



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Marko Sakki

Sitras PRO -releen koestuksen työohje

Omicron CMC 356

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Opinnäytetyö

23.4.2019

Tekijä Otsikko	Marko Sakki Siträs PRO -releen koestuksen työohje
Sivumäärä Aika	38 sivua + 1 liitettä 23.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	tekninen asiantuntija Koffi Houanou tekn. lis. yliopettaja Jarno Varteva
<p>Insinööriä tehtiin NRC Group Finland Oy:n kunnossapitoliiketoimelle. Työn tavoitteena oli laatia työohje Siträs PRO -tasavirtareleen koestukseen käyttäen Omicron CMC 356 -koestuslaitetta. Työssä tutkittiin valmistajien manuaaleja, alaan liittyvää kirjallisuutta sekä haastateltiin asiantuntijoita ja kouluttajia. Huolto- ja työohjeet ovat merkittävässä asemassa sähkö- ja kytkinasemien kunnossapidon kilpailutilanteissa. Useat sähköverkonhaltijat antavat laatupisteitä toimittajan huolto-ohjeista.</p> <p>Työn alussa perehdyttiin Omicronin koestusohjelmistoon, Test Universeen, CMC 356 koestuslaitteeseen sekä relekoestukseen pintapuolisesti. Koestusohjelmista pääpaino asetui QuickCMC-, Ramping- ja State Sequencer-moduulien ympärille. Työn loppuosassa käytiin läpi varsinaista koestustoimenpidettä sekä tutustuttiin enemmän Siemen Siträs PRO -tasavirtareleeseen. Loppuosassa käytiin läpi koestusvälineistöä ja käsiteltiin myös sähkötyöturvallisuutta, sekä asiakkaan asettamia vaatimuksia koestukselle.</p> <p>Insinööriä tuloksena saatiin soveltuva työohje työmaa- sekä koulutuskäyttöön työskennellessä Siträs PRO releen parissa. Koestus on tärkeässä roolissa relesuojauksen toimivuuden ja suojattavien verkon osien eliniän kannalta. Jos relesuojauksia ei koesteta määräaikaisten puitteissa, voi se pahimmillaan johtaa hintaviin korjaustöihin ja pitkiin keskeytyksiin raitioliikenteessä.</p>	
Avainsanat	CMC 356, relekoestus, Siträs PRO

Author Title	Marko Sakki Reley Testing Instructions for Sitras PRO Reley
Number of Pages Date	38 pages + 1 appendix 23 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Specialisation option	Electric Power Engineering
Instructors	Koffi Houanou, Technical Specialist Jarno Varteva, Licentiate of Technology, Principal Lecturer
<p>The thesis work was carried out for the maintenance business of NRC Group Finland Oy. The goal was to prepare a work guide for testing the Sitras PRO DC relay using the Omicron CMC 356 tester. In this work, manufacturers' manuals and related literature were studied. Service and work instructions play an important role in competition situations in sub and switching stations maintenance. Several electricity system operators provide quality points for supplier's maintenance instructions.</p> <p>At the beginning of the project, Omicron's testing software, Test Universe, CMC 356 testing device and relay testing were acquainted with superficially. When dealing with the test programs the focus was on the QuickCMC, Ramping and State Sequencer modules. After this, the actual test procedure was gone through and the Siemens Sitras PRO DC power relay was familiarized with. The thesis also handles electrical work safety and customer requirements for testing.</p> <p>The result of the study is a suitable work guide for onsite use and training when working with the Sitras PRO relay. Testing the relays plays an important role in the functioning operation of the relay protection and the lifetime of the protected parts of the network. If the relay protection is not tested within deadlines, it may lead to costly repairs and long interruptions in tram traffic.</p>	
Keywords	CMC 356, relay testing, Sitras PRO

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Relesuojaus	1
3	Omicron CMC 356	2
4	Test Universe ja sovellukset	4
4.1	Laitteiston käyttöönotto	4
4.2	Setup	5
4.3	Support	7
5	Test Modules	8
5.1	QuickCMC	8
5.2	Ramping	14
5.3	Pulse Ramping	15
5.4	State Sequencer	15
6	Siemens Sitras PRO	16
6.1	Tasavirtarele Sitras PRO	16
6.2	Koestusvälineistö	18
6.3	Aloitustoimenpiteet sekä työturvallisuus	19
6.4	Kytkentä	23
6.5	Asetteluarvojen syöttö	26
6.6	Koestus	28
6.7	Lopputoimenpiteet	34
7	Yhteenveto	35
	Lähteet	37
	Liitteet	38

