasuojien suuri etu on niiden herkkyys. Suojaus voidaan asettaa toimimaan vikavirroilla, jotka ovat suuruudeltaan vain muutaman prosentin nimellisvirrasta. Herkkyyteen vaikuttavat myös käytetty suojarleityyppi, virtamuuntajien ominaisuudet ja suojattavan kohteen ominaispiirteet. [1]

Erovirtasuojaus on hyvin monikäyttöinen suojaustapa, ja sitä voidaan käyttää kaikkien verkon osien suojaukseen. Suojattaessa paikallisia kohteita kuten muuntajia tai kiskoja erovirtareleet eivät tarvitse apujohtoyhteyttä. Kuitenkin johdon erovirtasuojauksessa, jossa etäisyydet ovat pitkiä, apuyhteyttä johdon päiden välille tarvitaan. Apuyhteytenä voivat toimia esimerkiksi viestikaapeli, suojattu ohjauskaapeli, optinen kaapeli, voimajohtokantoaalto tai radiolinkki. [6]

3.2 Pienimpedanssiperiaate

Erovirtareleet voivat käyttää joko pien- tai suurimpedanssista mittauseriaatetta. Nykyaikaiset kiskosuojat toimivat useimmiten pienimpedanssiperiaatteella. Tällöin releen impedanssi on pieni verrattuna virtamuuntajaan. Pienimpedanssiperiaatteella toimivat suojarleet ovat kalliimpia kuin suurimpedanssiperiaatteella toimivat, mutta niillä on kevyemmät vaatimukset virtamuuntajien ominaisuuksille. [3]

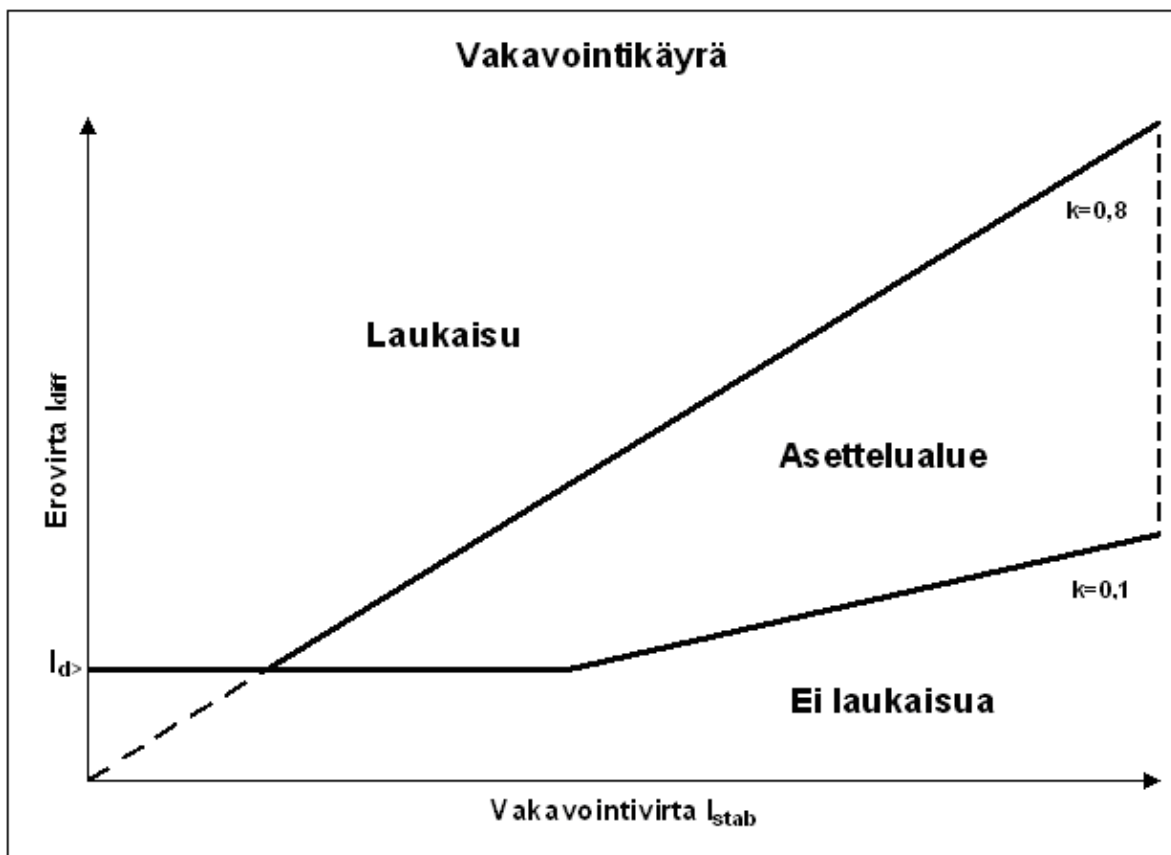
Pienimpedanssi periaatteella toimiva differentiaalisuoja mittaa suojattavan kohteen yli olevaa erovirtaa I_{diff} . Vaikka suojausalueella ei olisi vikaa, niin virtamuuntajien virheiden takia erovirta ei kuitenkaan ole nolla. Tätä viasta aiheutumaton

erovirtaa kutsutaan näennäiseksi erovirraksi. Kaavassa 1 on erovirran laskentaperiaate. Siinä mittausaluetta kohti tulevien virtojen etumerkki määritetään positiiviseksi ja lähtevien negatiiviseksi.

$$I_{\text{diff}} = |\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \dots + \underline{I}_n| \quad (1)$$

Jotta erovirtasuoja toimisi oikein huolimatta näennäisestä erovirrasta, on suoja vakavoitava kuormitusvirran suhteen. Kuormitusvirran kasvaessa kasvavat myös virtamuuntajan virheistä aiheutuva näennäinen erovirta. Näin ollen suojauksen laukaisuun vaaditaan sitä suurempi erovirta mitä suurempi on virtamuuntajien kuormitusvirta. Kuten erovirta, myös vakavointivirta I_{stab} muodostetaan suojattavaan kohteeseen tulevista ja sieltä lähtevistä virroista. Kaavassa 2 on vakavointivirran laskentaperiaate. [1]

$$I_{\text{stab}} = |\underline{I}_1| + |\underline{I}_2| + \dots + |\underline{I}_n| \quad (2)$$



Kuva 3.2 Pienimpedanssiperiaatteella toimivan erovirtasuojan vakavointikäyrä

Kuvassa 3.2 on pienimpedanssiperiaatteella toimivan erovirtasuojan vakavointikäyrä. Sen muoto määräytyy suojaukselle aseteltavien parametrien perusteella. Asetteluarvoina ovat erovirran perusasettelu $I_{d>}$ ja vakavointikerroin k . Kuvan vakavointikäyrästä voidaan nähdä, että ilman erovirran perusasettelua käyrän alkupisteenä olisi aina origo.

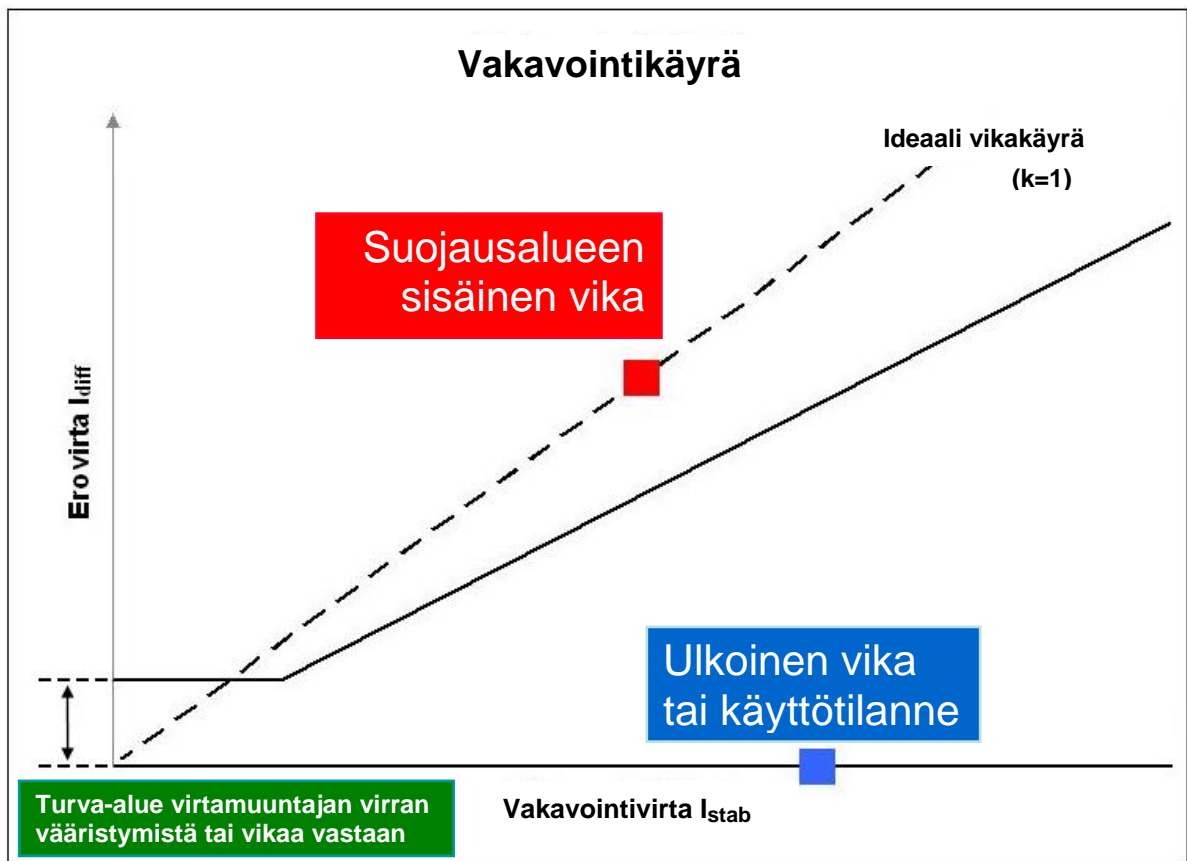
Erovirran perusasettelu toimii pienimpänä erovirran arvona, jolla suojaus toimii. Sen suuruus asetellaan releelle erovirran suhteena nimellisvirtaan. Erovirran perusasettelua käytetään kompensoimaan virtamuuntajien virheitä tai niiden käyrämuodon vääristymiä. Jos esimerkiksi virtamuuntajan johdotuksessa olisi vikaa, näkyisi sen koko kuormitusvirta puhtaasti erovirtana.

Vakavointikertoimella määritellään suojauksen toimintaherkkyys. Kaavasta 3 voidaan todeta, että erovirtasuojan toiminta pysyy stabiilina silloin, kun vakavointivirran arvo kerrottuna vakavointikertoimella on suurempi kuin erovirran arvo. Tämä tarkoittaa, että vakavointikertoimesta riippuu kuinka suuri laukaisuun tarvittavan erovirran muutoksen tulee olla suhteessa vakavointivirran muutokseen. Vakavointikertoimella voidaan kompensoida virtamuuntajan kyllästymisen aiheuttama näennäinen erovirta.

$$I_{\text{diff}} < k \cdot I_{\text{stab}}$$

(3)

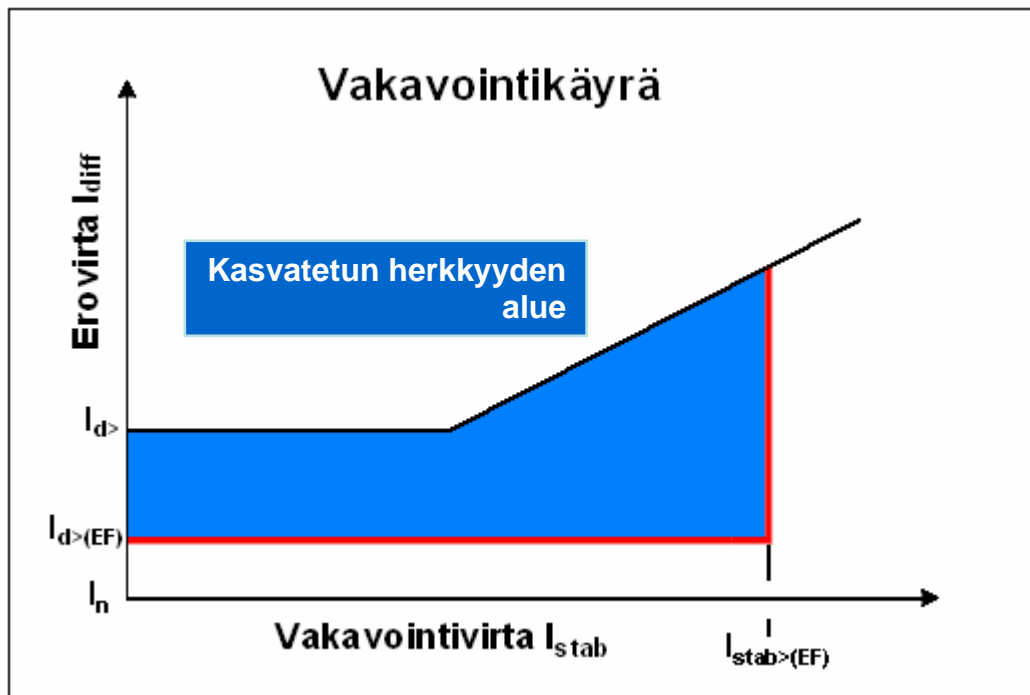
Kuvasta 3.3 voidaan todeta, että ideaalinen suojausalueen sisällä tapahtuva vika sijoittuisi vikakäyrälle, jonka vakavointikerroin on yksi. Tällöin suojaus toimisi, kun erovirta ja vakavointivirta ovat yhtä suuret. Kuvassa 3.3 on myös merkitty tilanne, jossa verkolla on normaali käyttötilanne tai vika, joka tapahtuu suojausalueen ulkopuolella. Tällöin, ideaalitapauksessa, suojaus ei havaitse ollenkaan erovirtaa ja vakavointivirran arvo määräytyy kaavan 2 mukaan. [3]



Kuva 3.3 Eri vikojen sijoittuminen vakavointikäyrälle [3]

Järjestelmissä, joissa verkon tähtipiste on resistiivisesti maadoitettu, voidaan joissain releissä ottaa käyttöön erovirtareleen vakavointikäyrällä ylimääräinen kasvatetun herkkyuden alue. Tällöin suojarеле havahtuu binääriseen sisääntulonsa kautta maavioissa, ja ottaa käyttöön herkennetyn toiminta-alueen.

Maasulun aikaisen herkennetyn toiminta-alueen rajat määräytyvät kahden parametrin mukaan, ne ovat erovirran herkennetty perusarvo $I_{d>(EF)}$ ja vakavointivirran herkennetty arvo $I_{stab>(EF)}$. Kuvassa 3.4 on maasulun aikainen kasvatetun herkkyuden laukaisualue suhteessa normaaliin vakavointikäyrään.



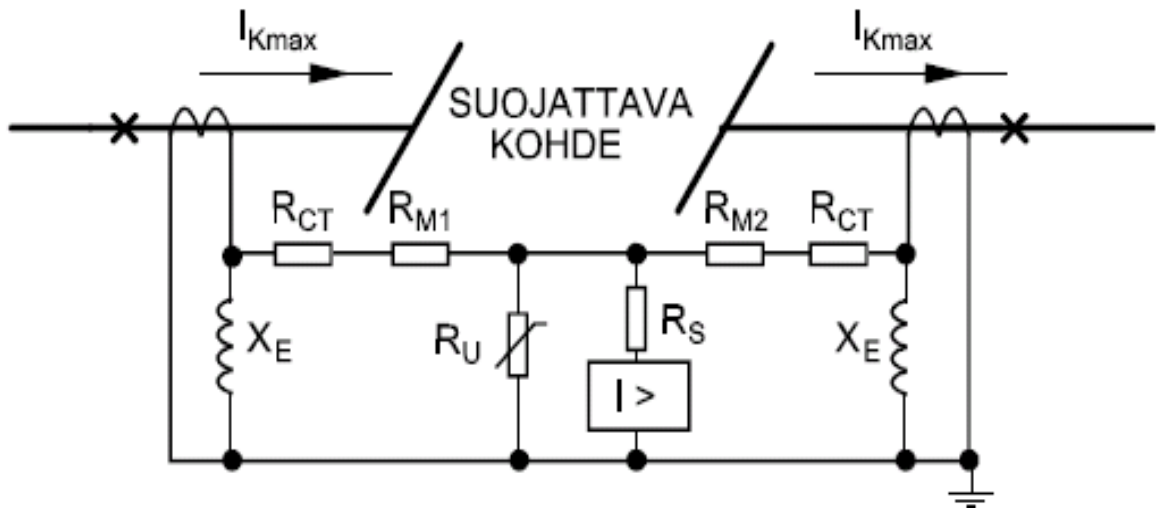
Kuva 3.4 Maasulun aikaisen kasvatetun herkkyyden alue vakavointikäyrällä [3]

3.3 Suurimpedanssiperiaate

Suurimpedanssidifferentiaalisuojaus on yksinkertainen toteuttaa ja asetella sekä toiminnaltaan luotettava ja käyttövarma. Virtamuuntajien eriaikaisesta kyllästyisestä aiheutuvaa näennäistä erovirtaa pyritään estämään erillisen vakavointi- eli stabilointiresistanssin avulla. Näin pyritään estämään suojauksen virhetoiminta suojausalueen ulkopuolisissa vioissa. [1]

Suurimpedanssisuojan stabiloinnin perusteena on, että oletetaan vian tapahtuvan suojausalueen ulkopuolella. Tämän seurauksena yksi suojan virtamuuntajista kyllästyy täydellisesti. Tällöin myös oletetaan, etteivät suojan muut virtamuuntajat kyllästy lainkaan. Vian muodostama näennäinen erovirta pyritään saamaan kiertämään kyllästyneen virtamuuntajan kautta eikä relepiirissä. Kyllästyneen virtamuuntajan impedanssi on pieni, joten releen kanssa kytetään sarjaan suuri stabilointiresistanssi, joka näkyy kuvassa 3.5 tunnuksella R_s . Tällöin saadaan näennäinen erovirta kulkemaan halutusti kokonaisuudessaan kyllästyneen virtamuuntajan mittaussiirin kautta, jonka yli oleva jännitehäviö on sama kuin

relepiirin yli oleva jännitehäviö. Tämä niin sanottu stabilointijännite ei saa aiheuttaa suojauksen toimintaa. [1]



Kuva 3.5 Suurimpedanssisuojauksen yksivaiheinen sijaiskytkentä [1]

Suojausalueen sisäpuolisessa vikatilanteessa relepiiriin kohdistuu oikosulkuvirran suuruinen toisiovirta. Siksi suurimpedanssisuojaus vaatiikin virtamuuntajiltaan riittävää toistokykyä, jotta ne pystyisivät syöttämään relepiiriin tarvittavan virran. Relepiirin suuren impedanssin vuoksi, on mahdollista, että toisiojännite kasvaa niin suureksi, etteivät rele ja johdotus kestä sitä. Tältä vältytään kytkemällä relepiirin rinnalle varistori, joka rajoittaa jännitteen turvalliselle tasolle. Varistori näkyy kuvassa 3.5 tunnuksella R_U . [1]

4 HAJAUTETTU KISKOSUOJA 7SS52

4.1 Yleistä

Siemensin tarjoaman numeerisen kiskosuojan 7SS52 toiminta perustuu pienimpedanssiseen erovirtasuojaukseen. Sen suurimpana etuna on vian nopea laukaisu. Kiskosuoja antaa laukaisukäskyn katkaisijoille alle 15 millisekunnissa. Kun aikaan lisätään katkaisijan avautumisaika, niin todellinen laukaisu tapahtuu alle 100 millisekunnissa kiskosuojan havahtumisesta. [3]

Virtamuuntajien saturoituminen eli virran käyrämuodon vääristyminen aiheuttaa ongelmia erovirtaperiaatteella toimiville kiskosuojalle. Kiskosuoja 7SS52:n sisäiset piirit havaitset virtamuuntajien saturoitumisen ja alkavat sietää sitä kahden millisekunnin jälkeen. Tällöin saturoitumisen aiheuttamat haitat voidaan minimoida.

Kiskosuojauksessa on erityisen tärkeää, ettei missään olosuhteissa tapahdu virheellisiä laukaisuja. Kiskosuojassa 7SS52 ylitoiminnan esto on toteutettu kolmella kenttäyksikön sisässä olevalla transistorilla, jotka vastaanottavat oman osa-alueensa mittaustuloksien analysointeja keskusyksiköltä. Vasta kun keskusyksikkö antaa laukaisukäskyn kaikille kolmelle transistorille, niin todellinen laukaisu tapahtuu. [3]

Kiskosuojauksen alitoiminnalta suojaudutaan jatkuvalla laukaisutransistorien toiminnan testaamisella. Keskusyksikkö antaa transistoreille vuorotellen yhden millisekunnin pulsseja, joilla simuloidaan laukaisutilannetta. Jos transistorin tila muuttuu, niin se on toimintakuntoinen, ja ellei, niin rele antaa hälytyksen eikä viallisen transistorin toimintaa vaadita osaksi laukaisua siitä lähtien. [3]

Numeerisissa releissä on oleellista valvoa releen sisäisiä piirejä. Kiskosuoja 7SS52 onkin varustettu useilla itsevalvontaelimillä. Ne valvovat releen ohjelmistoa, mikroprosessoreita, tietojen lähetystä ja vastaanottoa sekä relettä syöttäviä

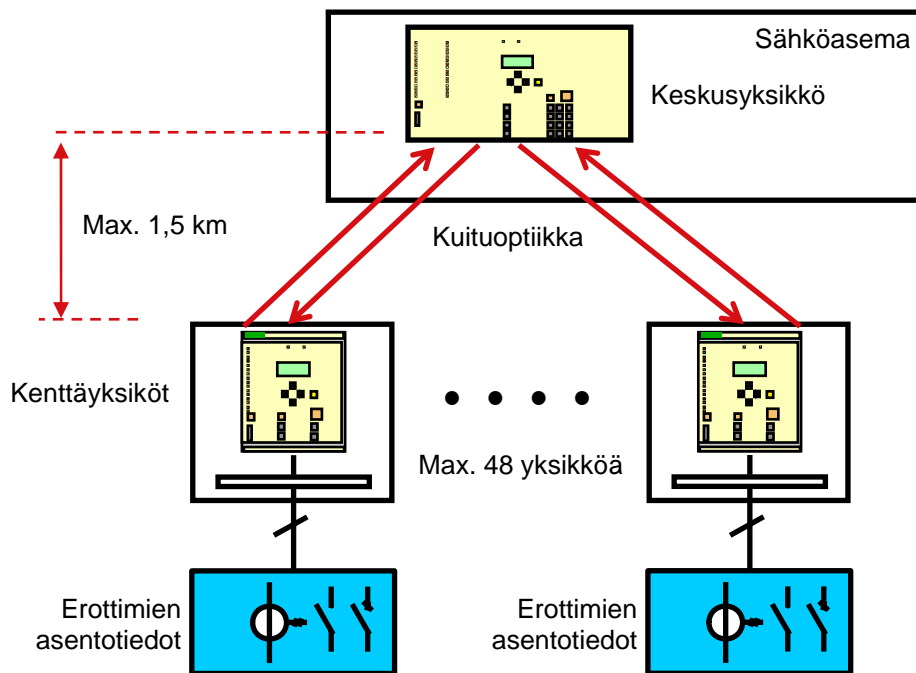
virtapiirejä. Rele valvoo myös ulkoisia piirejään, jolloin se havaitsee virtamuuntajien virheet sekä viat johdotuksissa ja erottimien asentotiedoissa. [3]

Jotta koestukset sekä huolto- ja korjaustyöt sujuisivat helpommin ja turvallisemmin, on 7SS52 kiskosuojaan sisällytetty muutamia helpottavia toimintoja. Kenttä poissa käytöstä (Bay Out of Service) toiminnolla kenttäyksikkö kytketään suojausalueineen pois kiskosuojauksen piiristä. Tämä tapahtuu kun kaikki suojausalueen erottimet ovat simuloitussa aukitilassa. Erottimen huolto (Disconnecter Maintenance) toiminnolla pystytään jäädyttämään erottimen asentotieto, jotta erottimella tehtävät huoltotyöt eivät vaarantaisi kiskosuojauksen stabiilisuutta.

4.2 Hajautettu kiskosuoja

Kiskosuoja 7SS52 on malliltaan hajautettu. Se tarkoittaa, että suojaukseen kuuluu keskusyksikkö sekä jokaista virtamuuntajaa kohti yksi kenttäyksikkö. Kuvassa 4.1 on periaatekuva hajautetusta kiskosuojasta. Siitä voidaan nähdä, että kenttäyksiköt voidaan sijoittaa maksimissaan 1,5 kilometrin päähän keskusyksiköstä. Niiden välinen liikennöinti hoituu kuituoptiikalla. Kenttäyksikköihin johdotetaan erottimien ja katkaisijan asentotiedot sekä virtamuuntajilta tulevat mittaukset.

Hajautettu kiskosuoja tuo mukanaan monia etuja. Ensimmäkin se on helpompi ja nopeampi asentaa, koska asennus voidaan tehdä kenttäyksikkö kerrallaan. Kiskosuojaukseen kuuluvien kaapeleiden määrä vähenee oleellisesti kuituoptiikan vuoksi. Se myös helpottaa suojauksen laajentamista. Koska kenttäyksiköt voidaan halutessa asentaa virtamuuntajien läheisyyteen, niiden välisten kaapeleiden pituus lyhenee ja samalla virtamuuntajien taakka pienenee. [3]



Kuva 4.1 Hajautetun kiskosuojan periaatekuva [4]

Yksi 7SS52 kiskosuojan keskusyksikkö pystyy hoitamaan 12 pääkiskon tai pääkiskonosan suojaus. Tämä kattaa 99 prosenttia kaikista olemassa olevista kojeistoista. Yhteen keskusyksikköön voidaan yhdistää enintään 48 kenttäyksikköä, jos siihen on hankittu riittävä kapasiteetti. Tämä tarkoittaa sitä, että keskusyksikköön voidaan hankkia yhdestä kuuteen liikennöintikorttia kuituoptiikkaa varten. Jokaisessa kortissa on 8 valokuituliitäntäparia, joihin kenttäyksiköiltä tulevat ja niille lähtevät kuidut voidaan asentaa. Yksi kenttäyksikkö pystyy huolehtimaan yhdestä katkaisijasta ja virtamuuntajasta sekä maksimissaan viidestä erottimesta.

4.3 Keskusyksikkö 7SS52

Keskusyksikkö 7SS52 toimii hajautetun kiskosuojaus aivoina. Kaikki kenttäyksiköt lähettävät sille mittauksiaan sekä erottimien asentotietoja, jonka jälkeen keskusyksikkö prosessoi tiedot ja päättää mitä niiden pohjalta on tehtävä. Hajautetussa kiskosuojaussa keskusyksikkö tekee aina laukaisua koskevat päätökset ja kenttäyksiköt itse laukaisun. Keskusyksikkö hoitaa tietojen lähetyksen ja

synkronoinnin kenttäyksiköille. Se hoitaa myös koko suojauksen sisäisesti tapahtuvan kunnan tarkistuksen.

Ulospäin keskusyksikkö koostuu etupuolella olevista merkkiledeistä, funktio-, nuoli- ja numeronäppäimistä, käyttäjäliitännästä ja näytöstä. Ledejä on 34 ja niistä 32 on vapaasti ohjelmoitavissa. Kaksi ohjelmoitamatonta lediä toimii osoittamassa koska keskusyksikkö on päällä tai vikatilassa. Funktionäppäimiä on neljä ja ledien tavoin ne ovat vapaasti ohjelmoitavissa parametrintiohjelma DIGSI:n määrittelymatriisissa.

Releen etupaneelissa olevasta käyttäjäliitännästä pääsee tarkastelemaan releen toimintaa ja muuttamaan sen parametreinteja tietokoneen avustuksella. Nuolinäppäinten ja näytön avulla voidaan parametrintia muokata myös ilman parametrintiohjelmaa. Näytöstä näkyy myös käytön aikana ero- ja vakavointivirran senhetkiset arvot vaiheittain.

Keskusyksikkö 7SS522:n takaa löytyvät liittimet, joihin voidaan asentaa binääriset sisäänmenot, hälytyskoskettimet sekä optiset tulo- ja lähtöliittimet. Myös releen sisäisen kellon tahdistuksen ja huoltoväylän liitännät löytyvät takapaneelista.

Keskusyksikön takana on kaksi liikennöintiliitäntää, joiden avulla relettä voidaan parametroida ja sen toimintaa tarkastella käytön aikana. Toinen liitännöistä on toteutettu IEC 60870-5-103 liikennöinti-protokollalla, kuten etupaneelissakin oleva liitäntä. Toinen on toteutettu ethernetiin pohjaavalla IEC 61850 protokollalla. Tarkemmat tiedot liittimistä ja liitännöistä löytyvät keskusyksikkö 7SS522:n kytkentäkaaviosta liitteestä 1.

Keskusyksikössä on tapahtumalista, johon se kerää tietoja kaikista kiskosuojan tapahtumista ja vioista. Käyttäjä pääsee lukemaan listaa liikennöinti- tai huoltoväylän kautta ja tarkastelemaan mitä suojauksessa on tapahtunut pitkällä aikavälillä. Keskusyksikössä on integroituna erillinen häiriötallennin, joka tallentaa vikatilanteiden ero- ja vakavointivirrat muistiinsa.

4.4 Kenttäyksikkö 7SS523 ja 7SS525

Kenttäyksiköitä on kahta erilaista mallia, joista 7SS523 on toiminnoiltaan sekä ominaisuuksiltaan laajempi ja 7SS525 kooltaan pienempi ja hinnaltaan halvempi. Molempia kenttäyksiköitä voidaan käyttää samassa kiskosuojausjärjestelmässä.

Molemmissa kenttäyksiköissä on keskusyksikön tavoin päällä- ja vikaedit, mutta vain 7SS523:ssa on 16 vapaasti ohjelmoitavaa lediä. Molempien yksiköiden etupaneeleissa on liitäntä DIGSI:llä suoritettavaa parametointia ja tarkkailua varten mutta vain 7SS523:ssa on ohjelmoitavat funktionäppäimet, nuolinäppäimet sekä näyttö.

Takapaneelit molemmissa kenttäyksiköissä ovat melko samanlaiset. Niihin kuuluvat liittimet, joihin tuoda virtatiedot, binääriset sisääntulot ja laukaisukoskettimet sekä kuituliitännät, joilla yhdistää kenttäyksiköt keskusyksikköön. Suurimpana erona kenttäyksiköiden takapaneeleissa on, että 7SS523:ssa on puolet enemmän binäärisiä sisäänmenoja kuin 7SS525:ssa. Tarkat eroavaisuudet näkyvät vertaamalla kenttäyksikkö 7SS523:n kytkentäkaaviota liitteessä 2 ja kenttäyksikkö 7SS525 kytkentäkaaviota liitteessä 3.

Kenttäyksikkö saa mittamuuntajilta virtatietoja, jotka se käsittelee, tarkistaa ja tuo näytölleen. Kenttäyksikkö hoitaa myös erottimien ja katkaisijan asentotietojen tarkkailun ja tallentamisen muistiin. Katkaisijan asentotietoa kenttäyksikkö käyttää katkaisijavikasuojassaan.

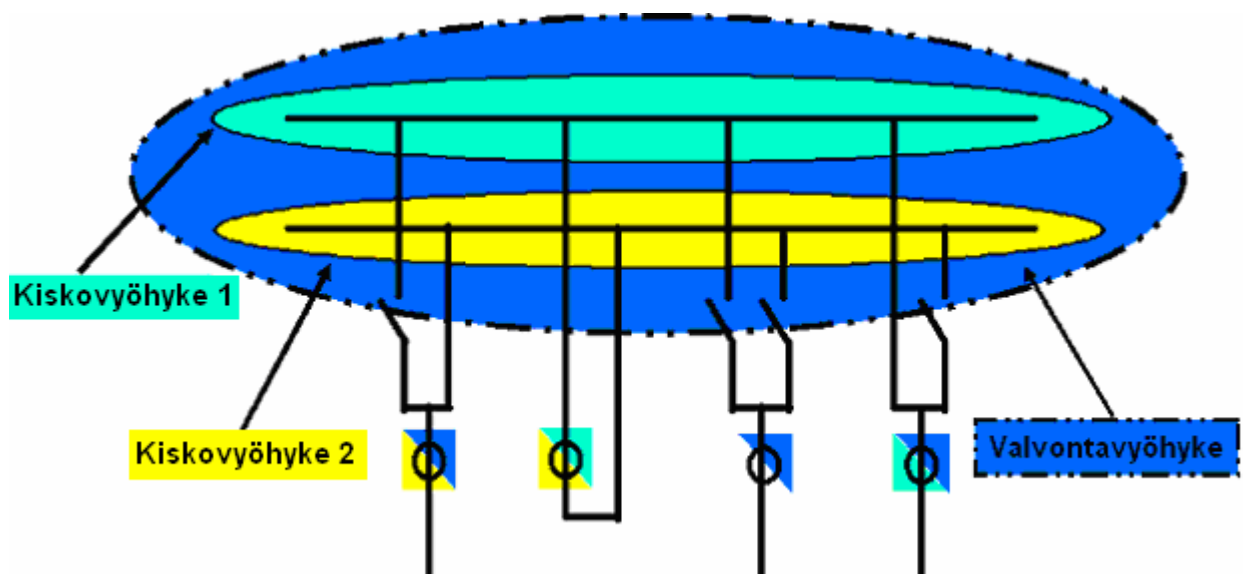
Kenttäyksiköt voidaan tilaajan niin halutessa varustaa ylivirtasuojalla, jolloin ne toimivat varasuojana mahdollisia kiskosuojan vikatilanteita silmälläpitäen. Ylivirtasuojan toiminta on eriytetty kiskosuojasta ja se toimii vaikka yhteys keskusyksikön ja kenttäyksikön välillä olisi poikki tai kenttäyksikkö olisi kytketty pois kiskosuojan piiristä. Käyttäjän niin halutessa, on mahdollista estää ylivirtasuojan toiminta keskusyksiköltä tai kenttäyksiköltä. [7]

Kuten keskusyksiköllä niin myös kenttäyksiköillä on sisäinen tapahtumalista ja häiriötallennin, johon tallentuu yksikön havaitsemat tapahtumat ja vikahetken virrat vaiheittain. Kenttäyksiköissä on myös itseään tarkkailevia elimiä, jotta sisäiset viat havaittaisiin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

4.5 Toimintavyöhykkeet

Kiskosuoja 7SS52 tarkkailee eri toimintavyöhykkeidensä ero- ja vakavointivirtoja. Yksi pääkisko tai sen osa toimii omana vyöhykkeenään, jonka virtoja tarkastellaan vaiheselektiivisesti. Kiskosuojaa parametroidessa voidaan valita käsitetäänkö apukisko omana itsenäisenä vyöhykkeenään vai ei.

Kiskovyöhykkeiden (Buszone) kattavuuteen vaikuttaa erottimien asento. Vyöhyke ulottuu normaalisti kiskosta virtamuuntajaan saakka. Kuvassa 4.2 on nähtävissä kiskovyöhykkeiden ulottuma kaksikiskoisessa kojeistossa, jossa osa erottimista on auki. Sen eri vyöhykkeiden väreistä voidaan huomata, että jos erotin ennen virtamuuntajaa on auki, niin suojaus ei enää lue kyseistä lähtöä kiskovyöhykkeensä piiriin.



Kuva 3.2 Kiskosuojan eri vyöhykkeet [4]

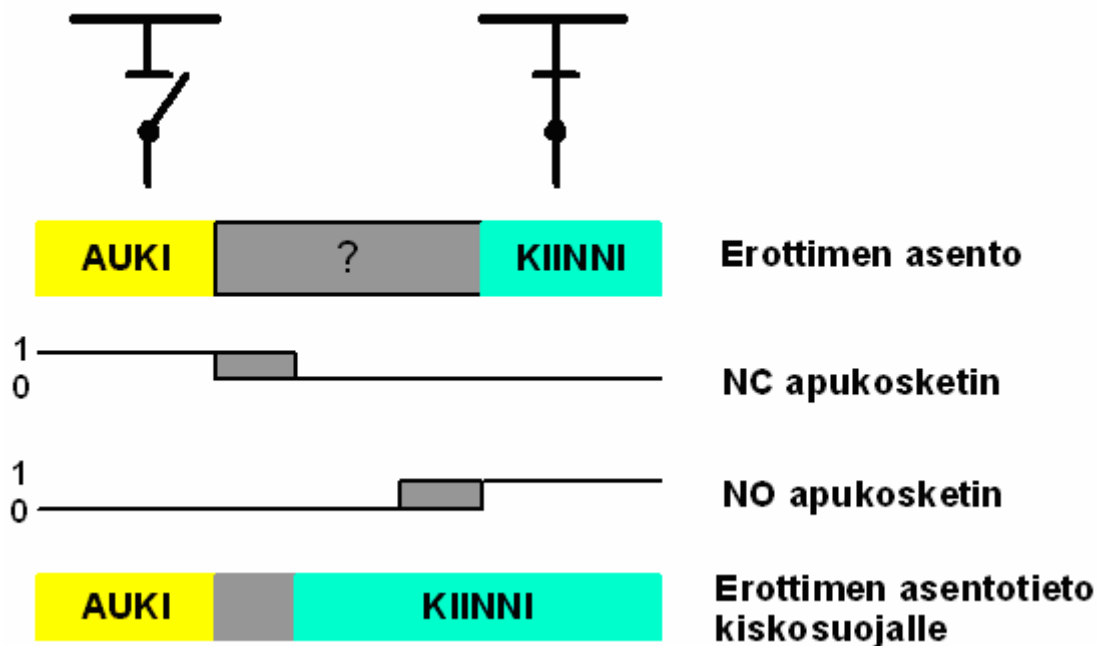
Kuvassa 4.2 näkyvä valvontavyöhyke (Checkzone) on 7SS52 kiskosuojalla oleva ylimääräinen laukaisuperuste. Se toimii tarkkailemalla koko suojausalueen mittauksia erottimien asentotiedoista riippumatta. Jotta välttyttäisiin suojan ylivakavoinnilta, valvontavyöhykkeen vakavointivirta määräytyy laskemalla erikseen pääkiskoon tulevat ja siitä lähtevät virrat. Valvontavyöhyke käyttää vakavointivirtanaan sitä arvoa kumpi edellä mainituista virroista on pienempi.

Kiskosuoja ei anna laukaisukäskyä pelkästään kiskovyöhykkeen havahtumisen perusteella vaan se vaatii, että sekä kiskovyöhyke että valvontavyöhyke havahtuvat. Näin pystytään suojaautumaan laitteisto- ja ohjelmistovioilta, sillä kiskosuoja käyttää eri prosessorimoduuleita laskemaan kiskovyöhykkeiden ja valvontavyöhykkeen arvoja. Tällä tavoin pystytään myös estämään, ettei suoja toimi väärin tilanteessa, jossa se saa virheellistä tietoa erottimien asennoista. [3]

4.6 Erottimien asentotiedot

Koska kiskosuojan kiskovyöhykkeet tarvitsevat toimiakseen erottimien asentotietoja (Isolator Replica), on oleellista että kyseiset tiedot tuodaan turvallisesti kenttäyksiköille. Tämä toteutetaan erottimissa olevilla apukosketinpareilla. Toinen apukoskettimista on tyypiltään sulkeutuva (NO) ja toinen avautuva (NC).

Apukoskettimien peruseriaatteena on, että jos erotin ei ole kiinni, niin se on auki. Tämä periaate näkyy kuvasta 4.3, josta voidaan havaita, että kiskosuoja saa erottimen kiinnitilan heti kun avautuva kosketin on vaihtanut tilaansa. Tällöin kiskosuojan toimintaa ei tarvitse estää, kun erotin vaihtaa asentoaan. Todellisuudessa erotin on välitilassa koko tilanvaihtomatkinsa ajan. Kiinnitila on kuitenkin kiskojen suojauksen kannalta oleellisempi tila, sillä sen saatuaan kiskosuoja alkaa suojata lähtöä, vaikka erotin olisi todellisuudessa vasta liikkeessä.



Kuva 4.3 Erottimen asentotiedon siirtyminen kiskosuojareleelle [4]

Normaalia sulkeutuvaa apukosketinta käytetään ainoastaan huomaamaan erottimella tapahtuvat viat. Kiskosuojalle voidaan parametroida erottimien valvonta-aika sekunneissa. Kiskosuoja ymmärtää, että erottimessa on toimintahäiriö, jos valvonta-aika ylittyy niin, että sulkeutuva kosketin ei ole vaihtanut tilaansa.

Yksi etu apukosketinparin käyttämisestä tulee siinä, että erottimien kiinnimenoaikaa ei tarvitse tietää tarkasti. Tällöin välttyään kontaktien säädöiltä. Jos halutaan saada tietää tarkasti koska erottimet ovat kiinnitilassa, on hankittava rajakytkimet, jotka tunnistavat erottimen ääriasennot.

Taulukossa 1 nähdään kiskosuojan suhtautuminen apukosketinparin tilatietoihin sekä missä tilassa erotin todella on. Taulukosta voidaan myös nähdä, että jos kaikki kentän erottimien apukoskettimet ovat välitilassa, niin kiskosuoja ymmärtää sen apusähkön puuttumiseksi. Silloin rele asettaa kyseisille erottimille niiden vanhan tilan tai sitten kiinnitilan releen parametroinnista riippuen. Samat vaihtoehdot ovat mahdollisia ottaa käyttöön myös silloin, jos erottimen molemmat apukoskettimet ovat kiinnitilassa.

Taulukko 1. Kiskosuojan reaktio erottimien asentotietoihin

NC	NO	Tila	Suojan reaktio
1	0	Erotin auki	Erotin on auki
0	0	Erotin liikkeessä	Valvonta-aika käynnistyy (Erotin kiinniasennossa)
0	1	Erotin kiinni	Erotin on kiinni
0	0	Tasajännitteen katkos (kun kentän kaikki erottimet 0/0 tilassa)	"Vanha asento" tai "Erotin kiinni" (riippuen releen asettelusta)
1	1	Häiriö	"Vanha asento" tai "Erotin kiinni" (riippuen releen asettelusta)

4.7 Katkaisijavikasuojaus

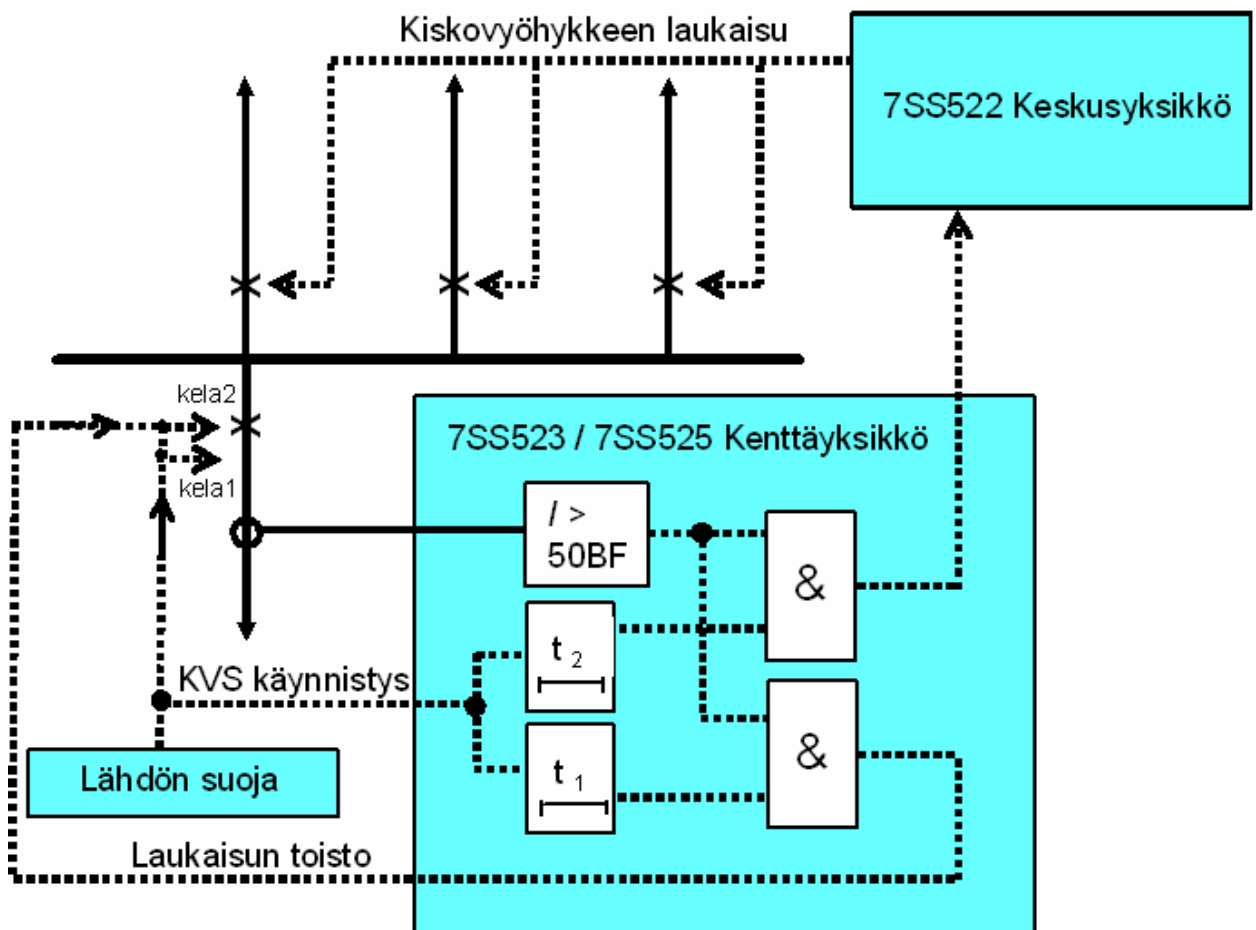
Katkaisijavikasuojauksen (Breaker Failure Protection) periaatteena on valvoa katkaisijan toimintaa ja varautua sen mahdolliseen toimimattomuuteen. Vaikka katkaisijoita koestetaan määräajoin ja niiden kuntoa valvotaan, niin erilaisia toimintavikoja saattaa esiintyä, ja niihin on syytä varautua. On tärkeää, että katkaisijavikasuoja toimii nopeasti kaikissa olosuhteissa, eikä virtamuuntajien kyllästyminen vaikuta suojan toimintaan. [6]

Katkaisijavikasuoja saa katkaisijan apukoskettimilta sen asentotiedon. Kun suoja saa tiedon, että katkaisijan pitäisi laueta, se käynnistää aikaviiveen, joka on parametroitavissa. Jos aikaviiveen kuluttua kentässä kulkee yhä virtaa, antaa katkaisijavikasuoja laukaisukäskyn syöttöpistettä seuraavaksi lähimmälle katkaisijalle. Tätä kutsutaan yksiportaiseksi katkaisijavikasuojaksi.

Katkaisijavikasuoja on myös mahdollista parametroida kaksiportaiseksi, jolloin se yrittää katkaisijalleen uutta laukaisua ensimmäisen epäonnistuttua ja vasta sen jälkeen siirtää laukaisun seuraavalle katkaisijalle.

Tavallisin tapa toteuttaa katkaisijavikasuojaus, on yhdistää se kiskosuojaan. Tämä on hyvin toimiva ratkaisu, sillä molemmat suojat tarvitsevat jatkuvaa tietoa siitä, mihin kiskoon mihin katkaisija on liitetty sekä virran mittaukset. Kiskosuojaissa 7SS52 katkaisijavikasuojan toiminta on yhdistetty kenttäyksiköihin ja keskusyksikkö suorittaa ainoastaan laukaisujenannon.

Kiskosuojaissa 7SS52 on katkaisijavikasuojaus mahdollista toteuttaa kahdella periaatteella, joista kummallakin on mahdollisuus valita toistetaanko laukaisukäskeyvian sattuessa vai ei. On myös mahdollista valita, ettei katkaisijavikasuoja ole käytössä tai että laukaisu tapahtuu ulkopuolisen katkaisijavikasuojan toimesta.