1 Johdanto

Tämä työohje on tehty NRC Group Finland Oy:lle Sitras PRO -releen koestusta varten. Kyseessä on toisiopuolen tasavirtarele suojauksesta sekä siihen liittyvistä ylivirta- (I_{MAX} , I_{DMT}), virran nousu (di/dt ja ΔI) sekä kaapelin suojausfunctioista (contact wire U). Työssä käsitellään, kuinka koestus toteutetaan käyttäen Omicron CMC 356 -koestuslaitetta. Koska opinnäytetyön tarkoituksena on luoda koestusohje NRC Group Finland Oy:lle, tul- laan työssä painottamaan työturvallisuutta. Työhön sisältyy myös kevyt ohjeistus ja tu- tustuminen Omicron CMC 356 -koestuslaitteeseen.

Työtä lähdettiin tekemään tarpeen edestä NRC Group Finland Oy:lle. Lähtökohtana oli saada lisää osaamista kyseiseltä alalta Etelä-Suomen kunnossapitoalueelle. Aiempaa osaamista koestuksesta kyllä löytyi yrityksen sisältä, mutta se oli enemmäkseen AC- puolelta ja Keski-Suomen alueella.

Tämä työ suurelta osin pohjautuu koulutusten sekä oman kokemuksen perusteella saa- tuun tietoon laitteen sekä ohjelmistojen käytöstä.

2 Relesuojaus

Tässä luvussa käsitellään pintapuolisesti relesuojausta sekä koestusta.

Releitä käytetään erityisesti suurjännitetekniikassa suojaamaan haavoittuvampia verko- nosia vioilta. Releiden tarkoitus ei varsinaisesti ole vikojen ennaltaehkäisy, vaan niiden tunnistaminen. Toisioreleitä ohjataan monesti mittamuuntajilla päävirtapiirin suurien vir- tojen ja jännitteiden takia. Mittamuuntajan kautta rele saa sopivaan muotoon muunnettua sähköä ja tiedon mahdollisista verkon vioista. Releiden yhteydessä toimii myös muita laitteita muuntajien lisäksi, kuten katkaisijoita, apuenergiälähteitä ja erilaisia keskuksia sekä tiedonsiirtoyhteyksiä. Jokaisella releellä on omat valmistajansa ilmoittamat tai asi- akkaiden tarpeiden mukaiset asetteluarvot, joiden puitteissa rele toimii. Yksinkertaiste- tusti verkon vian sattuessa vikatiedot välittyvät mittamuuntajalta releelle, joka ohjaa kat- kaisijaa koskettimiensa välityksellä. Releiden tehtävänä on ohjata toimintaohjeet katkai- sijalle oikea-aikaisesti. Apuenergiälähteellä voidaan vikatilanteessa tyydyttää esim. kat- kaisijan auki ja kiinni ohjaamiseen tarvittava jännite. Hälytys- ja raportointikeskuksia tar- vitaan releiden toimintatietojen keskitettyyn keräämiseen. [2, s. 14.]

Sähköturvallisuusmääräyksissä on yli 1000 V:n sähköasemien suojaukselle asetettu vaatimuksena ylivirta- ja maasulkusuojien asettelujen, toiminnan ja kunnan tarkastaminen vähintään kolmen vuoden välein käyttöönottotarkastuksen jälkeen. Määräaikaiskoestusten suunnittelulla on suuri painoarvo keskeytymättömän jakelun kannalta. Koestus tuleekin suorittaa asiakkaan ehtojen ja tietoisuuden varassa niin, että korvaava sähkö kulutuskohteille voidaan syöttää muiden syöttöasemien kautta. Koestusmenetelmiä on monia, joista kuitenkin luotettavin on ensiökoestus. Ensiökoestuksessa kytkeydytään mittamuuntajan ensiöön tai ensioreleen liittimiin, ja sitä kautta syötetään koestusvirtaa ja -jännitettä koestettavaan piiriin. Suurin osa koestuksista, kuten tässäkin työssä tehty koestus, toteutetaan toisiokoestuksena, koska se on ensiökoestusta helpompaa ja turvallisempaa. [2, s. 365.]