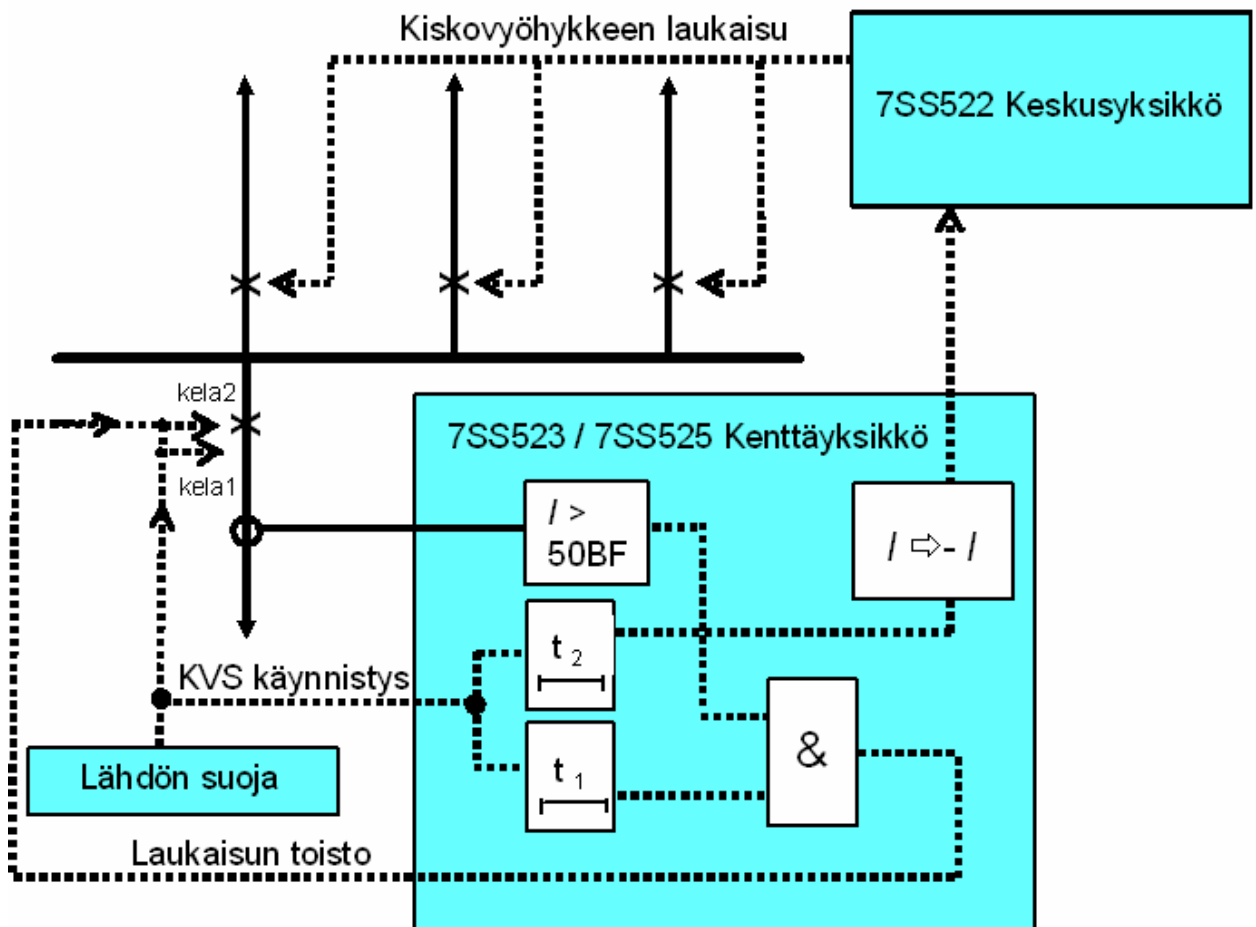


Kuva 4.4 Katkaisijavikasuojan (KVS) toimintaperiaate virranmittausmenetelmällä [3]

Kuvassa 4.4 on katkaisijavikasuojausten toimintaperiaate, jossa käytetään virranmittausmenetelmää ($I > \text{query}$). Se toimii mittaamalla lähdön virtaa ja katkaisijan laukaisusta kulunutta aikaa. Jos virtaa kulkee lähdössä sen jälkeen, kun

aikaviive t_2 on kulunut loppuun, antaa katkaisijavikasuojaus kiskosuoja-
 laukaisukäskyn. Virranmittausmenetelmä palautuu valmiustilaan toimintansa
 jälkeen noin 25 millisekunnissa.

Kuvassa 4.5 on virrankäntömenetelmällä (unbalancing) toteutettu
 katkaisijavikasuojaus. Sen toimintaperiaatteena on, että kun aikaviive t_2 on kulunut
 katkaisijan laukaisukäskystä, kenttäyksikkö kääntää sisäisesti keskusyksikölle
 lähetettävien virranmittaustietojen napaisuuden. Tällöin kiskosuoja havaitsee
 lähdössä kulkevan virran kokonaisuudessaan erovirtana. Jos katkaisija ei ole
 toiminut, kiskosuoja laukaisee kiskovyöhykkeen, jossa se näkee vian olevan. Jos
 katkaisija on toiminut, lähdön virta on nolla ja napaisuuden kääntäminen ei vaikuta
 kiskosuojauksen stabiilisuuteen. [3]



Kuva 4.5 Katkaisijavikasuojan (KVS) toimintaperiaate virrankäntömenetelmällä [3]

Virrankääntömenetelmä on toiminnaltaan noin 10-15 millisekuntia nopeampi kuin virranmittausmenetelmä. Virrankääntömenetelmä palautuu valmiustilaan toiminnan jälkeen nopeasti, jopa kahdessa millisekunnissa. Molempien toimintamenetelmien kuvissa näkyvää aikaviivettä t_1 käytetään katkaisijan laukaisukäskyn toistossa. [3]

Molemmat katkaisijavikasuojan toimintamenetelmät ovat kiskosuojan kannalta vyöhykeselektiivisiä. Katkaisijavikasuojan toiminta-aika voidaan parametroida erikseen yksi- ja kolmivaiheisille katkaisijavioille. Myös kaikki muut katkaisijavikasuojan parametrintiasettelut voidaan tehdä jokaiselle lähdölle toisistaan riippumattomasti.

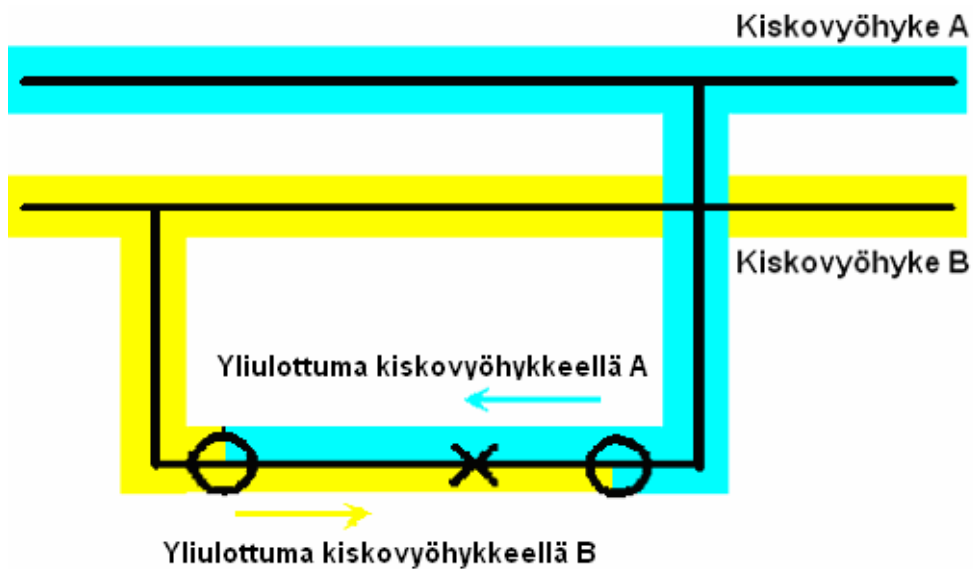
4.8 Kuolleen alueen suojaus ja päätevikasuojaus

Sekä kuolleen alueen suojaus (Dead Zone Protection) että päätevikasuojaus (End Fault Protection) tarkoittavat katkaisijan ja virtamuuntajan väliin jäävän alueen suojaamista. Kuolleen alueen suojaamisessa on tarkoitus estää kiskosuojan väärän vyöhykkeen laukaisu, kun vika on kiskokatkaisijalla. Päätevian suojauksessa pyritään suojaamaan lähtöä senkin jälkeen, kun katkaisija on avautunut.

Kuolleen alueen suojaus voidaan toteuttaa kiskokatkaisijassa, joko yhdellä tai kahdella virtamuuntajaryhmällä. Virtamuuntajien määrästä huolimatta suojaus toimii peruseriaatteiltaan samoin. Suojauksen kannalta on oleellista tapahtuuko vika hetkenä, jolloin katkaisija on auki vai kiinni. Kuolleen alueen suojauksen peruseriaatteena on, että ulotetaan kiskokatkaisijan virtamuuntajien puoleinen kiskovyöhyke katkaisijalle saakka. Tämä näkyy kuvassa 4.6, jossa kiskovyöhykkeiden yliulottuma näkyy kahden virtamuuntajaryhmän kiskokatkaisijassa.

Kun katkaisija on kiinni vian sattuessa, laukeaa ensiksi katkaisijan puoleinen kiskovyöhyke. Tämän jälkeen kiskosuoja näkee katkaisijan aukitilan ja sen, että kentässä kulkee yhä virtaa ja suorittaa laukaisun myös virtamuuntajan puoleisella kiskovyöhykkeellä. Kiskosuoja 7SS52 on mahdollista käyttää myös

katkaisijavikasuojan laskuria toisena laukaisuperusteena katkaisijan aukitiedon sijaan. Se on käytännöllinen ratkaisu kuitenkin vain silloin, kun vika tapahtuu katkaisijan ollessa suljettuna.



Kuva 4.6 Kuolleen alueen suojaus kahdella virtamuuntajaryhmällä

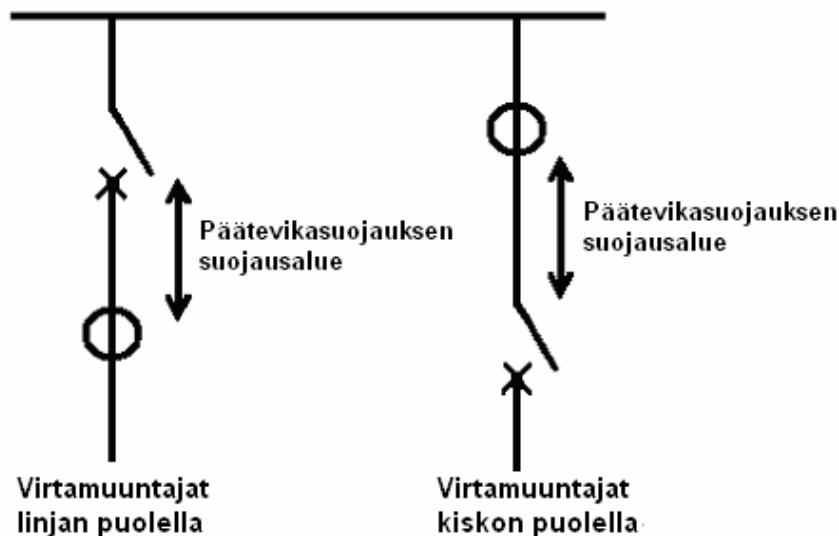
Kun kiskokatkaisijassa on kaksi virtamuuntajaryhmää, vika niiden välissä ja katkaisija kiinnitilassa, aiheuttaa kuolleen alueen suojaus molempien kiskovyöhykkeiden nopean mutta epäselektiivisen laukaisun. Vian tapahtuessa katkaisijan ollessa auki tapahtuu vian havaitseminen yliulotetuilla kiskovyöhykkeillä kuvan 4.6 mukaisesti, jonka jälkeen vika laukeaa selektiivisesti pois kiskokatkaisijalta.

Jos katkaisija on auki vian sattuessa, ei vikaa pysty selvittämään ellei kiskosuoja saa tietoa katkaisijan aukiolosta. Tällöin molempien kiskokatkaisijalla olevien kiskovyöhykkeiden mittaukset asetetaan nolliksi kiskokatkaisijakentän osalta ja yliulotettu virtamuuntajan puoleinen kiskovyöhyke havaitsee ja laukaisee vyöhykeselektiivisesti kaikki katkaisijan virtamuuntajan puolella olevat viat.

Päätevikasuojaus määritellään kenttäyksikössä jokaiselle lähdölle erikseen.

Päätevikoja voi olla kahta tyyppiä, riippuen siitä, onko virtamuuntaja katkaisijasta katsottuna kiskon vai linjan puolella. Kyseiset päätevikasuojauksen toiminta-alueet

näkyvät kuvassa 4.7. Päätevikasuojaus on normaalisti pois käytöstä, mutta käynnistyy saadessaan katkaisijan apukoskettimilta aukitiedon. Päätevikasuojaus palautuu, kun se saa katkaisijan kiinnitiedon. Tällöin lähtö siirtyy välittömästi takaisin kiskovyöhykkeen mittauspiiriin. Päätevikasuojaus valvoo jatkuvasti katkaisijan apukoskettimien tilaa ja niissä mahdollisesti tapahtuvia häiriöitä.



Kuva 4.7 Päätevikasuojaus, jossa virtamuuntajat ovat linjan ja kiskon puolella

Ilman päätevikasuojauksia kiskosuoja tekisi turhan laukaisun, kun vika esiintyy auki olevan katkaisijan ja linjan puolella olevan virtamuuntajan välillä. Kiskosuojan laukaisusta huolimatta vika ei poistu, vaan on päällä kunnes vasta-aseman suojausalue laukaisee linjan. Näin ollen vian poistumiseen kuluu suhteettoman pitkä aika. Päätevikasuojaus auttaa tilanteeseen siten, että se poistaa virtamuuntajan ja katkaisijan välisen alueen kiskosuojan mittauspiiristä. Vian havaittuaan kenttäyksikön ylivirtatoiminta havahtuu ja lähettää vasta-aseman suojausalue laukaisukäskyn. Tällöin vika saadaan nopeasti pois linjalta ilman turhaa kiskosuojan laukaisua.

Jos vika olisi kiskon puolella sijaitsevan virtamuuntajan ja katkaisijan välissä, eikä päätevikasuojaus olisi toiminnassa, laukeaisi vika pois lähdelta vasta sen suojausalueen tai katkaisijavikasuojan toimesta. Kun päätevikasuojaus on päällä, ulotetaan kiskosuojan mittaukset katkaisijalle saakka. Tällöin kiskosuoja havahtuu vian ilmetessä ja laukaisee vyöhykkeen pois nopeasti ja selektiivisesti.

5 KISKOSUOJAN PARAMETROINTI

5.1 DIGSI-parametrointiohjelma

DIGSI 4 on Windows pohjainen ohjelmisto, jota käytetään SIPROTEC laitteiden parametroiintiin ja käytön aikaiseen tarkkailuun. SIPROTEC laitteilla tarkoitetaan Siemensin numeeristen suoja- ja ohjausyksiköiden tuoteperheitä, joita on neljää eri versiota. Näistä DIGSI:llä voidaan käsitellä V4, V3 ja V2 tuoteperheitä. Koska DIGSI 4 on Windows pohjainen, sen käytön omaksuminen on helppoa. DIGSI 4 ohjelmiston sisältämät toiminnot on jaettu useisiin osiin, joista kerrotaan enemmän tulevissa luvuissa. [8]

Laitteiden parametroiinti voidaan tehdä DIGSI 4 ohjelmistolla joko offline tai online tilassa. Offline tilassa ei tarvitse olla yhteyttä laitteeseen, vaan asetellut voidaan tehdä missä tahansa PC:ssä, johon DIGSI on asennettu, ja myöhemmin ladata laitteelle. Online tilassa asetellut muutetaan suoraan käytössä olevaan releeseen. Parametroiintiä ja käyttöä helpottaa se, että käyttäjälle annetaan mahdollisina asetteluparametreina vain niiden toimintojen ominaisuuksia, jotka laitteeseen on valittu.

DIGSI 4 CFC ohjelmistolla voidaan luoda releeseen erityyppisiä logiikkatoimintoja. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi raja-arvonvalvonnat ja lukitusehdot. Ohjelmisto on täysin graafinen, ja toimii liittämällä halutut informaatiot valmiiden funktiomoduuleiden tuloihin ja lähtöihin. Tämän jälkeen logiikkakaavio käännetään ja ladataan suojareleeseen. [8]

SIGRA 4 on ohjelmisto, joka toimitetaan DIGSI:n mukana. Sillä on mahdollista analysoida tallennettuja häiriötallenteita. Ohjelma muuttaa häiriötapahtumat graafiseen muotoon. Se myös laskee mitatuista suureista lisäsuureita, kuten impedanssit tai tehollisarvot, jolloin häiriötallenteen analysointi helpottuu. Mitatut ja lasketut suureet esitetään ajan funktiona, vektorikaavioina, impedanssikaaviona ja harmonisina yliaaltoina. [8]

5.2 Releiden luominen projektiin

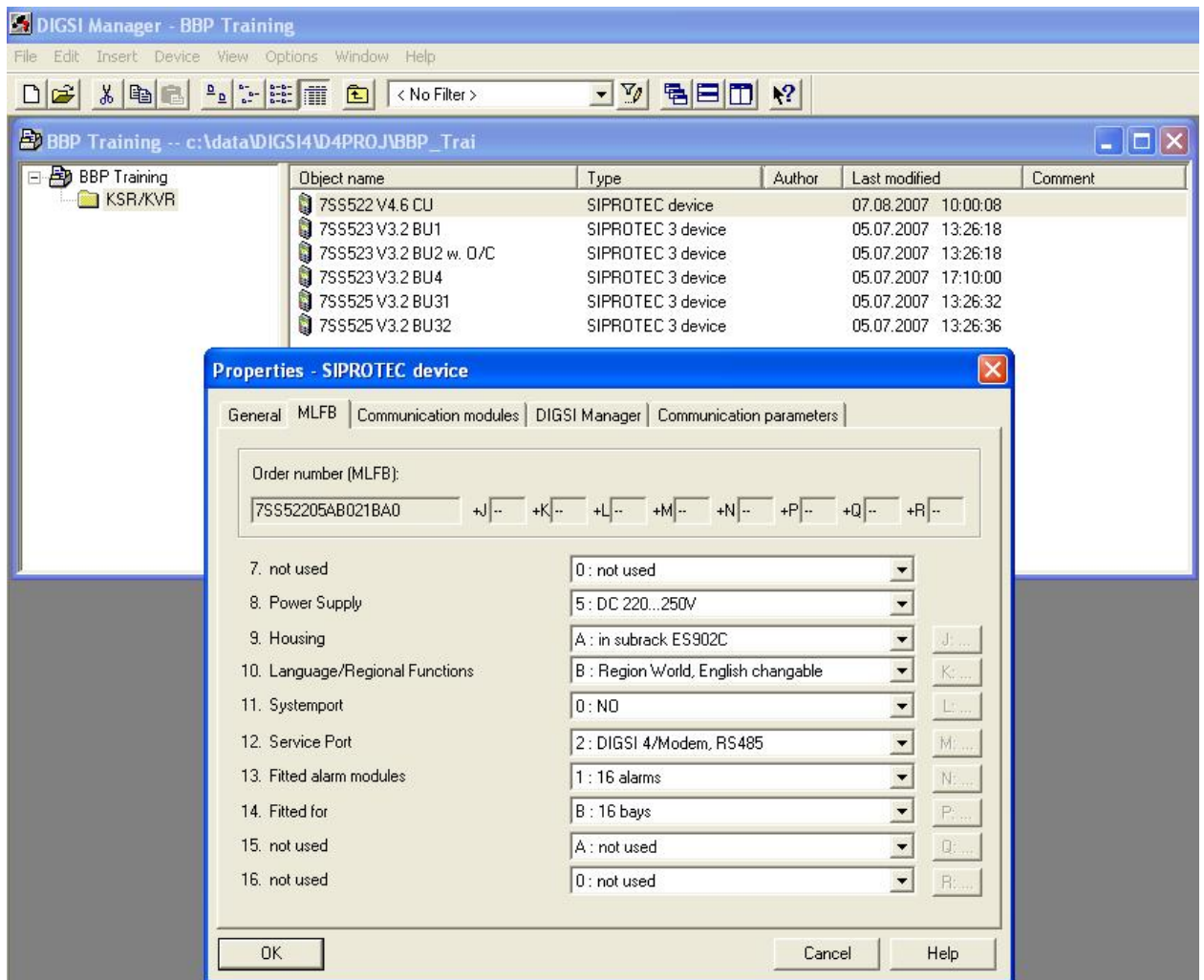
Ennen kuin varsinainen releiden parametointi voidaan aloittaa, on luotava projekti, jonne releet sijoitetaan. Tämä tapahtuu DIGSI Manager ohjelmalla. Ensiksi valitaan projektille nimi sekä paikka, jonne se tallennetaan. Tämän jälkeen voidaan luoda projektille hierarkkinen rakenne esimerkiksi sähköasemalla olevien jännitetasojen mukaan, jolloin eri releiden löytäminen ja hallinnointi sujuu helpommin.

Kiskosuoja luotaessa on keskusyksikkö ja kenttäyksiköt sijoitettava saman kansioon sisään, jolloin DIGSI ymmärtää automaattisesti mitkä kenttäyksiköt tuodaan keskusyksikön parametointivalikoihin. DIGSI Managerilla voidaan myös pakata projekti arkistotiedostoksi ja purkaa se.

Rele tuodaan projektiin avaamalla laiteluettelo, josta löytyy ohjelmaan asennetut SIPROTEC laitteet eri firmware versioineen. Firmware-ohjelmisto sisältää numeeriseen laitteen käyttöjärjestelmän ja sovellusohjelmat. Tämän jälkeen rele vedetään (drag & drop) haluttuun kansioon projektirakenteessa. Tällöin aukeaa kuvan 5.1 mukainen valikko, jossa voidaan asetella releen tilausnumero eli MLFB (Maschinen lesbare Fabrikatebezeichnung).

Kiskosuojan keskusyksikköä lisättäessä tilausnumerossa on määritelty apujännite, kotelointitapa, käyttö- ja huoltoväylän tyyppi sekä takapaneelissa olevien optisten liitinten lukumäärä. Tarkat tiedot valittavista vaihtoehdoista on esitetty liitteessä 4.

Kenttäyksiköt saavat tietonsa automaattisesti keskusyksiköltä. Tilausnumeron valinnassa vaihtoehtona on ainoastaan halutaanko kenttäyksikössä oleva ylivirtasuojia käyttöön vai ei. Jos asemalla on monta identtistä tai lähes identtistä kenttäyksikköä, kannattaa luoda ja parametroida aluksi yksi kenttäyksikkö. Sitten kenttäyksikkö kopioidaan, ja liitetään projektiin niin monta kertaa kuin tarvitaan. Tämän jälkeen tehdään parametointimuutokset kenttäyksiköihin muutosten osalta.



Kuva 5.1 Projektin perusvalikko ja tuotenumeron asettelu

5.3 Kiskokuvion piirto ja konfigurointi

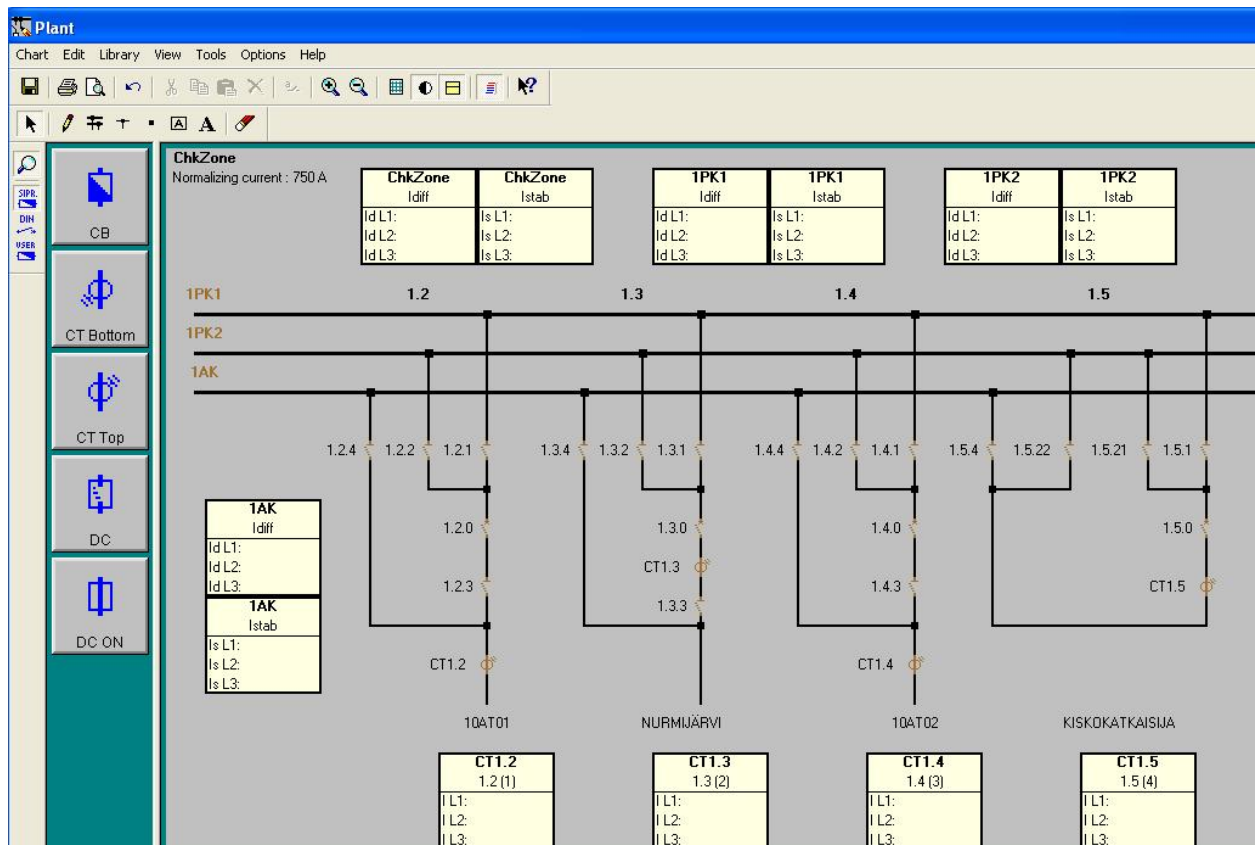
Releen parametrintoiminnoista löytyy kohta Aseman konfigurointi (Substation Configuration), joka avaa DIGSI Plant Configuration - ohjelman, jonka avulla voidaan parametreoida keskusyksikölle useat sen tarvitsemista aseman tiedoista. Tämä tapahtuu piirtämällä asemasta graafinen malli eli kiskokuvio. Ohjelmassa on valmiita kiskojärjestelmien ja kenttien mallikuvia, joita käytettäessä piirtotyö nopeutuu ja helpottuu. Ohjelmaan voidaan myös piirtämisen jälkeen tallentaa omia kiskoja ja kenttien kuvia käytettäväksi myöhemmissä projekteissa uudelleen. Erottimien ja katkaisijoiden symbolit ovat valittavissa joko valmiista kirjastoista tai sitten piirrettävissä itse ja tallennettavissa. Symbolit on esitetty kuvan 5.2 vasemmassa reunassa.

Kiskokuvion teko aloitetaan pääkiskojen piirtämisellä sekä niiden nimeämisellä. Pääkiskot voidaan piirtää joko pysty- tai vaakasuoraan. Ohjelma tukee myös U- tai T-muotoisten pääkiskojen käyttöä. Pääkiskoille pitää valita järjestysluku ja väri, jonka avulla se tunnistetaan. Pääkiskon väriä käytetään hyväksi käyvää kiskosuojausta seurattaessa, jolloin kiskojen värit osoittavat kiskovyöhykkeiden ulottuman. Pääkiskolle voidaan antaa sekä pitkä että lyhyt nimi, joita DIGSI käyttää asetteluissaan. Valmiille pääkiskolle syntyy kaksi mittauslaatikkoa, joissa näkyvät sekä erovirran että vakavointivirran arvot vaiheittain. Mittauslaatikot näkyvät kuvassa 5.2 kiskojen yläpuolella. [7]

Seuraavaksi kuvaan asetellaan kentän nimilaatikko, johon määrätään kentälle sekä lyhyet että pitkä nimi. Kun kaikki kenttien nimet on lisätty kuvaan, voidaan piirtää erottimet, katkaisijat, virtamuuntajat sekä niitä yhdistävät kiskot. Ne näkyvät kuvassa 5.2 kolmen kentän ja kiskokatkaisijan osalta. Kuvaan voidaan lisätä myös vapaavalintaisia tekstejä kommentoimaan ja selventämään sitä.

Piirtämisen jälkeen erottimelle on annettava lyhyt ja pitkä nimi, asetettava se kuuluvaksi tiettyyn kenttään ja kenttäyksikköön, sekä kerrottava käytetäänkö erotinta kentän kytkemisessä apukiskoon. Erottimelle on annettava myös järjestysluku yhden ja viiden väliltä, sillä yksi kenttäyksikkö voi huolehtia vain viidestä erottimesta. Jos käytetään kahta kenttäyksikköä samassa kentässä, kuten esimerkiksi kiskokatkaisijakentässä, erottimien asetteluun vaikuttaa se, kummalla puolella ne ovat katkaisijasta katsottuna.

Katkaisijoita voi olla yksi per kenttäyksikkö. Niille annetaan tavanomaisesti lyhyet ja pitkät nimet. Erottimien tapaan katkaisijalle valitaan kenttä ja kenttäyksikkö, johon se kuuluu. Primäärilaitteiden sijoittaminen kenttäyksikköön tarkoittaa todellisuudessa sitä, mihin optiseen kuitupariin niitä valvova kenttäyksikkö on keskusyksiköllä kytketty.



Kuva 5.2 Piirto-ohjelman näkymä ja esimerkki kiskokuvioista

Virtamuuntajille valitaan nimien, kentän ja kenttäyksikön lisäksi myös nimellinen ensiövirta. Virtamuuntajalla näkyy kiskojen tapaan mittauslaatikko, jossa on virtamuuntajan mittaamat vaihevirrat. Kun virtamuuntajia sijoitetaan kiskokuvioon, voidaan määrittellä, olisiko apukiskoa mahdollista suojata kiskosuojalla. Tämä tapahtuu asettelemalla virtamuuntaja joko kiskon tai linjan puolelle.

Kun kaikki kentät on piirretty ja kojeille aseteltu tarvittavat tiedot, voidaan ohjelmasta poistua. Tällöin ohjelma tallentaa kiskokuvion ja automaattisesti kääntää piirretyt sekä asetellut tiedot. Jos käynnön yhteydessä ohjelma huomaa kiskokuviossa jotain vikaa, se antaa käyttäjälle vikailmoituksen eikä suostu jatkamaan. Onnistuneen käynnön jälkeen DIGSI määrittelee automaattisesti parametreja keskusyksikölle sen perusteella, mitä tietoja se kiskokuvioista saa.

Kenttäyksiköiden kohdentaminen (Bay Unit Allocation) -toiminnolla yhdistetään luodut kentännimet kenttäyksiköiden numeroihin. Ohjelmassa olevat kenttäyksiköiden numerot tarkoittavat kuituparien järjestysnumeroa

keskusyksiköllä. Esimerkiksi ohjelman ehdottama kenttäyksikkö BU1 on ensimmäinen kuitupari keskusyksiköllä eikä välttämättä ensimmäinen aseman kenttäyksikkö. Jotta välttyttäisiin turhilta virheiltä, olisi järkevää asentaa kuidut keskusyksikköön kenttäyksiköiden numerojärjestyksessä.

Kiskosuojan käytön aikana voidaan sen kiskovyöhykkeitä, mittauksia sekä erottimien ja katkaisijoiden asentotietoja seurata piirretystä kiskokuvaista Plant Visualization -ohjelmalla. Tällöin kiskokuva on staattinen eikä sitä pysty muokkaamaan tai käyttämään ohjauksiin. [7]

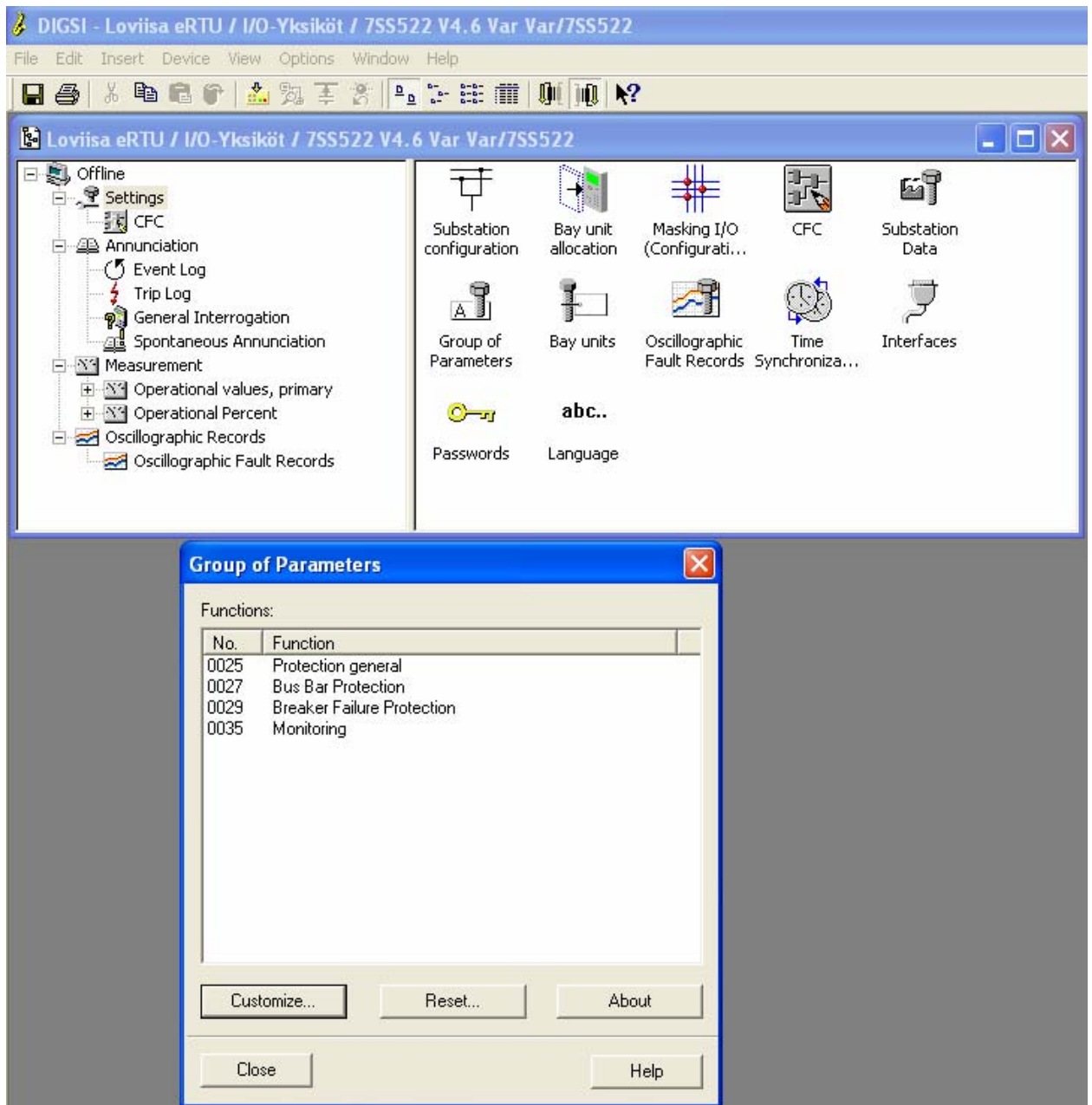
5.4 Keskusyksikön ja kenttäyksikköjen parametointi

Kiskosuojan keskusyksiköllä on useita eri parametointitoimintoja, joissa keskitytään tiettyyn parametroidin osa-alueeseen. Toiminnot saattavat olla sen lisäksi jaettuina useisiin alatoimintoihin tai välilehtiin. Mahdolliset parametointitoiminnot on esitetty kuvan 5.3 yläosassa olevasta ikkunasta.

5.4.1 Keskusyksikön asetteluryhmät

Keskusyksikön asetteluparametrien muuttaminen tapahtuu parametointiryhmä (Group of Parameters) -toiminnon kautta. Toiminto aukaisee uuden ikkunan, jossa on valittavissa neljä parametointiryhmää. Ikkuna on esitetty kuvan 5.3 alaosassa. Tulevissa kappaleissa on selitetty tärkeimmät parametrit joka ryhmästä. Tarkemmat tiedot aseteltavista parametreista löytyvät liitteestä 5.

Yleiset suojauksen asetukset (Protection General) -parametointiryhmässä on aseteltavissa kiskosuojan vaatimat yleiset asetukset. Valittavissa on muun muassa katkaisijoille menevän laukaisukäskyn minimipituus ja se, voidaanko kenttäyksiköiltä suorittaa toimintakokeita. Tässä parametointiryhmässä voidaan myös valita otetaanko releellä käyttöön maasulun aikainen kasvatetun herkkyyden laukaisualue ja suojataanko apukiskoa kiskosuojalla vai ei.



Kuva 5.3 Parametroitoiminnot ja -ryhmät

Kiskosuojaus (Busbar Protection) -ryhmässä on aseteltavissa erovirran perusasettelun ja vakavointikertoimen arvot sekä kiskovyöhykkeelle että valvontavyöhykkeelle. Jos käyttöön on valittu maasulun aikainen herkennetty suojaus, voidaan tässä ryhmässä parametroida herkennetyn alueen rajaavat erovirran ja vakavointivirran arvot molemmille vyöhykkeille.

Siemens suosittelee, että erovirran perusasetteluksi aseteltaisiin molemmilla vyöhykkeillä arvo, joka on suurempi kuin 1,3 kertaa suurin kuormitusvirta mutta pienempi kuin 0,8 kertaa pienin kiskolla mahdollisesti esiintyvä oikosulkuvirta. [3]

Vakavointikertoimen suositellaan olevan 0,6 kiskovyöhykkeillä ja yksikiskojärjestelmässä valvontavyöhykkeellä. Monikiskojärjestelmässä valvontavyöhykkeen vakavointikertoimen suositelleen olevan 0,5, jotta välttyttäisiin suojauksen ylivakavoinnilta. [3]

Katkaisijavikasuojaus (Breaker Failure Protection) -ryhmässä on valittavissa katkaisijavikasuojuille vakavointikerroin ja maasulun aikaisen herkenneen suojauksen erovirta-asettelu. Katkaisijavikasuojuksen vakavointikerrointa tarvitaan ainoastaan silloin, kun suojaus käyttää virrankääntömenetelmää. Vakavointikertoimen avulla pyritään varmistamaan, ettei suojaus toimi väärin huoltotilanteissa tai virtamuuntajan viasta.

Itsevalvonta (Monitoring) -ryhmään on kerätty kiskosuojaan kuuluvien toimintojen valvonta-asetteluita. Asetteluryhmä on jaettu useaan välilehteen. Yleiset (General) -välilehdellä on parametroitavissa kuinka kiskosuoja käyttäytyy, kun se havaitsee suojausjärjestelmässään erovirran mittaustuloksen, jota se pitää virheellisenä. Tällöin on mahdollisuus valita estetäänkö virheellistä erovirtaa mittaavan kiskon, kentän tai vaiheen toiminnan vaikutus kiskosuojaan, jolloin terve järjestelmä jatkaisi toimintaansa vai estetäänkö kiskosuojuksen toiminta kokonaan.

Erovirran valvonta (I_{diff} Supervision) -välilehdellä voidaan asettaa päälle kiskosuojan erovirran valvontatoiminto. Tällöin kiskosuoja havahtuu erovirtaan, jota se pitää suorittamiensa laskujen mukaan niin alhaisena, ettei se voi olla ensiövika. Laskut perustuvat erovirran raja-arvoon, joka on parametroitavissa välilehdellä erikseen sekä kisko- että valvontavyöhykkeelle. Aseteltavissa on myös havahtumisen jälkeinen aikaviive, jonka päätteeksi erovirran valvonta estää suojausta toimimasta tai antaa ainoastaan hälytyksen ilman estoa. Erovirran valvonnan ansiosta vältetään kiskosuojan vääriltä toiminnoilta mahdollisissa toisiopiirin vioissa.

Katkaisijan ja erottimien valvonta (CB/Isol Superv) -välilehdellä voidaan määritellä valvonta-ajat katkaisijan ja erottimien toiminnoille. Jos katkaisija ei ole lauennut valvonta-ajan kuluessa, antaa kiskosuoja hälytyksen ja estää päätevikasuojauksen toimimisen. Kun erotin ei ole vaihtanut tilaansa parametroidun valvonta-ajan kuluessa, suojaus menee lukkoon. Asetteluissa voidaan vaikuttaa palautuuko suojaus estotilasta vian loputtua vai vasta kun lukitus kuitataan. On myös mahdollista valita, että erottimen viasta annetaan hälytys mutta suojauksen toimintaa ei lukita. Jos suojaus havaitsee erottimen väliasennon tai apusähkövian, voidaan tällä välilehdellä parametreja jättää erottimelle sen vanha asento vai oletetaanko se olevan kiinnitilassa.

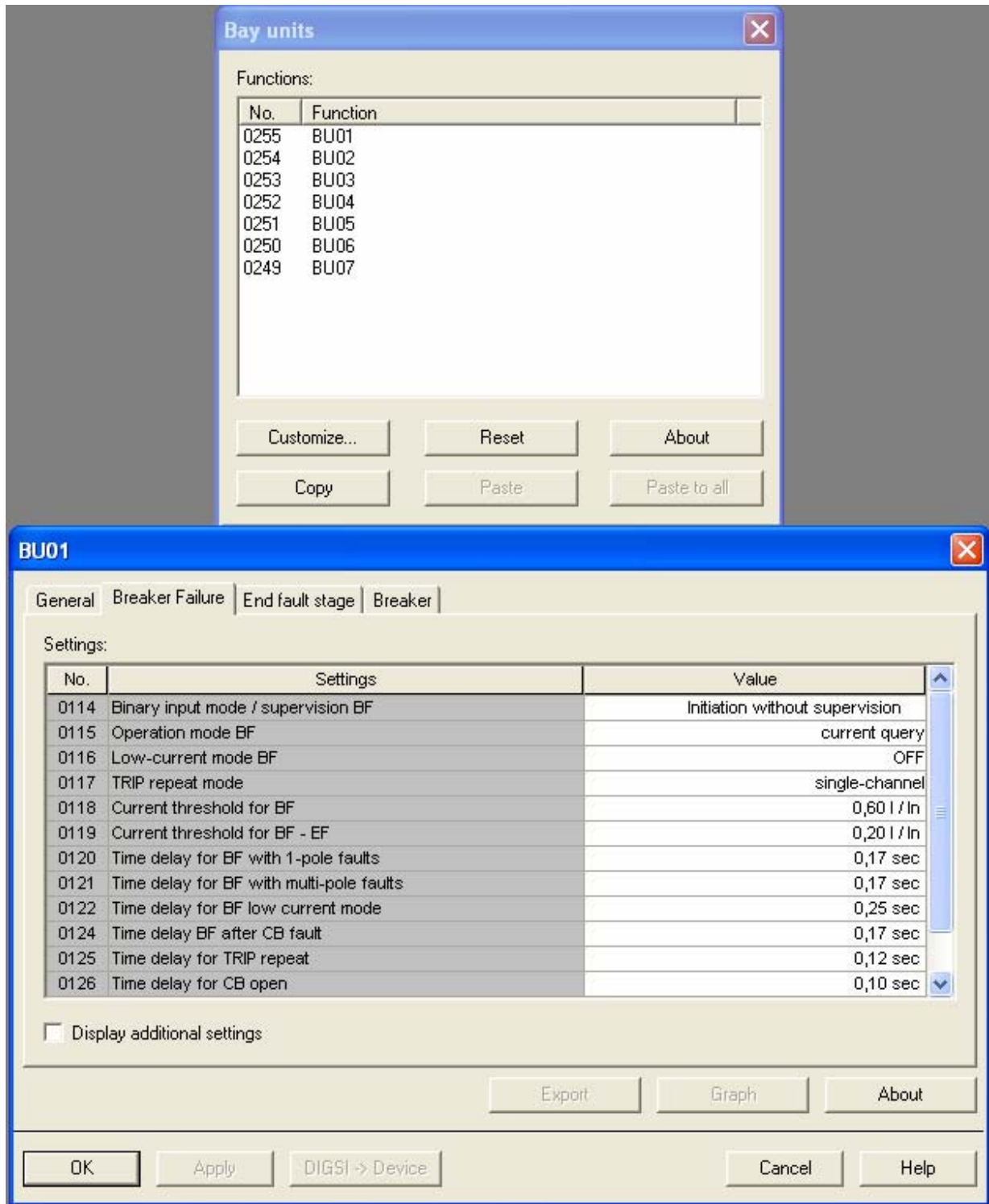
5.4.2 Kenttäyksikön parametrintivalikot

Keskusyksiköltä voidaan suorittaa myös osa kenttäyksiköiden parametroinnista. Tämä tapahtuu kenttäyksiköt (Bay Units) -toiminnon kautta. Toiminto avaa kuvan 5.4 yläosassa olevan ikkunan, jossa on kaikki keskusyksikölle luodut kenttäyksiköt. Niistä voidaan valita haluttu yksikkö, ja painamalla mukauta (Customize...) -nappia saadaan näkyviin kuvan 5.4 alaosassa oleva ikkuna, jossa on kenttäyksikön asetellut neljälle välilehdelle jaettuna.

Yleiset (General) -välilehdeltä löytyy lista kentän erottimista ja katkaisijasta, jotka voidaan valita huoltotilaan. Tällöin suojaus ei enää tarkkaile kojeen tilaa vaan jäädyttää sen asennon samaksi kuin se on ollut ennen huoltotilaan siirtymistä. Tällä välilehdellä voidaan halutessa määrittää kenttäyksikkö pois kiskosuojauksen piiristä esimerkiksi vian tai huoltotöiden vuoksi.

Katkaisijavika (Breaker Failure) -välilehdellä on valittavissa kappaleessa 4.7 esitellyt katkaisijavikasuojauksen toimintaperiaatteet. Valittavissa on myös kuinka katkaisijavikasuojaus käynnistyy. Mahdollisuuksia ovat käynnistys joko yhdellä tai kahdella binäärisellä tulolla aikavalvonnan kanssa tai ilman sitä. Suojauksen

stabiilisuuden kannalta olisi suositeltavaa, että käynnistystä ilman aikavalvontaa käytettäisiin ainoastaan koestustilanteissa. [7]



Kuva 5.4 Kenttäyksikkökohtaiset parametroidit keskusyksiköltä

Katkaisijavika (Breaker Failure) -välilehdellä voidaan parametroida tapahtuuko laukaisun toistoyritys yksi- vai kolmivaiheisena sekä asetella aika, jonka jälkeen katkaisijavikasuoja voi yrittää laukaisun toistoa. Muita aseteltavia parametreja on muun muassa laukaisun aikaviive yksi- ja monivaiheisissa katkaisijavioissa. Tässä välilehdessä on myös aseteltavissa katkaisijavikasuojan käyttämä virran toimintakynnys sekä normaalitilanteessa että mahdollisessa maasulun herkennyssä tilassa. Valittavissa on myös laukaisupulssin tarkkailuajat, jotka katkaisijavikasuoja odottaa ennen käynnistymistään ja vapautumistaan.

Päätevikasuojaus (End Fault Stage) -välilehdellä voidaan asettaa päätevikasuojaus kenttäkohtaisesti joko käyttöön tai pois. Kiskokatkaisijalla tämä asettelu on tarpeeton. Katkaisija (Breaker) -välilehdellä voidaan parametroida millä virran arvolla katkaisijavikasuojaus vapauttaa laukaisukäskynsä.

Kun kenttäyksikön parametointi on suoritettu, voidaan sen asetellut kopioida ja liittää haluttuihin kenttäyksiköihin. Jos kaikki kenttäyksiköt ovat täysin tai lähes samanlaisia, voidaan käyttää *liitä kaikkiin* -nappia, jolloin jokainen kenttäyksikkö on identtinen kopioidun yksikön kanssa. Tämä nopeuttaa ja helpottaa parametointia huomattavasti suurilla asemilla. Jos kenttäyksikön tiedot halutaan palauttaa takaisin tehdasasetuksiin, voidaan kyseisen yksikön kohdalla painaa *nollaus* (Reset) -nappia.

Keskusyksikkö tarkkailee kenttäyksiköissä olevia parametrintasetuksia ja vertaa niitä niihin, jotka on tehty kenttäyksiköt -toiminnolla. Jos keskusyksikkö huomaa parametreissa eroavaisuuksia, se hakee muististaan oikeat parametrit ja lähettää ne kenttäyksiköille.