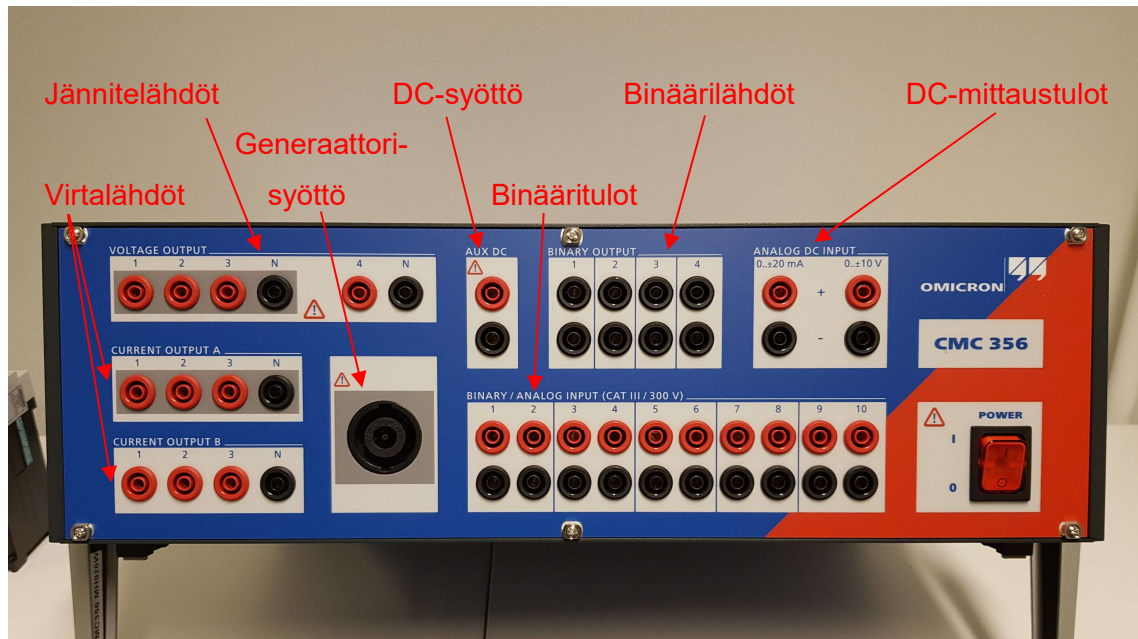
3 Omicron CMC 356

CMC 356 on Omicron Electronics GmbH:n valmistama muuntautumiskykyinen koestus- ja mittauslaite kaikentyyppisille releille. Se on tietokoneohjattu ja käyttää Omicron Test Universe -ohjelmaa.

Tässä luvussa käydään läpi CMC 356:n teknisiä ominaisuuksia. [1.]

Etupaneeli

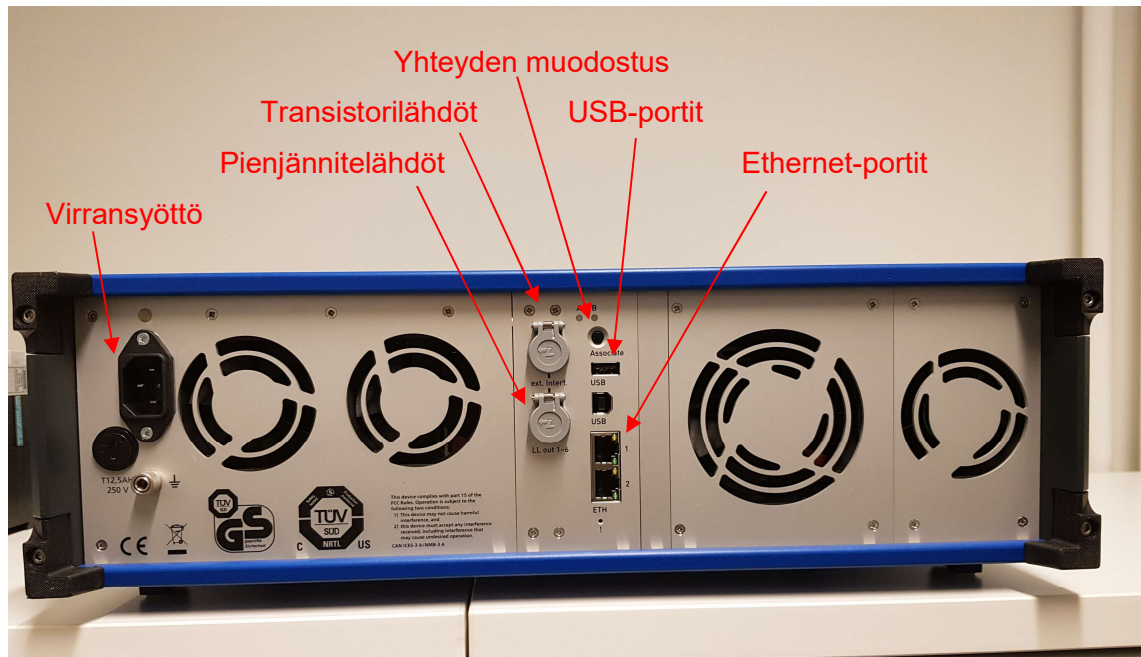
CMC 356:n etupaneelissa on neljä (300 V) jännitelähtöä ja kuusi (32 A / 430 VA) virtalähtöä. Jokaisen lähdön taajuus, huippuarvo sekä vaihekulma on itsenäisesti kontrolloitavissa. Lähdöt ovat suojattu ylikuormitukselta, oikosuluilta, ulkoisilta suurjännitepulsseilta sekä ylikuumentumiselta. Jännite- ja virtalähtöjen lisäksi etupaneelissa on myös kymmenen potentiaalivapaata tai jännitettä mittaavaa tuloa, sekä neljä kosketinlähtöä että 0–20 mA ja -10–10 V:n DC-mittaustulot. (Kuva 1.)