Vaikka suurin osa kenttäyksikköjen parametroinnista voidaan suorittaa keskusyksikön kautta, on kuitenkin tiettyjä asetteluja, jotka on tehtävä suoraan kenttäyksikön käyttäjäliitännän kautta. Siellä on aseteltavissa releen ledit, liikennöintiporttien parametrit sekä binääriset sisään ja ulostulot.

Myös kenttäyksikön sisäisen häiriötallentimen parametrit ovat muutettavissa. Vaihtoehtoina ovat samat asetukset kuin keskussyksikönkin häiriöntallentimella. Aseteltavissa on kentän yleisiä tietoja, kuten verkon taajuus, virtamuuntajan nimellinen ensiövirran suuruus ja polaaraisuus. Kenttäyksikön näytölle voidaan asetella näkyväksi hetkelliset vaihe-, ero- tai vakavointivirrat.

5.4.3 Muut parametrintoiminnot

Ala-aseman tiedot (Substation Data) -toiminnolla voidaan parametroida koko aseman yhteiset tiedot kuten esimerkiksi verkon taajuus. Häiriöntallennus (Oscillographic Fault Records) -toiminnolla voidaan muuttaa releen sisäisen häiriötallentimen asetuksia. Valittavana on miten kauan yhden vikatilanteen tietoja maksimissaan tallennetaan. Määriteltävinä on myös kuinka pitkältä aikaväliltä ennen vikaa tietojen tallennus aloitetaan ja miten kauan vian jälkeen sitä jatketaan.

Ajantahdistus (Time Synchronization) -toiminnolla voidaan valita halutaanko releen sisäinen kello tahdistaa samaan aikaan jonkin toisen laitteen kanssa. Mahdollisia tapoja kellon synkronointiin on useita ja ne ovat valittavissa toiminnossa olevasta listasta. Ajan synkronointia on myös mahdollisuus valvoa, jolloin rele hälyttää, jos se ei ole saanut tahdistuspulssia asetellun ajan kuluessa. Myös päivämäärän näyttötapa sekä kesä ja talviajan vaihteluiden asetellut löytyvät toiminnosta.

Liitännät (Interfaces) -toiminnolla voidaan muuttaa releen liikennöintiporttien ja -osoitteiden asetuksia. Aseteltavissa on käyttäjäliitännän ja huoltoväylän yhteysasetukset. Määriteltävissä on myös huoltoväylän toimintavaltuudet, eli onko sen kautta täydet valtuudet releen toimintaan vai ainoastaan mahdollisuudet lukea releen asetteluita ja häiriötallenteita.

Salasanat (Passwords) -toiminnolla voidaan määrittää releen eriasteisille toiminnoille salasana. Näin voidaan rajoittaa releen käyttö koskemaan vain tiettyjä

releen toimintoja tai estää sen käyttö kokonaan. Käyttökieli (Language) -toiminnolla on mahdollista valita releen etupaneelissa käytettävä kieli.

5.5 Määrittelymatriisi

Määrittelymatriisi (Masking I/O) on toiminto, jonka avulla eri informaatiot voidaan asetella releen binäärisiin tuloihin ja lähtöihin, LED-merkkivaloihin, CFC-logiikkaan, tapahtumalistoilta ja funktionäppäimiin. Informaatioille määritellään niiden lähde tai kohde sekä toimintotyyppi. Lähteen määrittely tarkoittaa tietoa, joka aktivoi informaation. Informaation määrittely kohteeseen tarkoittaa sitä, minkä tapahtuman tieto aktivoi tai minne tieto välitetään edelleen. Releen itsevalvontaelimet estävät virheelliset määrittelyt muuttamalla hiiren kursorin kieltomerkiksi toimintojen päällä, joita ei voi suorittaa. [8]

Kuvassa 5.5 olevasta määrittelymatriisista voidaan nähdä, että informaatioryhmät ovat matriisin vasemmassa laidassa. Ryhmään kuuluu releen esimäärittelemät saman osa-alueen informaatiot. Ryhmiä ja informaatioita voi luoda itse lisää mutta esimääriteltäjä ryhmiä ei voi poistaa tai nimetä uudelleen. Kuvan 5.5 matriisin ylälaidassa näkyvät informaation, lähteen ja kohteen toiminnalliset ryhmät pystysarakkeissa. Toiminnalliset ryhmät on jaettu alaryhmiin niiden funktion mukaan.

Painamalla hiirellä kahdesti toiminnallisten tai informaatioryhmien nimipainikkeita niiden koko voidaan suurentaa täyteen mittaansa tai pienentää yhden sarakkeen tai rivin kokoiseksi. Ohjelman pikakuvakeriviltä löytyy kaksi nappia, joilla voi muuttaa ryhmien ulkonäköä. Napit muuttavat lähde- ja kohderyhmien koon normaalikokoiseksi tai pieneksi, jolloin binääriset lähdöt ja tulot näkyvät vain yhdessä sarakkeessa.

Ohjelmassa on myös kaksi alavetovalikkoa, joilla voidaan muuttaa informaatioiden näkyvyyttä. Ensimmäisestä alavetovalikosta voidaan valita halutaanko informaatioista näkyviin mittaukset, merkinannot, ohjaukset vai sekä

Kun informaatiota määritellään lähteeseen tai kohteeseen, on valittava sen aktivoitumistyyppi. Tyyppi valitaan joko näppäimistön kirjaimilla tai painamalla mahdollisessa kohteessa hiiren oikeanpuoleista nappia, jolloin lista mahdollisista valinnoista tulee esiin.

Binäärisissä sisääntuloissa voidaan valita joko työvirtaperiaate (H) tai lepovirtaperiaate (L). Työvirtaperiaatteessa merkinanto aktivoituu, kun binääriseen sisääntuloon tuodaan jännite. Lepovirtaperiaatteessa merkinanto aktivoituu, kun jännite katoaa. [8]

Kohteen toiminnalliseen ryhmään kuuluu binääriset ulostulot, ledit, tapahtumalistat, CFC-logiikan ulostulot ja hallintalista. Yhteen binääriseen ulostuloon voidaan liittää enintään 30 merkinantoa. Yksi merkinanto voidaan liittää enintään kymmeneen lediin tai binääriseen ulostuloon. [8]

Binääriset ulostulot ovat koskettimia, joiden avulla signaali voidaan välittää edelleen muille laitteille. Kiskosuojassa esimerkiksi hälytykset suojauksen laukeamisesta, havahtumisesta, estoista tai vikatilanteista voidaan liittää binäärisiin ulostuloihin.

Ledit voidaan määritellä tulevan informaation kohteiksi. Kiskosuojassa ledit voisivat esimerkiksi osoittaa, koska jokin toimintavyöhykkeistä on lauennut. Ledeillä voidaan myös kertoa, jos rele hälyttää havaitsemastaan viasta tai jos suojaus on lukossa.

Aktivoitumistyyppinä binäärisissä ulostuloissa ja ledeissä on joko lukittu (L) tai lukitsematon (U). Kun kohde on lukittu, se aktivoituu välittömästi, kun siihen liitetty informaatio aktivoituu, eikä päästä ennen kuin pitotoiminto kuitataan. Lukitsemattomassa tapauksessa kohde päästää, kun siihen liitetty informaatio ei ole enää aktiivinen. [8]

Tapahtumalistaryhmä on yhdistelmä kolmesta alaryhmästä. Sen kautta informaatio voidaan määritellä käyttö-, laukaisu- tai varoituslistaan. Kiskosuojalla

käyttölistassa näkyvät normaalit tapahtumat, kuten erotinten asentotietojen muutos, suojauksen lukitus ja vapautus sekä valvontojen havahtuminen. Laukaisulistalle tulevat näkyviin suojauksen suorittaman laukaisut aikaleimoineen. Varoituslistalla näkyviksi voidaan erotella esimerkiksi suojauksen saamat vikahälytykset.

Aktivoitumistyyppinä käyttö- ja laukaisulistalla merkinanto joko kirjautuu tapahtuman tullessa (O) tai sekä sen tullessa että lähtiessä (OO). Varoituslistalla voidaan käyttää merkintää ainoastaan halutun tapahtuman sattuessa (X). [8]

6 KISKOSUOJAUKSEN KOESTUS

6.1 Koestus

Suojauksen on oltava aina toimintavalmiina sekä tarkkailtava verkon tilaa, jotta se pystyisi erottamaan viallisen osan terveestä verkosta nopeasti, luotettavasti ja selektiivisesti mahdollisen vikatilanteen sattuessa. Tämä voidaan varmistaa tekemällä suojauksen käyttöönoton yhteydessä sille käyttöönotto-koestus sekä suorittamalla kausikoestuksia määrättyin aikavälein.

6.1.1 Yleistä

Käyttöönotto-koestus ei vaikuta sähkön jakeluun, mutta kausikoestukset voivat edellyttää käyttökeskeytyksiä. Kuluttajien kokemat odottamattomat katkokset voidaan kuitenkin välttää suunnittelemalla ja toteuttamalla koestuksen aikaiset toimenpiteet huolellisesti. Huollon aikana kuluttajien tarvitsema teho voidaan syöttää esimerkiksi muiden sähköasemien kautta. [6]

Koestusta voidaan helpottaa, jos jo suojauksen suunnitteluvaiheessa otetaan huomioon koestuksen vaatimukset. Tällöin johdotukset tehdään katkaistavilla riviliittimillä ja ryhmitellään käytännöllisesti. Suojauspiireihin voidaan sen lisäksi asentaa koestuskytkimiä helpottamaan käytön aikaista koestusta. [6]

Käyttöönottokestuksen periaatteena on, että sen tulisi vastata mahdollisimman paljon käytönaikaisia olosuhteita ja ottaa mahdollisimman suuri osa suojauspiiristä huomioon. Käyttöönottokestuksessa tulisi löytää ja korjata suojauskohteen vialliset järjestelmät sekä johdotus- ja suunnitteluvirheet. Koestus tulee aina suorittaa siten, että sen jälkeen voidaan todeta järjestelmän täyttävän sille asetetut vaatimukset. [2]

Käyttöönottokestuksessa testataan suojausasettelujen toimivuus simuloituilla käyttö- ja vikatilanteilla. Releiltä koestetaan niiden toiminta- ja palautusraajat, laukaisut sekä toiminta-ajat. Laukaisupiirin kunto testataan laukaisemalla katkaisija vähintään kerran sen kummallakin laukaisukelalla. Lisäksi suojauselta tulevat hälytykset ja merkinannot tulisi tarkistaa signaalinimiseen käytönvalvontajärjestelmiin. [2]

Koestuksen yhteydessä releiltä löytyvien asetteluarvojen virheiden tulee olla relevalmistajien antamien toleranssien sisässä. Jos releen asetteluarvoissa huomataan epäkohtia, ne täytyy korjata ja koestaa rele uudelleen oikeilla arvoilla.

6.1.2 Koestusmenetelmät

Suojauskoestus voidaan suorittaa usealla eri tavalla. Varsinainen koestustapa valitaan koestajan tottumusten perusteella. Koestustapojen pääluokat on kuitenkin jaoteltu eri ryhmiksi, jotka määräytyvät sen perusteella, miten koestusvirta ja -jännite syötetään suojarielelle.

Suomessa useimmiten käytössä oleva koestustapa on toisiokoestus. Siinä koestusvirta ja -jännite syötetään mittamuuntajista irrotettuihin toisiopiireihin. Releen toimintaa tarkkaillaan antamalla sille erilaisia koestussuureita ja havainnoimalla, toimiiko rele asettelujensa mukaan. Laukaisupiirin toiminta testataan useimmiten laukaisemalla katkaisija. Jos katkaisijan laukaisusta aiheutuu

ongelmia, niin laukaisun testaaminen voidaan suorittaa myös mittaamalla laukaisupiirin kunto.

Ensiökoestus on toinen usein käytetty koestusmetodi, sillä se on koestustavoista luotettavin. Siinä suojauksen toimivuus testataan syöttämällä koestusvirta suoraan mittamuuntajien ensiön liitinten kautta. Tällöin koestuksen tarkastelualueeksi muodostuvat kaikki suojauksessa mukana olevat laitteet mittamuuntajista katkaisijoihin. Ensiökoestuksella pystytään varmistumaan, ettei mittamuuntajien polaarisuudessa tai muuntosuhteessa ole virheitä. Sillä voidaan myös tarkistaa mittamuuntajien ja releiden välinen johdotus.

Suojareleen valehäiriökoestuksessa aiheutetaan tarkoituksellisesti suojauksen ensiöpuolelle vikatilanne. Esimerkiksi keskijännitepuolella voidaan tehdä jännitteiseen johtoon maasulku tai oikosulku, jonka avulla voidaan varmentaa suojauksen toimivuus. Valehäiriökoestus on hyvä tapa testata suuntareleiden toimintasuunta. Sen ongelmana kuitenkin on, että koestusvirtaa ei voi asetella, vaan se määräytyy verkon vikavirran mukaan. Vikapaikan sijainti määrää oleellisesti sen, kuinka kattava koestus on koko suojauksen kannalta. [6]

Suojarele on myös mahdollista koestaa siten, että se irrotetaan suojauspiiristään ja kytketään koestuslaitteistoon. Tällöin tulee tosin koestetuksi ainoastaan releen asettelut, eli muut suojauksessa mukana olevat osat jäävät koestamatta.

Vaikka ensiökoestus olisi luotettavin koestusmenetelmä, suoritetaan useimmiten koestukset toisiokoestuksina, sillä ne ovat nopeampia ja helpompia suorittaa. Jokaisessa koestusmenetelmässä on omat riskinsä, joista kaikkiin kuuluvat koestajan tekemät virhekytkennät. Siksi onkin oleellista, että koestuskytkennät tehdään ja puretaan huolellisesti ja oikeassa järjestyksessä. Jos releiden asetteluja on jouduttu koestuksen vuoksi muuttamaan, on ne muistettava palauttaa koestuksen jälkeen oikeiksi.

6.2 Kiskosuojan käyttöönottokeustus

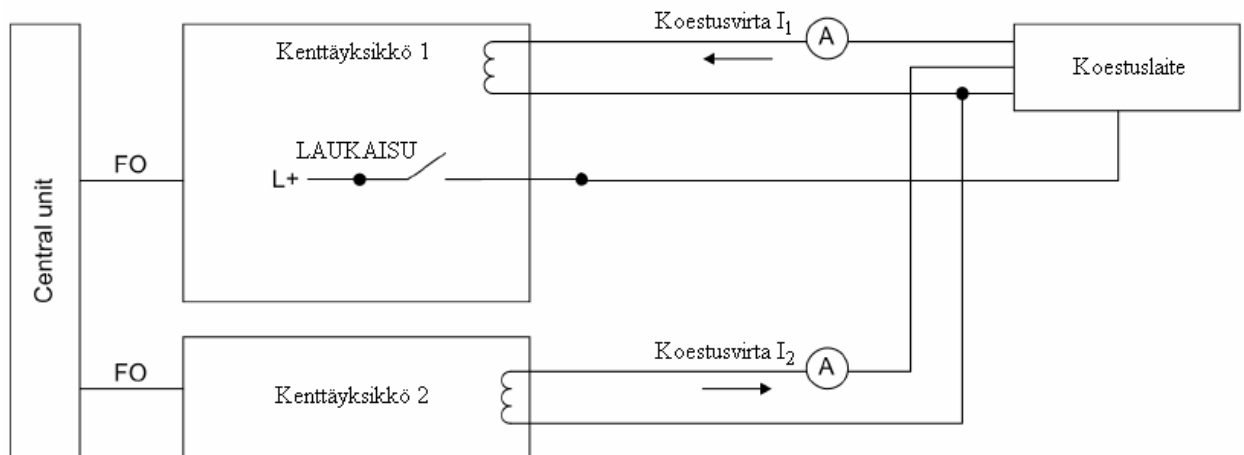
Keskusyksikön ja jokaisen kenttäyksikön käyttöönottokeustus on hyvä aloittaa kytkemällä siitä apusähköt pois ja sitten takaisin päälle. Näin voidaan todeta, että rele palautuu mahdollisen sähkökatkon jälkeen täyteen toimintavalmiuteensa. Tämän jälkeen voidaan tarkistaa, että apusähköjen katkeaminen ei ole vaikuttanut releen parametreihin.

6.2.1 Koestuskytkentä

Kiskosuojan koestus suoritetaan testaamalla jokaisen kenttäyksikön toiminta erikseen. Vasta kun jokainen kenttäyksikkö on koestettu, voidaan olla varmoja, että kiskosuojaus toimii riittävän nopeasti ja selektiivisesti kaikissa suojausalueen vioissa. Tulevissa kappaleissa on esitetty kiskosuojan koestus. Esimerkkeinä on yhden vaiheen tai vian tulos yhdeltä kenttäyksiköltä. Täydelliset tulokset näkyvät koestuspöytäkirjassa liitteessä 6.

Varsinainen koestus aloitetaan tekemällä koestettavalle kenttäyksikölle koestuskytkentä. Siinä koestuslaitteen kaksi kolmivaiheista virtaulostuloa kytketään kahden kenttäyksikön virtapiireihin, joiden virtamuuntajien muuntosuhteet ovat samat. Toista kenttäyksikköä koestetaan ja toinen toimii virtojen vertailukohteenä. Kuvassa 6.1 on nähtävissä kahden kenttäyksikön koestuskytkentä.

Kenttäyksiköiden on koestettaessa oltava samalla kiskolla. Tämä onnistuu helposti, jos niiden erottimet ovat jo koestuksen alussa oikein. Jos kenttäyksiköt ovat eri kiskoilla, voidaan erottimien tilatiedot simuloida niin, että kenttäyksiköt luulevat olevansa samalla kiskolla. Kiskosuojaa koestettaessa kannattaa kenttiä vaihdella vikatilanteissa kiskolta toisella ja todeta, että ne laukeavat pois oikein.



Kuva 6.1 Kiskosuojan koestuskytkennän periaatekuva [6]

Koestuslaitteen binääriset sisääntulot kytketään koestettavan kenttäyksikön kaikkiin laukaisuliittimiin. Laukaisut ovat käyttötarkoituksen mukaan joko yksi- tai kolmivaiheisia. Normaalisti koestus loppuu, kun suojarileen laukaisukoskettimet vetävät.

Kiskosuojauksen koestusta voidaan helpottaa asettelemalla erovirran valvonta pois päältä keskusyksikön parametreista, sillä sen havahtuminen ja releen lukkiintuminen estää koestuksen suorittamisen onnistuneesti. Erovirran valvonta on kuitenkin muistettava kytkeä takaisin päälle koestuksen päätyttyä tai muuten suojaus jää alttiiksi mittauspiirin vioille.

6.2.2 Mittaustesti

Mittaustestin tarkoituksena on todeta kenttäyksikön virtapiirien oikea kytkentä ja koestuskytkennän toimivuus. Kuvassa 6.2 on nähtävissä, että kahdelle kenttäyksikölle on syötetty erisuuruinen virta vaihetta kohti. Kenttäyksiköiden virroille on aseteltu vaihe-eroa 180 astetta. Kenttäyksiköiden virtojen välinen vaihe-ero johtuu siitä, että toinen kenttäyksikkö havaitsee virran menevän kiskoa kohti ja toinen siitä poispäin. Jos kiskosuoja toimii oikein, niin millään vaiheella ei pitäisi näkyä yhtään erovirtaa. Tätä voidaan tarkastella kiskosuojarileiden näytöiltä ja DIGSI Plant Visualization -ohjelmalla.

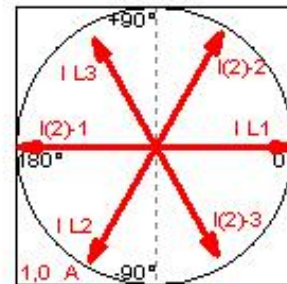
Mittaustesti

Test Results

Title: Mittaus testi

Generator Settings

IL1	1,000A	0,00°
IL2	0,950A	-120,00°
IL3	0,900A	120,00°
I(2)-1	1,000A	180,00°
I(2)-2	0,950A	60,00°
I(2)-3	0,900A	300,00°



Kuva 6.2 Mittaustestin tulokset

Mittauskytkenällä voidaan todeta myös kentän muuntosuhteiden toimivuus. Tämä onnistuu syöttämällä piiriin nimellinen toisiovirta ja toteamalla releen näyttämä ensiövirta. Jos halutaan testata, että rele näyttää erovirtaa oikealla vaiheella ja suuruudella, voidaan muuttaa yhden vaiheen virran suuruutta tai suuntaa ja seurata reagoiko rele oikein. Kuvan 6.2 mittaustesti on tehty Omicron QuickCMC -ohjelmalla.

6.2.3 Havahtumisen koestus

Releen havahtumisen koestuksella voidaan todeta, että rele havahtuu ja laukaisee asetelluilla erovirran arvoilla. Koestus tapahtuu asettamalla vertailukenttäyksikön virrat nolville ja sen jälkeen kasvattamalla koestettavan kenttäyksikön vaihevirtaa. Tällöin kaikki virta näkyy puhtaasti erovirtana. Virtaa kasvaa kunnes suojauslaukaisu tapahtuu. Sama testi toistetaan kaikilla vaiheilla.

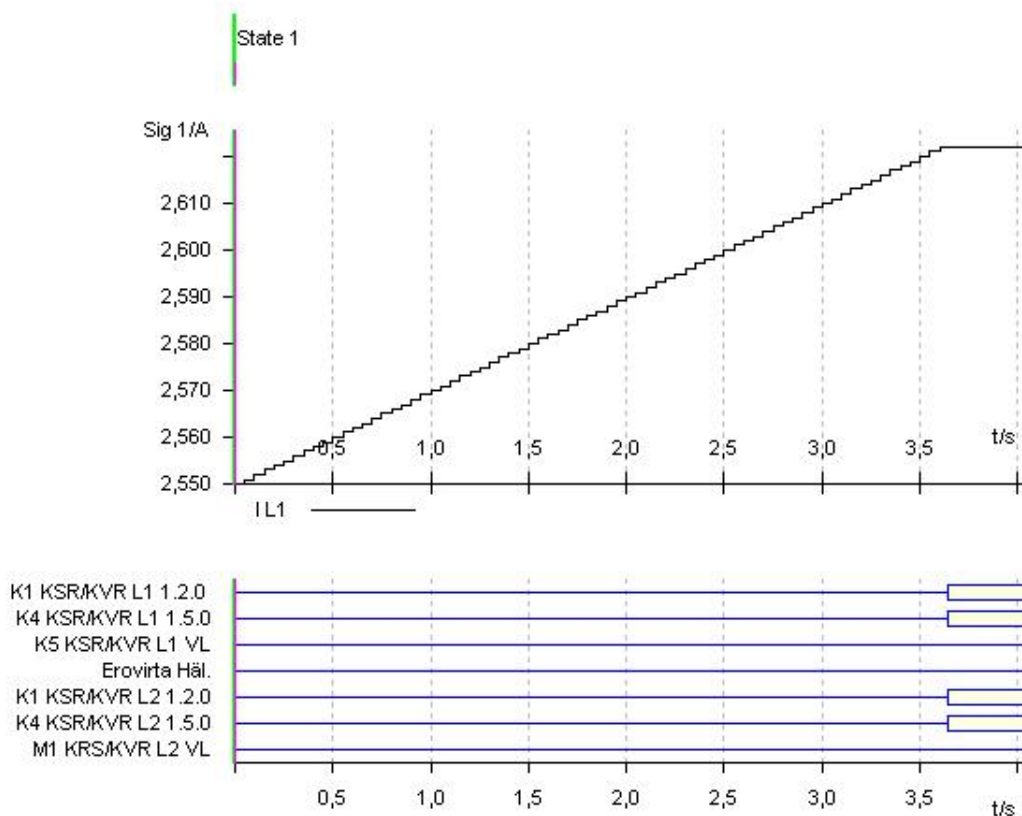
Havahtuminen L1:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Hom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Havahtuminen	State 1	K1 KSR/KVR L1 1.4.0 0->1	IL1	2,600 A	2,622 A	100,0 mA	100,0 mA	22,00 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed



Kuva 6.3 Havahtumisen koestuksen tulokset yhdeltä vaiheelta

Kuvassa 6.3 havahtumisen koestus on suoritettu Omicron Ramping -ohjelmalla. Siinä on aseteltu virralle lähtötaso, nousunopeus ja ehto, jonka jälkeen testi lopetetaan. Tässä tapauksessa ehtona on suojauslaukeaminen.

Kenttäyksikön laukaisukoskettimien sulkeutuminen on nähtävissä kuvan 6.3 alaosassa. Kosketin on sulkeutunut, kun ohut viiva on muuttunut paksuksi. Tällöin voidaan huomata, että suojaus on antanut molemmille laukaisuilleen komennon, kun erovirran arvo on ollut 2,622 A. Koska suojauselle aseteltu erovirran havahtumisarvo on 2,6 A, ylittää todellinen virran arvo sen 22 mA:lla. Tämä alittaa

kuitenkin kiskosuoja 7SS52 manuaalissa luvatus erovirran toleranssin, joka on 50 mA tai 5 prosenttia asetteluarvosta, joten koestus on suoritettu onnistuneesti.

6.2.4 Vakavointikäyrän koestus

Vakavointikäyrän koestuksella voidaan tarkistaa toimiiko kiskosuojan vakavointikäyrä oikein ja riittävän tarkasti. Vakavointikäyrän koestus käydään läpi kaikilla mahdollisilla vikatyypeillä eli yksivaiheisilla maasuluilla sekä kaksi- ja kolmivaiheisilla oikosuluilla.

Kuvasta 6.4 voidaan nähdä vakavointikäyrän koestus Omicron Diff Operating Characteristic -ohjelmalla. Siinä asetellaan haluttu määrä vakavointivirran arvoja sekä pisteet, joiden perusteella ohjelma piirtää suojauksen vakavointikäyrän. Ohjelma alkaa etsiä aseteltua vakavointivirtaa vastaavaa erovirran arvoa, jolla suojaus laukeaa. Kun ohjelma on käynyt läpi kaikki halutut vakavointivirran arvot, se vertaa niitä aseteltuun vakavointikäyrään ja vikatoleranssien avulla päättää onko testi mennyt läpi. Koestusohjelmalla voidaan asettaa, että laukaisu tapahtuu vasta kun kaikki laukaisukoskettimet antavat laukaisukäskyn. Näin voidaan varmistaa kaikkien laukaisukoskettimien toimivuus eri vikatyypeillä.

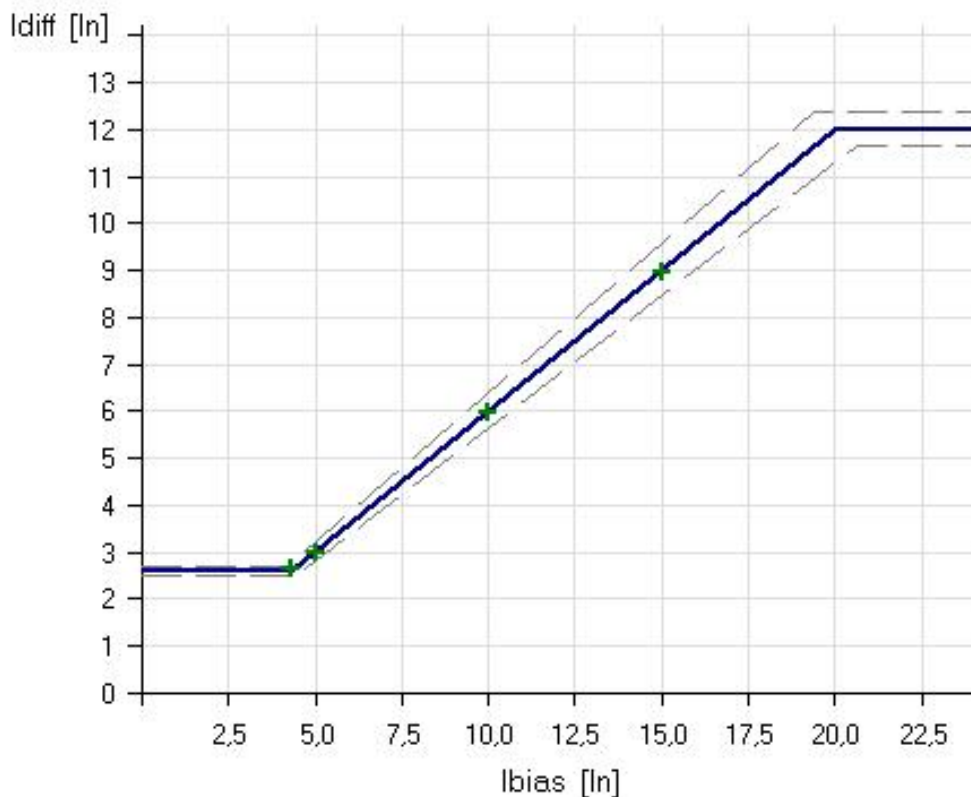
Kuvan 6.4 yläosan taulukossa näkyvät saadut tulokset yksivaiheisessa maasulussa. Taulukossa on annettuja vakavointivirran arvoja vastaavat erovirran nimelliset ja todelliset arvot. Ohjelma vertaa näitä arvoja ja laskee suhteellisen ja absoluuttisen virheen. Virheiden toleranssit ovat tapaus- ja asiakaskohtaiset. On kuitenkin muistettava, että koestus tulosten tulisi aina alittaa releelle sen manuaalissa annetut tarkkuudet. Esimerkiksi kiskosuoja 7SS52 lupaa manuaalissaan 5 prosentin toleranssin asetellulle vakavointikertoimelle ja erovirralla

Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L1-E

Test Results for Fault Location L1-E at Reference Side Primary

Ibias	Idiff INominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,628 In	1,06 %	-0,0276 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,993 In	-0,27 %	0,0082 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,980 In	-0,32 %	0,0191 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,984 In	-0,14 %	0,0123 In	Tested	Passed

Operating Characteristic Diagram



Kuva 6.4 Vakavointikäyrän koestuksen tulokset yksivaiheisessa maaviassa

6.2.5 Laukaisuajan koestus

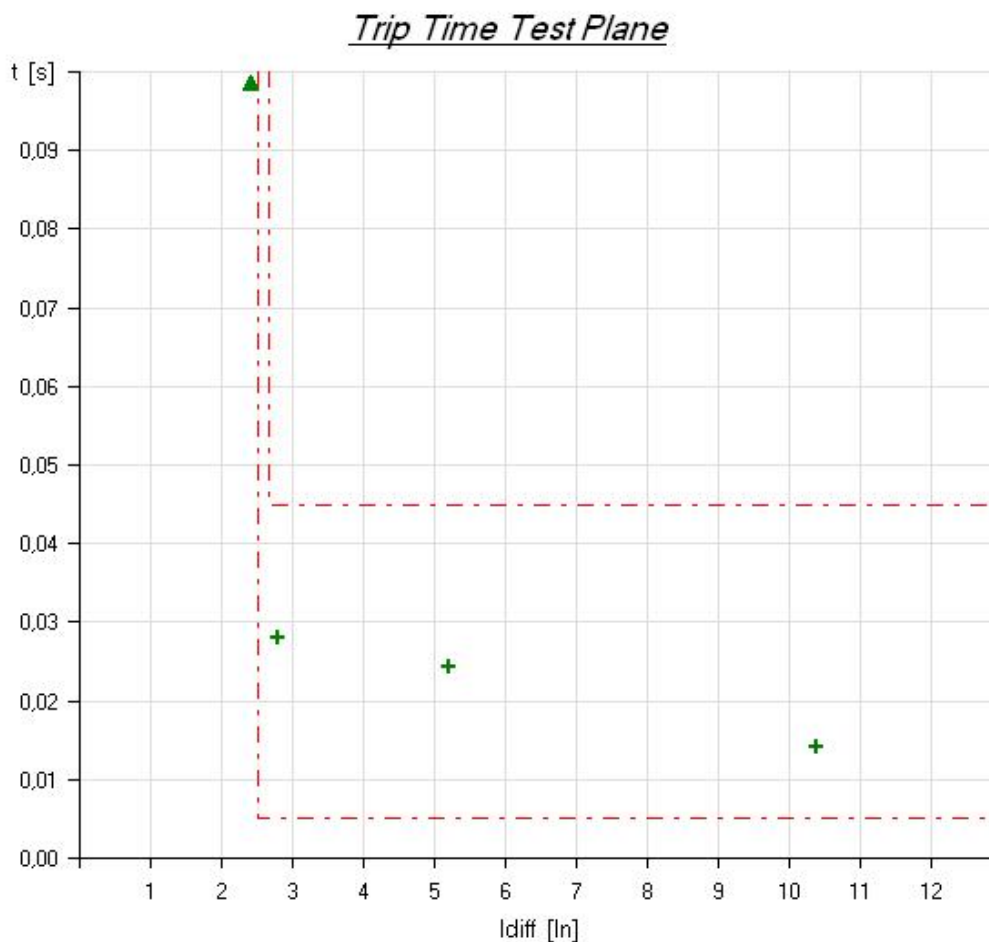
Laukaisuajan koestuksessa on tarkoituksena selvittää kuinka nopeasti kiskosuojan laukaisut toimivat erilaisilla erovirran arvoilla. Laukaisuajan koestus käydään läpi kaikilla mahdollisilla vikatyypeillä. Laukaisun ehdoksi asetetaan kaikkien kiskosuojan koestettavan kenttäyksikön laukaisukoskettimien toiminta.

Kuvan 6.5 laukaisuajan koestus on suoritettu Omicron Diff Trip Time Characteristic -ohjelmalla. Siinä valitaan haluttu määrä erovirran arvoja, joissa kokeillaan tapahtuuko laukaisua ja jos tapahtuu niin kuinka nopeasti. Ohjelmalle voidaan asettaa nimellinen laukaisu aika, johon tuloksia verrataan. Saaduista tuloksista lasketaan absoluuttiset ja suhteelliset virheet. Niiden perusteella koestusohjelma päättää onko testi mennyt läpi vai ei.

KSR Laukaisuajat L1-E

Test Results for Fault Type L1-E at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0281 s	12,40 %	0,0031 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0242 s	3,20 %	-0,0008 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0141 s	43,60 %	-0,0109 s	Tested	Passed



Kuva 6.5 Laukaisuajan koestuksen tulokset yksivaiheisessa maaviassa

Kuvan 6.5 yläosan taulukossa on tulokset yksivaiheisen maasulun tilanteessa. Releelle aseteltu erovirran toiminta-arvo on 2,6 kertaa releen nimellisvirta. Näin ollen ensimmäinen erovirran arvo $2,4 \cdot I_n$ jää toiminta-arvoa pienemmäksi, eikä laukaisua tapahdu. Kun tarkastellaan kolmea viimeistä erovirran arvoa, voidaan huomata, että laukaisu tapahtuu sitä nopeammin mitä suurempi erovirta on. Tämä voidaan nähdä myös kuvan 6.5 kuvaajasta, jossa olevat plusmerkit osoittavat koestuserovirran suuruutta suhteessa suojauksen laukaisuaikaan.

Kiskosuojan 7SS52 manuaali lupaa aika-asetteluidensa tarkkuudeksi, joko 5 prosenttia asetellusta arvosta tai 50 ms. Verrattaessa niitä kuvan 6.4 taulukossa näkyviin virheisiin, on syytä muistaa, että luonnollisesti vain nimellistä laukaisuaikaa hitaammat ajat tulee ottaa tarkkailussa huomioon.

6.2.6 Erovirtahälytyksen koestus

Erovirran hälytyksen koestus on luonnollisesti aloitettava kytkemällä erovirran valvonta takaisin päälle, jos se on aseteltu pois koestuksen alussa. Yksi koestuslaitteen binäärinen sisääntulo kytketään kiskosuojan keskusyksikön ulostuloon, josta saadaan tieto erovirran hälytyksen havahtumisesta. Se asetellaan laukaisu tiedoksi, joka päättää koestuksen.

Sen jälkeen koestettavan kenttäyksikön virtaa aletaan nostaa kuvan 6.6 mukaisesti Omicron Ramping -ohjelmalla. Erovirran valvonnan havahduttua ja hälytettyä, ohjelma vertaa saatua virran arvoa koestusohjelmalle aseteltuun nimellisarvoon. Tämän jälkeen ohjelma laskee absoluuttisen virheen ja vertaa sitä aseteltuihin toleransseihin. Jos virhe on toleransseja pienempi, ohjelma päättää, että koestus on suoritettu onnistuneesti.

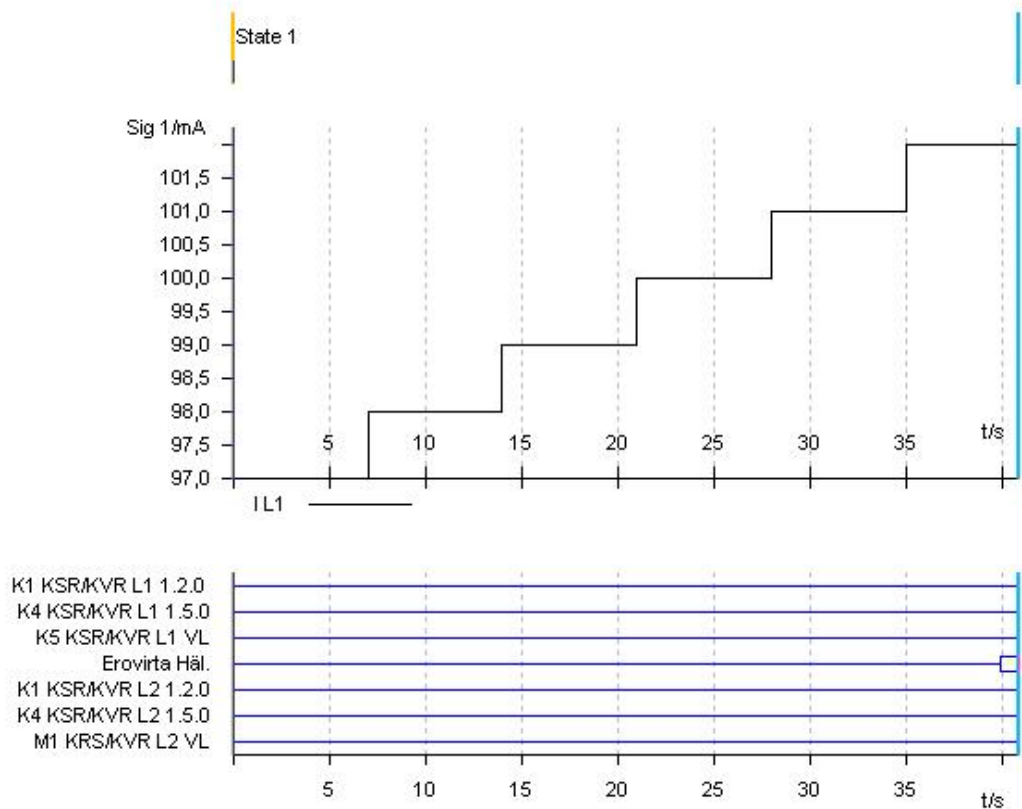
Erovirtavalvonta L1:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Hom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Erovirta Häl.	State 1	Erovirta Häl. 0->1	IL1	100,0 mA	102,0 mA	5,000 mA	5,000 mA	2,000 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed



Kuva 6.6 Erovirtahälytyksen koestuksen tulokset yhdeltä vaiheelta

6.3 Kausikoestus

Suomessa sähköasemien suojuukselle on laadittava kunnossapito-ohjelma. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että suojaus on koestettava määräajoin. Tätä kutsutaan määräaika- eli kausikoestukseksi. Kausikoestuksia on tehtävä vaikka uusi suojausjärjestelmä olisi suunniteltu ja tarkastettu moitteettomasti.

6.3.1 Yleistä

Kausikoestuksien välisen ajan pituuteen vaikuttavat suojausjärjestelmän haltijan tottumukset ja kunnossapitostrategia. Suojausjärjestelmän primäärinen jännitetaso vaikuttaa myös kausikoestuksien määrään, sillä sähköverkon on yleensä oltava sitä luotettavampi, mitä korkeampi jännitetaso sillä on.

Taloudellisuus ja käyttövarmuus ovat kaksi tekijää, jotka vaikuttavat oleellisesti kausikoestuksiin. Suojauksen huollon kustannuksia voidaan alentaa harventamalla koestuksia, mutta silloin lisätään virhetoimintojen mahdollisuutta. Siksi kausikoestuksien väli pystyttäisiin määrittämään luotettavuuslaskennalla. Tällöin voidaan laskea tilanne, jossa koestuskustannukset ovat optimaaliset verkon luotettavuuteen nähden. Useimmiten koestusväli määräytyy kuitenkin kokemusperäisesti. [6]

Kausikoestukset suoritetaan lähes aina toisiokoestuksina. Kausikoestuksen periaatteisiin ja vaatimuksiin kuuluu, että siitä on aiheuduttava enemmän hyötyä kuin haittaa. Jos mahdollista, kausikoestus tulisi suorittaa, kun suojauskohde on korvauskytkennässä tai keskeytyksessä. [2]

6.3.2 Kiskosuojan kausikoestus

Kiskosuojan kausikoestus aloitetaan avaamalla releiden laukaisu- ja hälytysliittimet sekä virtapiirit. Koestuslaite kytketään koestustavan mukaan joko samoin kuin käyttöönotto-koestuksessa tai sitten vaihtoehtoisesti kiinnittämällä se vain yhteen kenttäyksikköön.

Virtamuuntajien toisiopiirit on kytkettävä oikosulkuun. Jos virtamuuntajan ensiöpiirissä kulkee virtaa, eikä toisiopiiri ole oikosuljettuna, indusoituu siihen usein kilovolttien suuruinen jännite. Jännite on erittäin hengenvaarallinen, sillä se syntyy piireihin, jossa yleensä ei suurjännitettä esiinny.

Virtamuuntaja käyttäytyy näin, koska se pyrkii pitämään toisiovirran aina muuntosuhteensa mukaisesti vakiona ensiövirtaan nähden. Toisiopiirin vastuksen, eli kokonaistaakan, kasvaessa nostaa virtamuuntaja jännitettä lineaarisesti. Toisiopiirin vastuksen ollessa ääretön, ei jännite kuitenkaan voi nousta äärettömäksi, sillä virtamuuntajan rautasydämen kyllästymisen taittaa jännitteen nousun.

Koestuskenttä on tehtävä siten, että koestus voidaan suorittaa ilman suojauskohteelle tai muille järjestelmille aiheutuvaa häiriötä. Kiskosuojan kausikoestusta suoritettaessa on erittäin todennäköistä, että koestus on suoritettava muun suojauksen ollessa toiminnassa. Tällöin kiskosuoja on poissa käytöstä joko kokonaan tai rajoitettusti.

Koestuslaitteella syötetään kenttäyksikölle virtaa vaihe kerrallaan, kunnes rele havahtuu. Tämän jälkeen virtaa lasketaan, kunnes voidaan havaita, että rele palautuu normaalitilaan. Releelle suoritetaan myös laukaisukoe, jolloin siihen syötetään virtaa, kunnes saadaan aikaan laukaisu. Jos koestettava kenttä on käytössä, laukaisun tapahtuminen mitataan laukaisuliittimiltä.

Myös releen laukaisuaika on koestettava. Kiskosuojan laukaisun koestus on suoritettava nopeasti, jotta erovirran valvonta ei ehtisi havahtua. Erovirran valvonta voitaisiin kytkeä pois päältä kausikoestuksen ajaksi mutta tämä altistaisi suojauksen inhimillisille erehdyksille.

Kausikoestuksen yhteydessä tulisi releen asetteluarvot tarkastaa. Tällöin niitä verrataan suojauksen haltijan toimittamiin voimassa oleviin parametrintilistoihin. Kiskosuojalta on kausikoestettava myös erovirtavirtahälytys ja -lukitus. Myös muut hälytykset, kuten laukaisuiden ja erilaisten vikojen hälytykset, on koestettava.

7 KISKOSUOJAN KÄYTTÖÖNOTTO

Kiskosuojan käyttöönotto voidaan toteuttaa, kun suojauksen käyttöönottokeistus on suoritettu onnistuneesti. Käyttöönotto aloitetaan varmistamalla, että kenttäyksiköiden laukaisuliittimet ovat auki ja virtapiirit kiinni. Seuraavaksi voidaan kiskosuojan keskusyksikkö ottaa pois lukitustilastaan. Tämän jälkeen keskusyksikön antamia hälytyksiä ja laukaisukomentoja aletaan tarkkailla.

Käyttöönotossa tulisi tarkistaa koko kiskosuojauksen stabiilisuus erilaisissa käyttötilanteissa. Tällöin voidaan varmistua, että suojaus ei suorita laukaisuja tai mene lukkoon aseman normaalissa käytössä. Myös suojauksen toiminta erilaisten kytkentätilanteiden aikana tulee tarkastettua.

Jos sähköasemalla olisi esimerkiksi kaksi pääkiskoja ja apukisko, tulisi kiskosuojan stabiilisuuden varmistamiseksi ohjata kentät yksi kerrallaan kiskokatkaisijan rinnalle. Tämän jälkeen tarkastetaan, että suojauksen kenttäkohtaiset virtamittaukset ovat oikein ja ettei kiskosuoja ole aiheuttanut hälytyksiä. Myös kiskovyöhykekohtaiset vakavointi- ja erovirtamittaukset tarkistetaan.

Seuraavaksi kentät tulisi ohjata yksi kerrallaan kiskokatkaisijan rinnalta ohikytkentään. Tämän jälkeen voidaan taas tarkastaa releiden mittaukset ja hälytykset. Tällöin myös apukiskon tulisi suorittaa mittauksia ja muuttua omaksi kiskovyöhykkeekseen.

Kun kaikki kiskot on kertaalleen kytketty kiskokatkaisijan kanssa rinnan ja siitä ohikytkentään, voidaan ne kaikki siirtää yhdelle kiskolle. Tämän jälkeen siirretään kentät yksi kerrallaan toiselle kiskolle ja varmistetaan, että kiskosuojaus pysyy siirtojen ajan stabiilina. Kiskon vaihdon aikana, kun kentän molemmat pääkiskoerotimet ovat kiinni, muodostavat pääkiskot yhden kiskovyöhykkeen. Myös tällöin on tarkastettava, että kiskovyöhykkeen mittaukset ovat oikein. Tämän jälkeen sähköaseman kentät voidaan palauttaa niiden normaalitilaan.

Koska 7SS52 on hajautettu kiskosuoja, sen käyttöönotto voidaan toteuttaa myös kenttäyksikkö kerrallaan kunnes lopulta koko suojaus on käytössä. Tällöin käyttöönotto aloitetaan tuomalla kiskolle ensiksi yhden tulon ja lähdön. Silloin käytössä on kaksi kenttäyksikköä, joista toinen mittaa kiskoon tulevia ja toinen siltä lähteviä virtoja. Tämän jälkeen kiskoon voidaan kytkeä kenttä kerrallaan, ja varmistaa käyttöönoton aikana suojauksen oikeelliset mittaustulokset sekä stabiilisuus. Tämä tapa soveltuu parhaiten uusia sähköasemia käyttöönotettaessa.

Kun kiskosuoja on otettu käyttöön, täytyy suorittaa sen kenttäyksiköiden käyttövirtojen ja -jännitteiden mittaaminen. Myös releiden mittaussuunta on tarkistettava kuormitustilanteessa. [2]

8 LOPPUSANAT

Uskon, että olen onnistunut tässä työssä luomaan dokumentin, joka valaisee lukijalleen sekä kiskosuojauksen tärkeyttä että toimintaperiaatteita. Uskon tämän työn toimivan myös apuna kiskosuoja 7SS52:n parametroidussa ja sen toimintojen ymmärtämisessä.

Vaikka tässä työssä on esitelty vain yksi tapa koestaa kiskosuoja, pidän sitä hyvin kattavana. Uskon, että työstäni on apua suoritettaessa kiskosuojan käyttöönotto- tai kausikoestusta. Kausikoestuksesta oli hyvin vaikeaa löytää kirjoitettua materiaalia, joten siksi kausikoestusosio on tehty kokeneiden koestajien neuvojen perusteella.