Kuva 1. OMICRON CMC 356 etupaneeli.

Takapaneeli

CMC 356:n takapaneelista löytyvät paikat laitteen virransyötölle verkkovirran kautta, sekä Ethernet että USB portit tietokoneohjaukselle. Takaa löytyy myös Associate-painike yhteyden muodostamista varten tietokoneen ja CMC:n välille. Takana on myös lähdöt ja tulot mm. ulkoista käyttöpäätettä, mittareita sekä vahvistimia varten. (Kuva 2.)



Kuva 2. OMICRON CMC 356 takapaneeli.

4 Test Universe ja sovellukset

Test Universe on Omicronin valmistama PC -ohjelma, joka sisältää tarkoituksenmukaiset sovelluskirjastot toisiotestaukselle. Sovelluskirjasto on muokattavissa ja yleensä räätälöity valmiiksi tilaajan tarpeiden mukaisesti. Tässä tapauksessa käytössä on Test Universen 4.00 versio. Sovellusten osalta huomio on kiinnitetty erityisesti seuraavien moduuleiden käyttöön: QuickCMC, Ramping, Pulse Ramping, State Sequencer ja Control Center. [9, s.10.]

4.1 Laitteiston käyttöönotto

Kaikkien CMC 356:n ja Test Universe -sovelluksen kanssa työskentelevien tulee aluksi tutustua Test Universe Getting Started -manuaaliin turvallisen käytön takaamiseksi. OMICRON -laitteistoa sekä Test Universe -sovellusta saa käyttää vain siihen perehdytetyt henkilöt, materiaali- ja henkilövahinkojen minimoimiseksi. OMICRON -laitteiston kanssa työskennellessä tulee Omicronin omien turvallisuusohjeiden lisäksi ottaa huomioon kansalliset ja kansainväliset työskentelyyn liittyvät lait, standardit, suositukset, valtioneuvoston asetukset sekä ohjeet.