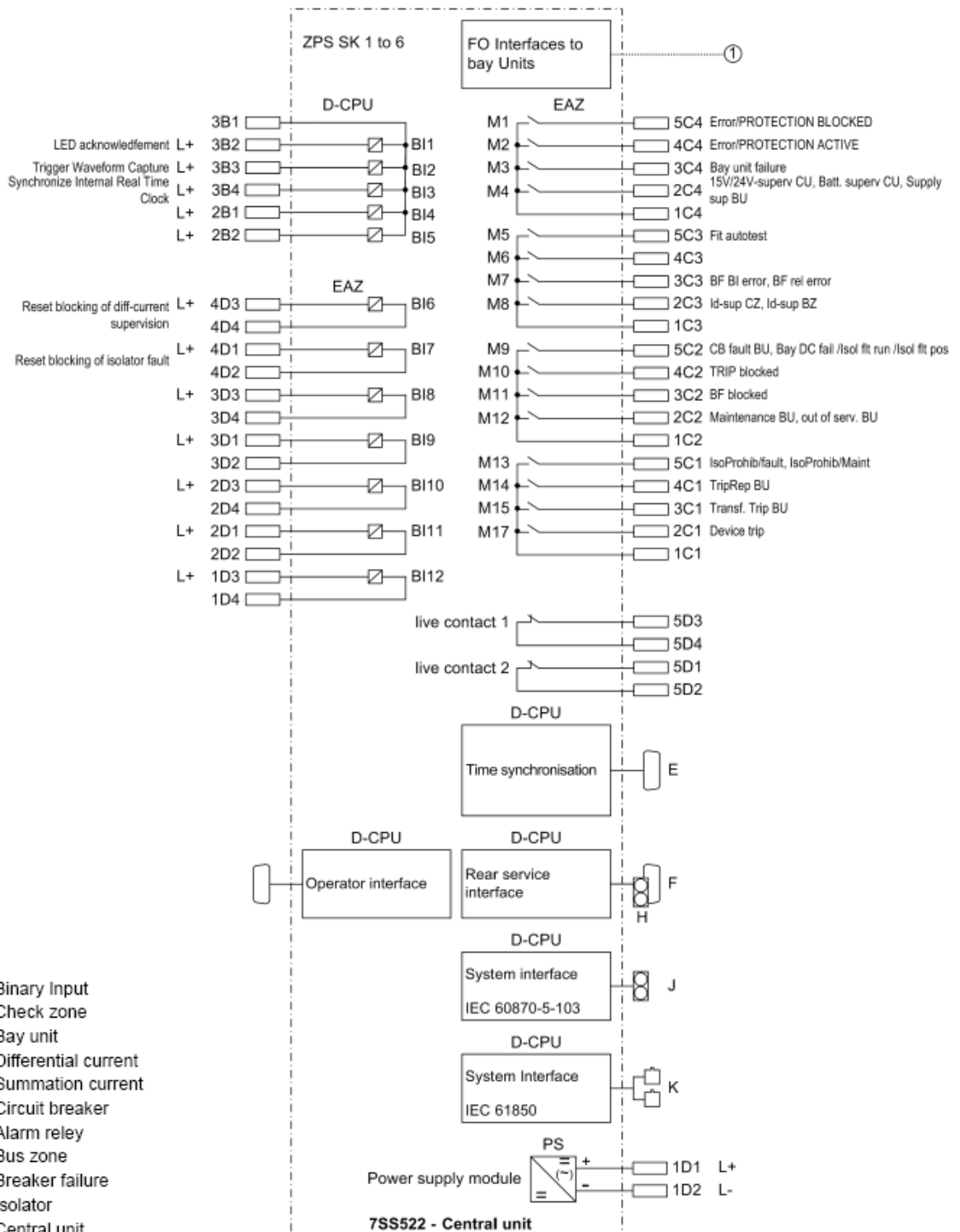
Olin mukana kiskosuojan käyttöönotossa, jossa kiskosuojan stabiilisuus testattiin erilaisilla toimintakokeilla. Tämä on todella hyvä tapa varmistua, että kiskosuoja toimii ja mittaa oikein. Ehdottaisin tämän työn lukijoille, että he pyrkisivät mahdollisuuksien mukaan samaan kiskosuojan käyttöönottilanteeseen.

Työ on auttanut tekijäänsä tutustumaan sekä suojarleiden parametrintiin että koestukseen. Työtä tehdessäni myös koko 400 kilovoltin sähköasemaympäristö tuli todella tutuksi erityispiirteineen ja vaatimuksineen.

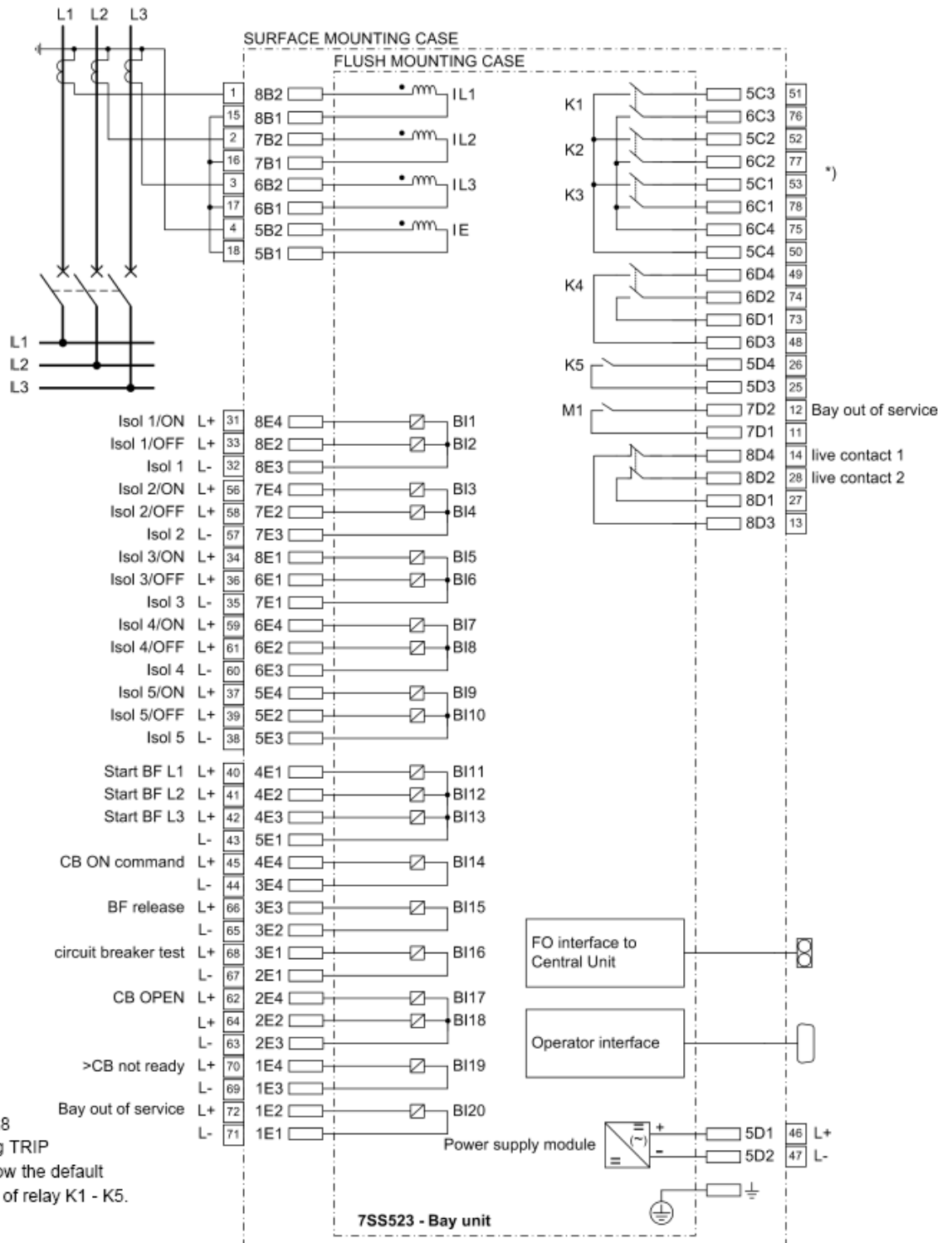
LÄHDELUETTELO

- 1 ABB Oy, ABB:n TTT-käsikirja. Verkkojulkaisu. 2000.
- 2 Fingrid Oyj, OHJE 4001 Suojareleiden ja eräiden muiden toisilaitteiden koestus. Fingrid Oyj. 2005.
- 3 Funk, Hans-Werner, 7SS52 Busbar Protection. Siemens AG. 2007.
- 4 Funk, Hans-Werner, SIPROTEC 7SS52 Distributed Busbar Protection. Siemens AG. 2002.
- 5 GEC ALSTOM Measurements LTD, GEC ALSTOM Protective Relaying Application Guide. 3rd Edition. Stafford. 1990.
- 6 Mörsky, Jorma, Relesuojaustekniikka. Otatieto Oy. Helsinki 1992.
- 7 Siemens AG, 7SS52 V4 Manual. Siemens AG. 2005.
- 8 Siemens Osakeyhtiö, SIPROTEC 4 Järjestelmäkäyttöohje. Siemens AG. 2006.
- 9 Siemens PTD EA, Applications for SIPROTEC Protection Relays. Siemens AG. 2005.
- 10 Vedenjuoksu, Timo, Relesuojauksen peruseriaatteet. ABB Oy SA-tuotteet. 2003.

Keskusyksikkö 7SS522 kytkentäkaavio



Kenttäyksikkö 7SS523 kytkentäkaavio

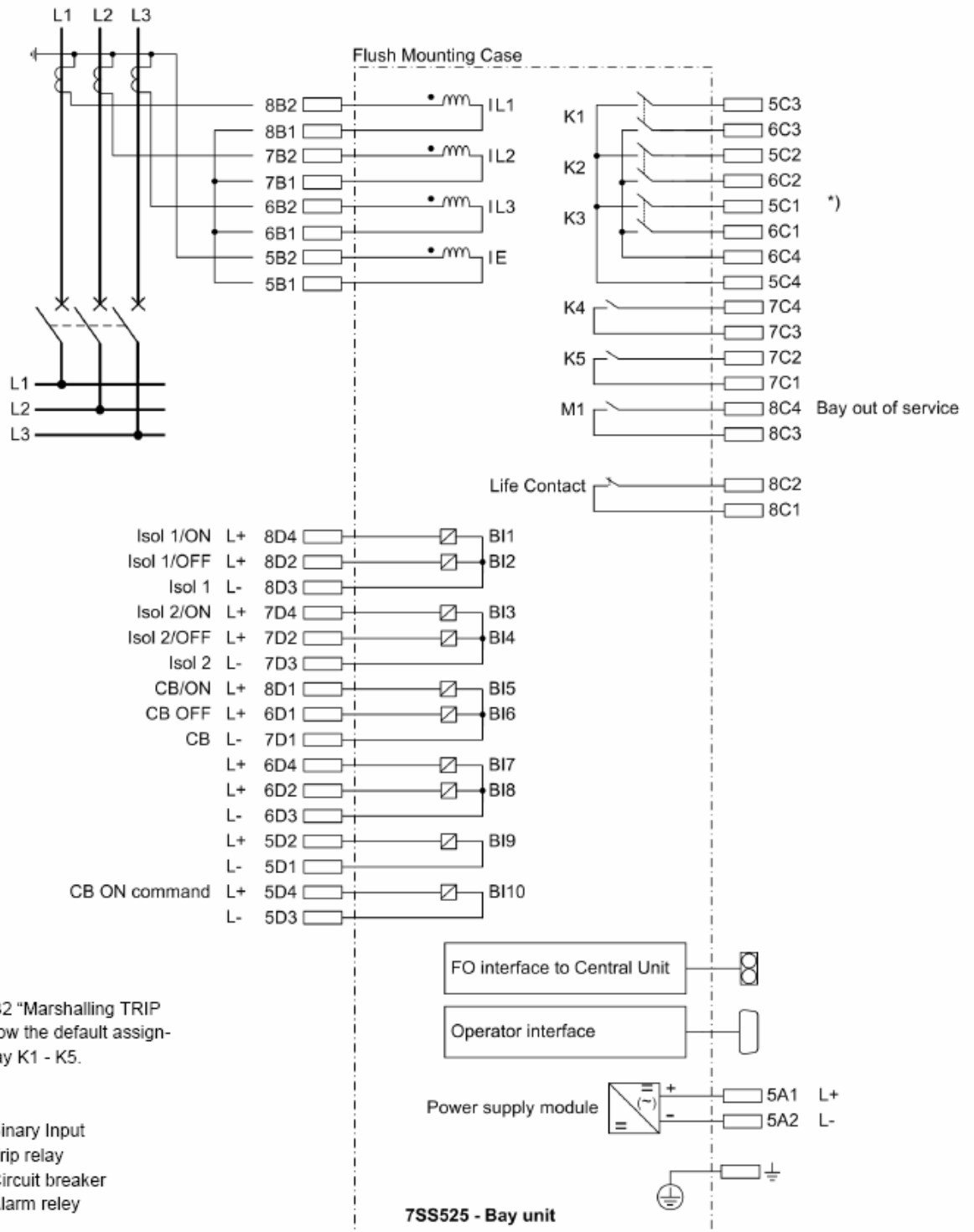


*) Table A-28
"Marshalling TRIP
RELAY" show the default
assignment of relay K1 - K5.

Legend:

- BI: Binary Input
- K: Trip relay
- CB: Circuit breaker
- M: Alarm relay
- BF: Breaker failure

Kenttäyksikkö 7SS525 kytkentäkaavio



*) Table A-32 "Marshalling TRIP RELAY" show the default assignment of relay K1 - K5.

Keskusyksikön tilausnumeron vaihtoehdot

Distributed busbar and breaker failure protection SIPROTEC 7SS52 V4 CENTRAL UNIT	Order No. 7 S S 5 2 <input type="checkbox"/> 0 - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - 1 <input type="checkbox"/> A 0			
System version 50/60 Hz V4	↑ 2			
Rated auxiliary voltage of converters DC 48, 60 V DC 110, 125 V DC 220, 250 V		↑ 3 4 5		
Mechanical design in subrack ES902 C (SIPAC) in surface-mounted casing in 8MF cubicle			↑ A B F	
Communication language Region DE, Language German (Lang. changeable) Region World, Language English (UK) (Lang. changeable) Region US, Language English (US) (Lang. changeable) Region World, Language French (Lang. changeable) Region World, Language Spanish (Lang. changeable) Region World, Language Italian (Lang. changeable) Region World, Language Russian (Lang. changeable)			↑ A B C D E F G	
System interface no interface Protocol IEC 60870-5-103, optical 820 nm, ST plugs Additional protocols, see additional information L				↑ 0 3 9
Service interface (rear port) DIGSI 4, electrical RS232 DIGSI 4, electrical RS485 DIGSI 4, optical 820 nm, ST plug				↑ 1 2 3
Fitted for 8 bays 16 bays 24 bays 32 bays 40 bays 48 bays				↑ A B C D E F
Additional information L, further protocols (port K) IEC 61850, electrical with EN100	Position	21 0	22 R	

Keskusyksikön parametrilista

Addr.	Setting Title	Function	Setting Options	Default Setting	Comments
106A	Combi-Coupler	BU	YES NO	NO	Combi-Coupler
112	Bay status	BU	out of service in service maintenance	in service	Bay status
113	I>TRIP	BU	0.00 .. 25.00 I/In	0.00 I/In	Current threshold for TRIP release
114	BF BI MODE	BU	1-ch w/o sup 1-ch w sup 2-ch w/o sup 2-ch w sup	1-ch w sup	Binary input mode / supervision BF
115	BF OP MODE	BU	non existent external BZ unbalance trip rep/unbal I>query trip rep/I>quer	BZ unbalance	Operation mode BF
116	BF I<	BU	ON OFF	OFF	Low-current mode BF
117	TRIP REP. MODE	BU	single-channel 3pole	single-channel	TRIP repeat mode
118	I> BF	BU	0.10 .. 2.00 I/In	0.50 I/In	Current threshold for BF
119	I> BF-EF	BU	0.05 .. 2.00 I/In	0.25 I/In	Current threshold for BF - EF
120	T-BF-1P	BU	0.05 .. 10.00 sec	0.25 sec	Time delay for BF with 1-pole faults
121	T-BF-mP	BU	0.05 .. 10.00 sec	0.25 sec	Time delay for BF with multi-pole faults
122	T-BF I<	BU	0.05 .. 10.00 sec	0.25 sec	Time delay for BF low current mode
123A	T-BF IMP	BU	0.05 .. 10.00 sec	0.50 sec	Time delay for BF pulse mode
124	T-BF CB fault	BU	0.00 .. 10.00 sec	0.10 sec	Time delay BF after CB fault
125	T-TRIP repeat	BU	0.00 .. 10.00 sec	0.12 sec	Time delay for TRIP repeat
126	T-CB open	BU	0.00 .. 10.00 sec	0.00 sec	Time delay for CB open
127	T-BF rel sup	BU	0.02 .. 15.00 sec	15.00 sec	Supervision bin. input BF-release
128	T-BF 2chan	BU	0.06 .. 1.00 sec	0.06 sec	Supervision time BF start / release
129	End Fault Prot	BU	ON OFF	OFF	End fault protection
151A	Maint. Iso1	BU	YES NO	YES	Maintenance for Isolator 1
152A	Maint. Iso2	BU	YES NO	YES	Maintenance for Isolator 2
153A	Maint. Iso3	BU	YES NO	YES	Maintenance for Isolator 3
154A	Maint. Iso4	BU	YES NO	YES	Maintenance for Isolator 4
155A	Maint. Iso5	BU	YES NO	YES	Maintenance for Isolator 5
156A	Maint. CB	BU	YES NO	YES	Maintenance for CB
5103	AUT LED ACK	Protec. general	YES NO	YES	Automatic acknowledgement of LED
5104	FREQUENCY	P.System Data 1	50 Hz 60 Hz	50 Hz	Nominal frequency
5108A	Test mode SK	Protec. general	OFF ON	OFF	Test mode for module SK
5111A	Language BU	Protec. general	German English French Spanish Italian Russian	English	Language of bay units
5112A	OutEn BU-TEST	Protec. general	NO YES	NO	Output enable bay unit under test
5299A	TO IV-Bit T103	Device	0 .. 1500 min	1380 min	Timeout IV-Bit T103

Addr.	Setting Title	Function	Setting Options	Default Setting	Comments
5401	PROT TR BUS	Protec. general	YES NO	YES	Selective protection for transfer busbar
6101	STAB FAC:BZ	BB Protection	0.10 .. 0.80	0.65	Stabilizing factor - selective
6102	Id> BZ	BB Protection	0.20 .. 4.00 I/Ino	1.00 I/Ino	Diff-current threshold - selective
6103	STAB FAC:CZ	BB Protection	0.00 .. 0.80	0.50	Stabilizing factor - check zone
6104	Id> CZ	BB Protection	0.20 .. 4.00 I/Ino	1.00 I/Ino	Diff-current threshold - check zone
6106	Tmin TRIP	Protec. general	0.01 .. 32.00 sec	0.15 sec	Minimum duration of TRIP command
6108A	Is< BZ - EF	BB Protection	0.00 .. 25.00 I/Ino	5.00 I/Ino	Stabilizing current threshold - BZ - EF
6109A	Id> BZ - EF	BB Protection	0.05 .. 4.00 I/Ino	0.25 I/Ino	Diff-current threshold - selective - EF
6110A	Is< CZ - EF	BB Protection	0.00 .. 25.00 I/Ino	4.50 I/Ino	Stabilizing current threshold - CZ - EF
6111A	Id> CZ - EF	BB Protection	0.05 .. 4.00 I/Ino	0.25 I/Ino	Diff-current threshold - check zone - EF
6201	STAB FAC:BF	BF-Protection	0.00 .. 0.80	0.50	Stabilizing factor BF protection
6202A	Is< BF - EF	BF-Protection	0.00 .. 25.00 I/In	5.00 I/In	Stabilizing current threshold - BF - EF
6301	ISOL TIME	Monitoring	1.00 .. 180.00 sec	7.00 sec	Limit value isolator time
6302	ISOL Malfunc	Monitoring	alarm only blocking block./release block./acknow.	alarm only	Reaction on isolator malfunction
6303	ISOL DC FAIL	Monitoring	OLD ON	OLD	Treatment isolator status on DC fail
6304	ISOL ST 1/1	Monitoring	OLD ON	OLD	Treatment isolator status not plausible
6305	BLOCKING MODE	Monitoring	zone/phase protection	zone/phase	Blocking mode on failure
6306	DIFF SUPERV	Monitoring	ON OFF	ON	Differential current supervision
6307	T-Idiff SUPERV	Monitoring	1.00 .. 10.00 sec	2.00 sec	Time delay for diff-current supervision
6308	Id> SUPERV BZ	Monitoring	0.05 .. 0.80 I/Ino	0.10 I/Ino	Limit value diff-current supervision -BZ
6309	Id> SUPERV CZ	Monitoring	0.05 .. 0.80 I/Ino	0.10 I/Ino	Limit value diff-current supervision -CZ
6310	DIF SUP mode BZ	Monitoring	alarm only blocking block./release	blocking	Diff-current supervision mode -BZ
6311	DIF SUP mode CZ	Monitoring	alarm only blocking block./release	alarm only	Diff-current supervision mode -CZ
6312A	ZERO CR SUPERV	Monitoring	ON OFF	ON	Zero crossing supervision
6313A	I> ZERO CR	Monitoring	0.15 .. 4.00 I/Ino	0.50 I/Ino	Threshold for zero crossing supervision
6315	CB SUP TIME	Monitoring	1.00 .. 180.00 sec	7.00 sec	CB supervision time
6316	I> MAN TRIP	Monitoring	0.00 .. 2.50 I/In; ∞	0.05 I/In	Limit value for circuit breaker test
6317	T-TRIP-Rel sup	Monitoring	0.02 .. 15.00 sec	15.00 sec	Supervision bin. input TRIP-Release
6318	CTRL REL BU	Protec. general	released blocked	released	Control release for bay units
6320A	EF charact.	Protec. general	released blocked	blocked	Earth fault characteristic switchover
6401A	fault rec mode	Osc. Fault Rec.	global central decentralized	central	Mode of fault recording
6404	MAX. LENGTH	Osc. Fault Rec.	0.30 .. 5.00 sec	2.00 sec	Max. length of a Waveform Capture Record
6405	PRE. TRIG. TIME	Osc. Fault Rec.	0.05 .. 0.50 sec	0.20 sec	Captured Waveform Prior to Trigger
6406	POST REC. TIME	Osc. Fault Rec.	0.05 .. 0.50 sec	0.20 sec	Captured Waveform after Event
6407	BinIn CAPT.TIME	Osc. Fault Rec.	0.10 .. 5.00 sec; ∞	0.40 sec	Capture Time via Binary Input

SIEMENS

**RELEKOESTUS
PÖYTÄKIRJA**

**FINGRID LOVIISA 400kV
PROJEKTI LO-P1-5**

KISKOSUOJA JA KATKAISIJAVIKASUOJA

1.2 KENTTÄYKSIKKÖ BU1

Käyttönottaja: Juha Mäkinen, Elprotec Oy / Jussi Hautala, Siemens Osakeyhtiö
Päivämäärä: 07.06.2007
Yritys: Siemens Osakeyhtiö

Test Object - Device Settings

Substation/Bay:

Substation:	Loviisa	Substation address:	LO
Bay:	1.PK1 / 1.PK2	Bay address:	

Device:

Name/description:	KSR/KVR Keskusyksikkö	Manufacturer:	Siemens
Device type:	CU: 7SS5220-5AB02-1BA0/FF	Device address:	RK17/F1
Serial/model number:	BF0612068720		
Additional info 1:	Firmware: V04.60.07		
Additional info 2:	P-Set: V04.60.05		

Test Object - Device Settings

Substation/Bay:

Substation:	Loviisa	Substation address:	LO
Bay:	10AT01	Bay address:	1.2 PM1

Device:

Name/description:	BU1 1.2 Kenttäyksikkö	Manufacturer:	Siemens
Device type:	7SS5231-5EA01-0AA1/EE	Device address:	RK1 / F5
Serial/model number:	BF0612082179		
Additional info 1:	Firmware: V3.20		
Additional info 2:			

Mittauskytkentä

Test Equipment

Type	Serial Number
CMC256-6	BC355D

Hardware Check

Performed At	Result	Details
11.6.2007 8:55:33	Passed	

Analog Outputs

Test Equipment		Test Object	
Device	Connector	Display Name	Connection Terminal
CMC256-6 A BC355D	1	I L1	
	2	I L2	
	3	I L3	
	N		
CMC256-6 B BC355D	1	I(2)-1	
	2	I(2)-2	
	3	I(2)-3	
	N		

Binary/Analog Inputs

Test Equipment		Test Object	
Device	Connector	Display Name	Connection Terminal
CMC256-6 BC355D	1+	K1 KSR/KVR L1 1.2.0	214
	1-		
	2+	K4 KSR/KVR L1 1.5.0	366
	2-		
	3+	K5 KSR/KVR L1 VL	291
	3-		
	4+	Erovirta Häl.	RK17 / 718
	4-		
	5+	K1 KSR/KVR L2 1.2.0	227
	5-		
	6+	K4 KSR/KVR L2 1.5.0	375
	6-		
	7+	M1 KRS/KVR L2 VL	298
	7-		
	8+		
	8-		
	9+		
	9-		
	10+		
	10-		
1			
2			
N			

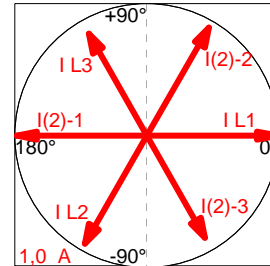
Mittaustesti

Test Results

Title: Mittaus testi

Generator Settings

I L1	1,000A	0,00°
I L2	0,950A	-120,00°
I L3	0,900A	120,00°
I(2)-1	1,000A	180,00°
I(2)-2	0,950A	60,00°
I(2)-3	0,900A	300,00°



Comment

Kenttien 1.2 ja 1.3 virrat sekä vakavointi- ja erovirrat tarkastettu keskusyksiköstä ja kenttäyksiköistä. Virran syöttö kenttäyksiköihin BU1 ja BU2.