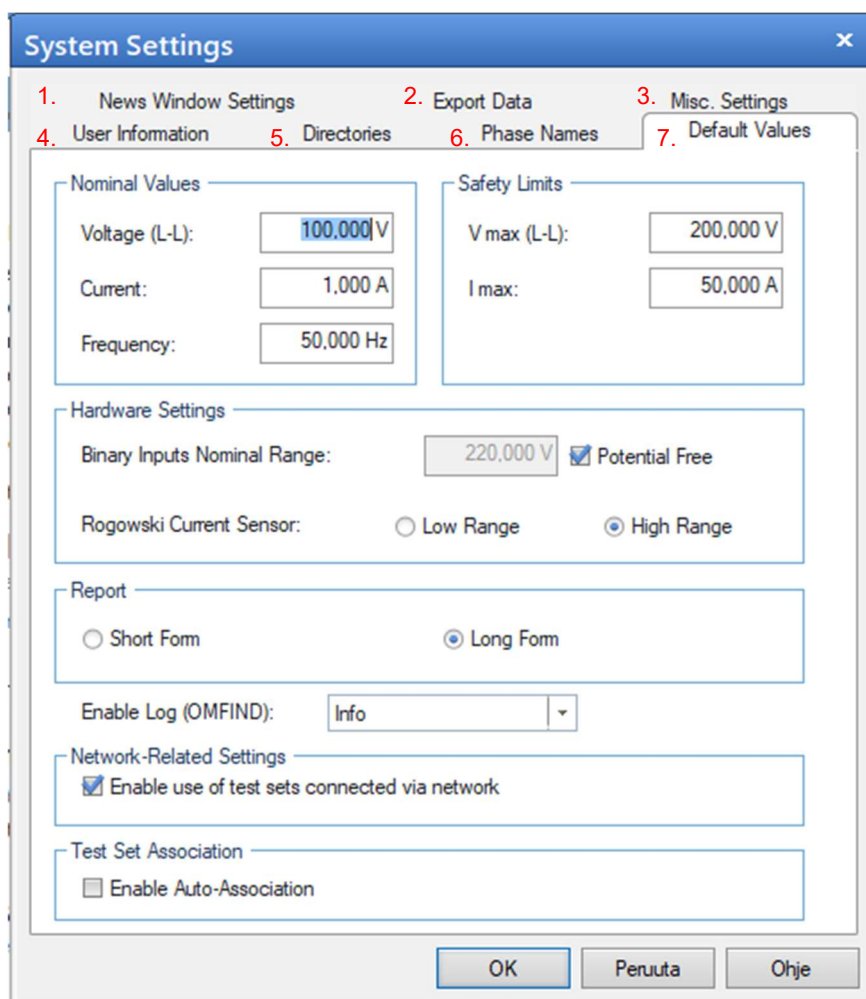
4.2 Setup

Setup -osion alta löytyy seuraavat moduulit: Test Set Association, System Settings, License Manager sekä Language Selection (kuva 3). Ohjelma ei tue suomen kieltä. Jos kuitenkin kielen haluaa muuttaa, tapahtuu se Language Selection -moduulista. License Manager -moduulista voi hallita ohjelmistolisenssejä sekä Omicron -laitteiden käyttöoikeuksia. Tämä onnistuu, mikäli käyttö tapahtuu langattomasti ja jos verkossa on samaan aikaan yhdistettynä useampi koestuslaite.



Kuva 3. OMICRON Test Universen aloitusikkuna. Yläoikealla 4. Language Selection, 3. License manager, 2. System Settings, 1. Test Set Association.

System Settings -moduulissa voi muokata ohjelmiston perusasetuksia, jotka pääosin vaikuttavat omaan käyttökokemukseen tai raportin ulkoasuun. System Settingsin välilehdelle User Information voidaan syöttää koestustoimenpiteen suorittajan tiedot sekä yrityksen nimi. Näitä tietoja voidaan myöhemmin käyttää tarvittaessa raporteissa.



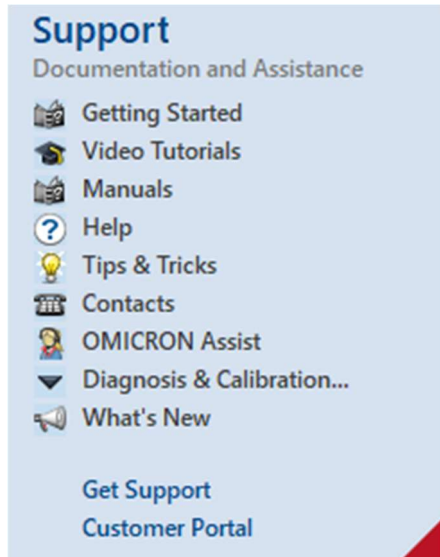
Kuva 4. System Settings, Default Values.

Default Values -välilehdestä (kuva 4) voidaan muuttaa oletusarvoja testikohteille sekä raja-arvoja analogisille syötöille. Nämä tiedot toimivat pohjatietoina, ja niitä voidaan täydentää tarpeen mukaan koestuksen edetessä. Export Data -välilehdestä voi hallita tiedostomuotojen oletusarvoja viettäessä tietoja Omicron -pohjista muihin kohteisiin. Directories -välilehden kautta voi muokata tiedostojen ja kansioden sijaintia tietokoneella. Phase Names -välilehti antaa valita tarkoituksen mukaiset nimet vaiheille sekä nollajohdille. News Window -välilehdestä voidaan sallia Omicronin tiedotteet ja uutiset, jos kone on yhdistettynä verkkoon. Misc Settings -välilehdeltä voidaan vaihtaa ääniasetuksia ja sallia esimerkiksi varoitusääni ylikuormituksen ilmetessä.