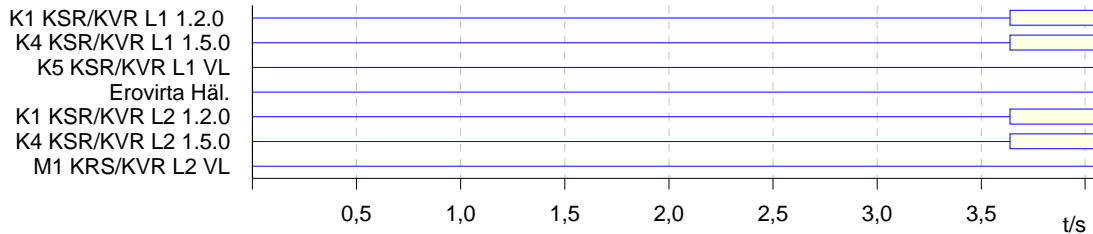
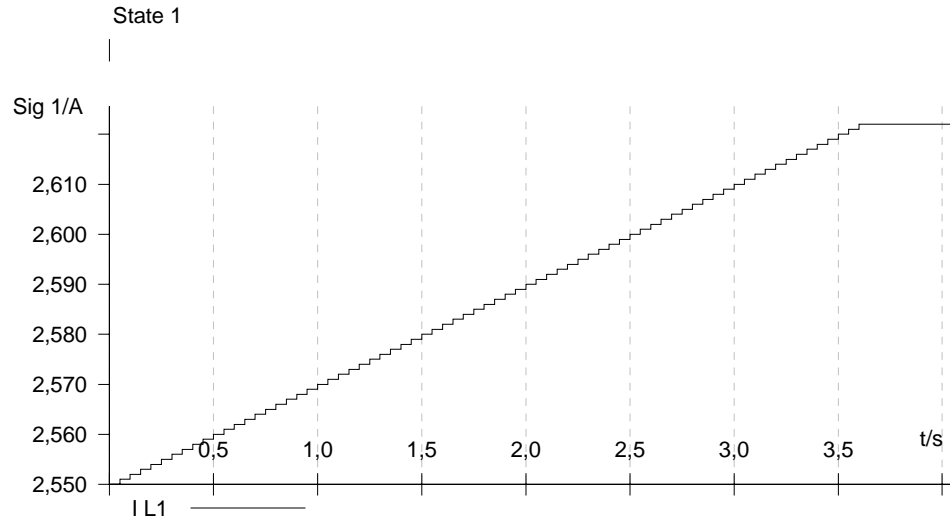
Havahtuminen L1:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Havahtuminen	State 1	K1 KSR/KVR L1 1.4.0 0->1	I L1	2,600 A	2,622 A	100,0 mA	100,0 mA	22,00 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed



Havahtuminen L2:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Havahtuminen	State 1	K1 KSR/KVR L1 1.4.0 0->1	I L2	2,600 A	2,623 A	100,0 mA	100,0 mA	23,00 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed

Havahtuminen L3:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Havahtuminen	State 1	K1 KSR/KVR L1 1.4.0 0->1	I L3	2,600 A	2,622 A	100,0 mA	100,0 mA	22,00 mA	+

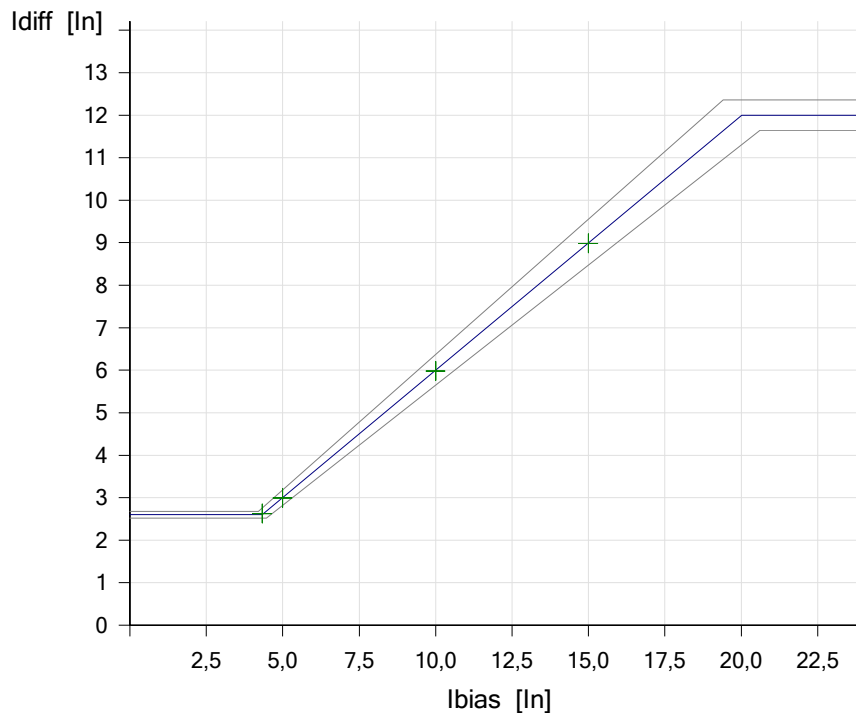
Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed

Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L1-E

Test Results for Fault Location L1-E at Reference Side Primary

Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,628 In	1,06 %	-0,0276 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,993 In	-0,27 %	0,0082 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,980 In	-0,32 %	0,0191 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,984 In	-0,14 %	0,0123 In	Tested	Passed

Operating Characteristic Diagram



Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L2-E

Test Results for Fault Location L2-E at Reference Side Primary

Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,633 In	1,26 %	-0,0326 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,988 In	-0,45 %	0,0137 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,985 In	-0,23 %	0,0136 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,984 In	-0,14 %	0,0123 In	Tested	Passed

Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L3-E

Test Results for Fault Location L3-E at Reference Side Primary

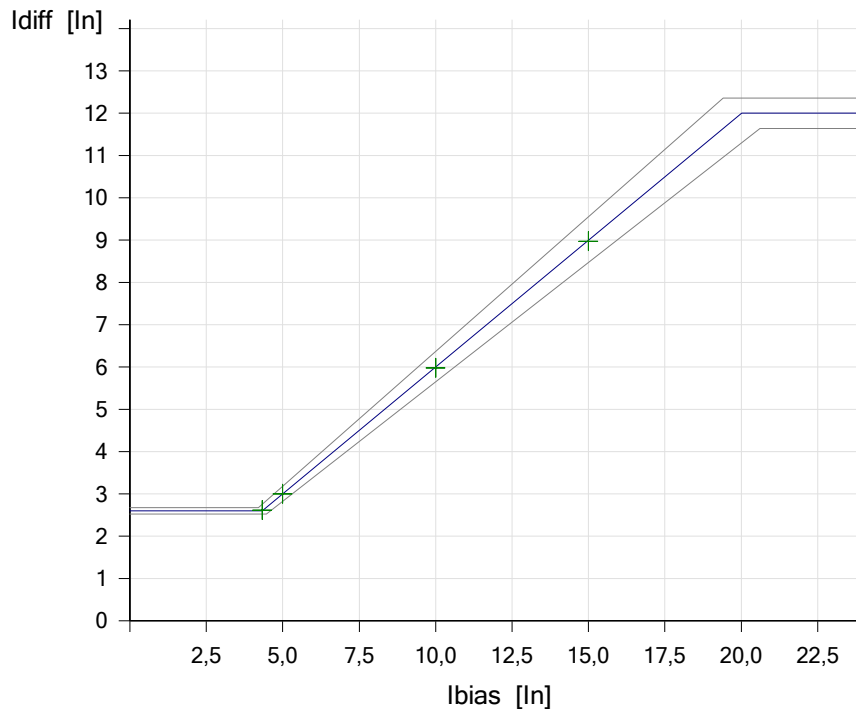
Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,628 In	1,06 %	-0,0276 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,983 In	-0,64 %	0,0191 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,980 In	-0,32 %	0,0191 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,984 In	-0,14 %	0,0123 In	Tested	Passed

Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L1-L2

Test Results for Fault Location L1-L2 at Reference Side Primary

Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,618 In	0,68 %	-0,0176 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,999 In	-0,09 %	0,0027 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,980 In	-0,32 %	0,0191 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,968 In	-0,32 %	0,0287 In	Tested	Passed

Operating Characteristic Diagram



Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L2-L3

Test Results for Fault Location L2-L3 at Reference Side Primary

Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,628 In	1,06 %	-0,0276 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,993 In	-0,27 %	0,0082 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,974 In	-0,41 %	0,0246 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,968 In	-0,32 %	0,0287 In	Tested	Passed

Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L3-L1

Test Results for Fault Location L3-L1 at Reference Side Primary

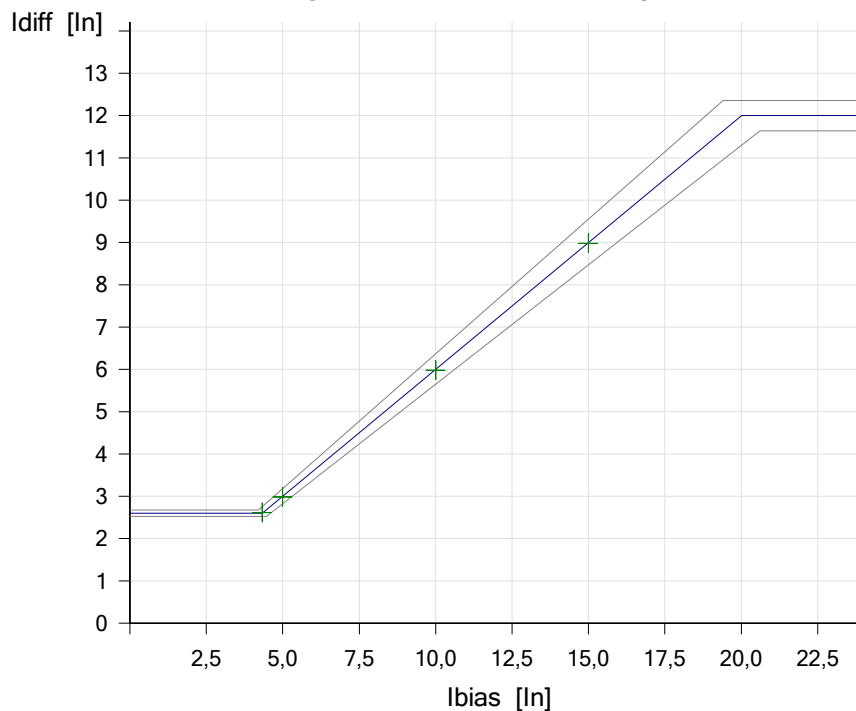
Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,628 In	1,06 %	-0,0276 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,988 In	-0,45 %	0,0137 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,974 In	-0,41 %	0,0246 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,968 In	-0,32 %	0,0287 In	Tested	Passed

Idiff/Ibias Vakavointikäyrä L1-L2-L3

Test Results for Fault Location L1-L2-L3 at Reference Side Primary

Ibias	Idiff Nominal	Idiff Actual	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
4,33 In	2,600 In	2,613 In	0,48 %	-0,0126 In	Tested	Passed
5,00 In	3,002 In	2,983 In	-0,64 %	0,0191 In	Tested	Passed
10,00 In	5,999 In	5,974 In	-0,41 %	0,0246 In	Tested	Passed
15,00 In	8,996 In	8,976 In	-0,23 %	0,0205 In	Tested	Passed

Operating Characteristic Diagram

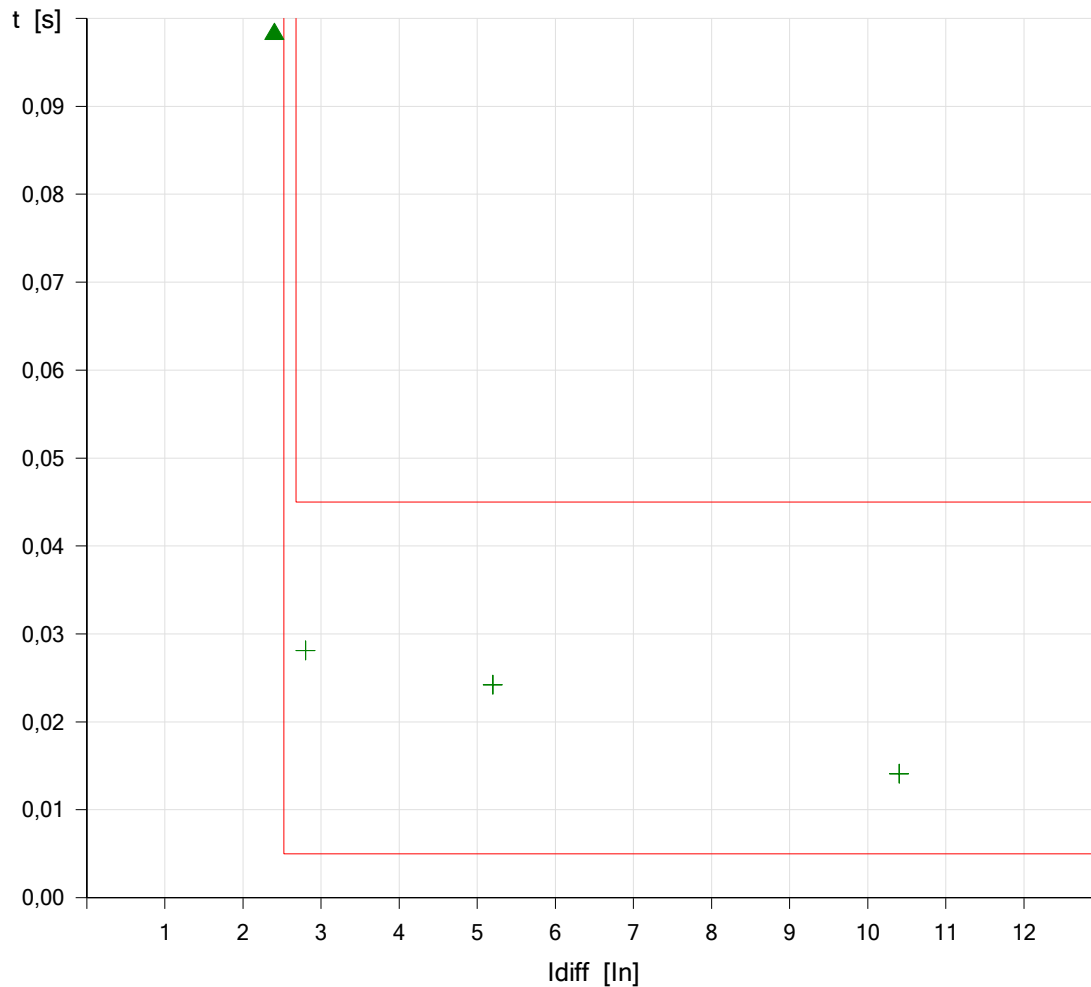


KSR Laukaisuajat L1-E

Test Results for Fault Type L1-E at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0281 s	12,40 %	0,0031 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0242 s	3,20 %	-0,0008 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0141 s	43,60 %	-0,0109 s	Tested	Passed

Trip Time Test Plane



KSR Laukaisuajat L2-E

Test Results for Fault Type L2-E at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0411 s	64,40 %	0,0161 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0240 s	4,00 %	-0,0010 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0144 s	42,40 %	-0,0106 s	Tested	Passed

KSR Laukaisuajat L3-E

Test Results for Fault Type L3-E at Reference Side Primary

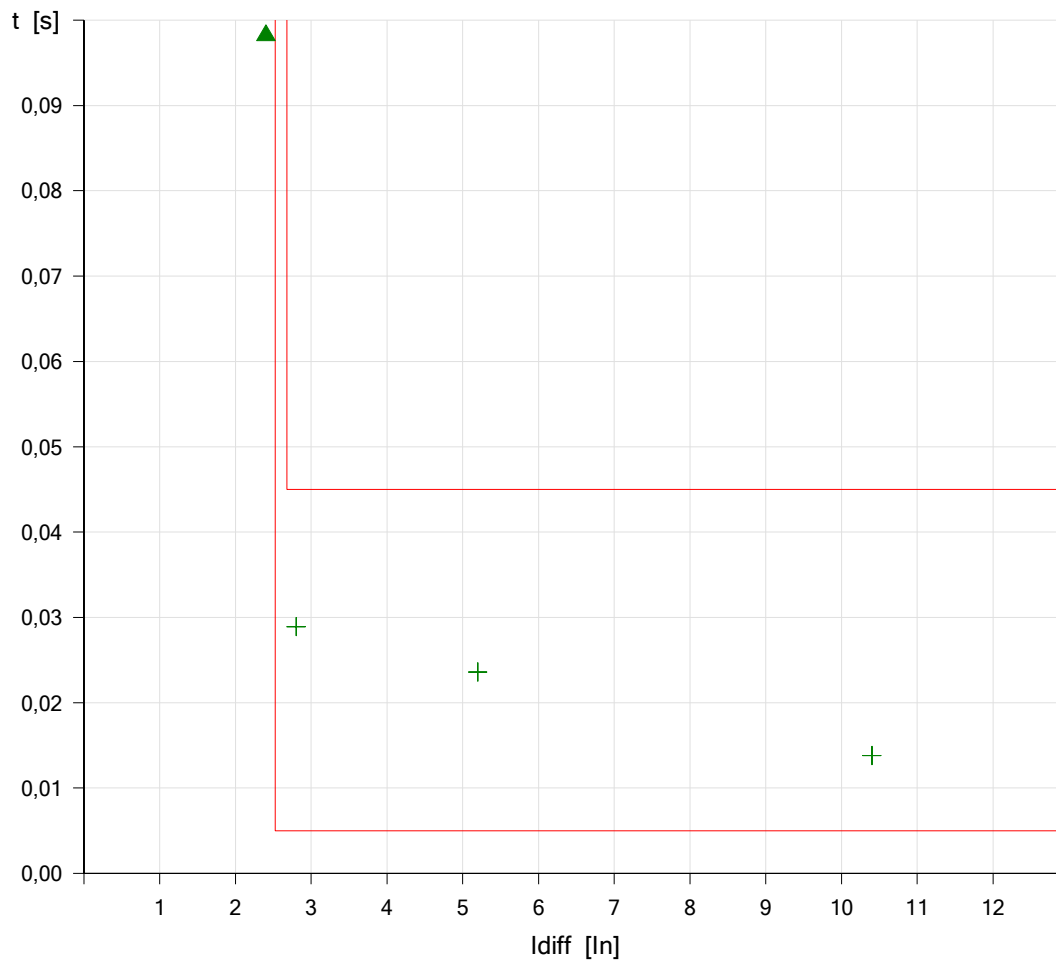
Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0282 s	12,80 %	0,0032 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0241 s	3,60 %	-0,0009 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0139 s	44,40 %	-0,0111 s	Tested	Passed

KSR Laukaisuajat L1-L2

Test Results for Fault Type L1-L2 at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0289 s	15,60 %	0,0039 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0236 s	5,60 %	-0,0014 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0138 s	44,80 %	-0,0112 s	Tested	Passed

Trip Time Test Plane



KSR Laukaisuajat L2-L3

Test Results for Fault Type L2-L3 at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0282 s	12,80 %	0,0032 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0148 s	40,80 %	-0,0102 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0141 s	43,60 %	-0,0109 s	Tested	Passed

KSR Laukaisuajat L3-L1

Test Results for Fault Type L3-L1 at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0285 s	14,00 %	0,0035 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0245 s	2,00 %	-0,0005 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0143 s	42,80 %	-0,0107 s	Tested	Passed

KSR Laukaisuajat L1-L2-L3

Test Results for Fault Type L1-L2-L3 at Reference Side Primary

Idiff	Ibias	Nominal Trip Time	Actual Trip Time	Dev (rel)	Dev (abs)	State	Result
2,40 In	2,40 In	N/T		n/a	n/a	Tested	Passed
2,80 In	2,80 In	0,0250 s	0,0244 s	2,40 %	-0,0006 s	Tested	Passed
5,20 In	5,20 In	0,0250 s	0,0138 s	44,80 %	-0,0112 s	Tested	Passed
10,40 In	10,40 In	0,0250 s	0,0127 s	49,20 %	-0,0123 s	Tested	Passed

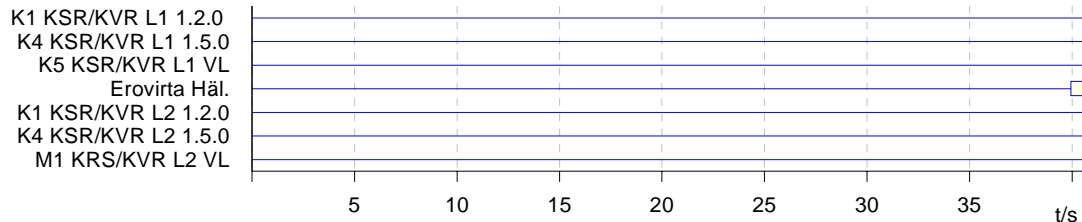
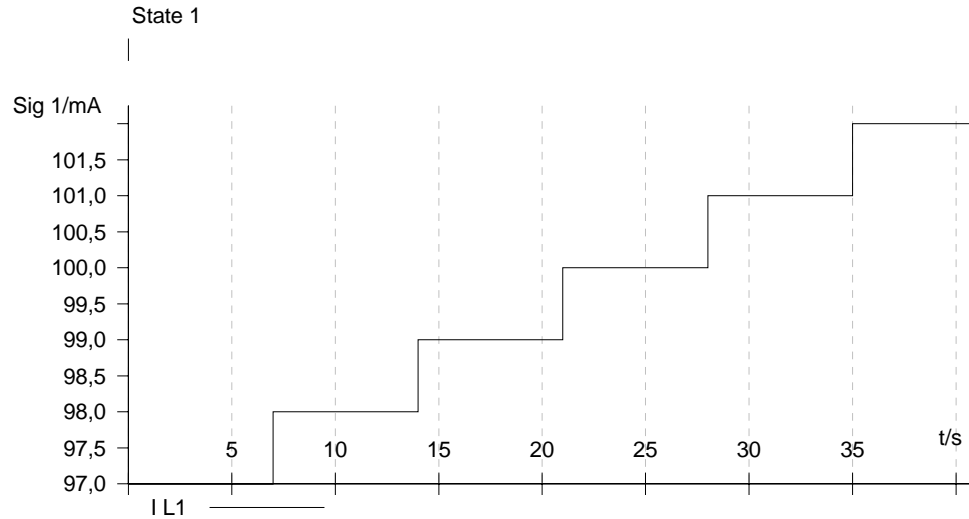
Erovirtavalvonta L1:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Erovirta Häl.	State 1	Erovirta Häl. 0->1	I L1	100,0 mA	102,0 mA	5,000 mA	5,000 mA	2,000 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed



Erovirtavalvonta L2:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Erovirta Häl.	State 1	Erovirta Häl. 0->1	I L2	100,0 mA	102,0 mA	10,00 mA	10,00 mA	2,000 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed

Erovirtavalvonta L3:

Test Results

Measurement Results

Name/ Exec.	Ramp	Condition	Sig	Nom.	Act.	Tol.-	Tol.+	Dev.	Assess
Erovirta Häl.	State 1	Erovirta Häl. 0->1	I L3	100,0 mA	104,0 mA	10,00 mA	10,00 mA	4,000 mA	+

Assess: + .. Passed x .. Failed o .. Not assessed