Test Set Association -moduulista (kuva 3) voi hallita käytössä olevia Omicron -koestuslaitteita. Sieltä näkee myös, onko halutun koestuslaitteen sekä tietokoneen välillä yhteyttä. Joissain tapauksissa yhteys voi katketa Omicron -koestuslaitteen ja tietokoneen

väliltä. Tällöin ongelmanratkaisutilanteissa on hyvä tarkistaa aina ensimmäisenä, onko yhteys laitteiden välillä vielä olemassa.

4.3 Support

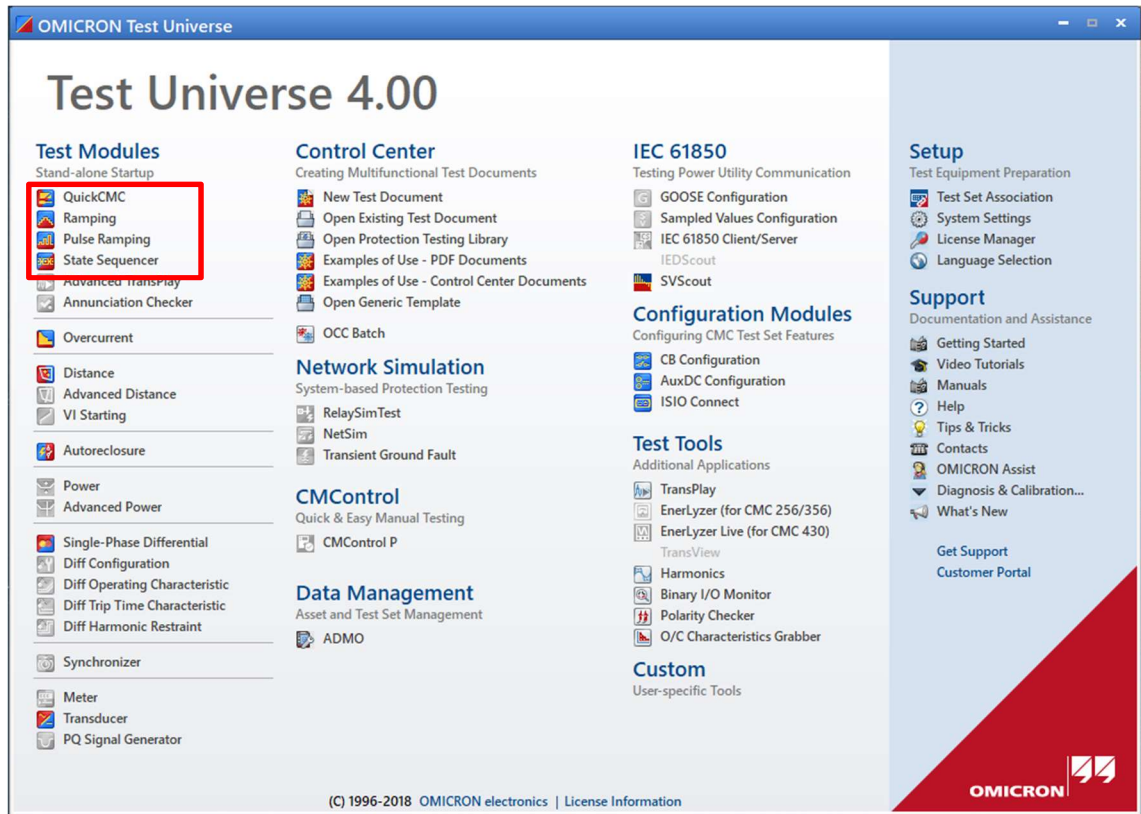


Kuva 5. Support - osio.

Support -osio pitää sisällään käyttäjää opastavat toiminnot, kuten manuaalit, harjoitusvideot sekä Omicronin asiakaspalvelun yhteystiedot. Harjoitusvideot auttavat CMC:hen tutustumisessa, sekä eri moduulien käytössä. Support -osioon tutustumiseen kannattaa aluksi käyttää aikaa sillä se helpottaa myöhempää laitteen ja ohjelmiston käyttöä. (Kuva 5.)

5 Test Modules

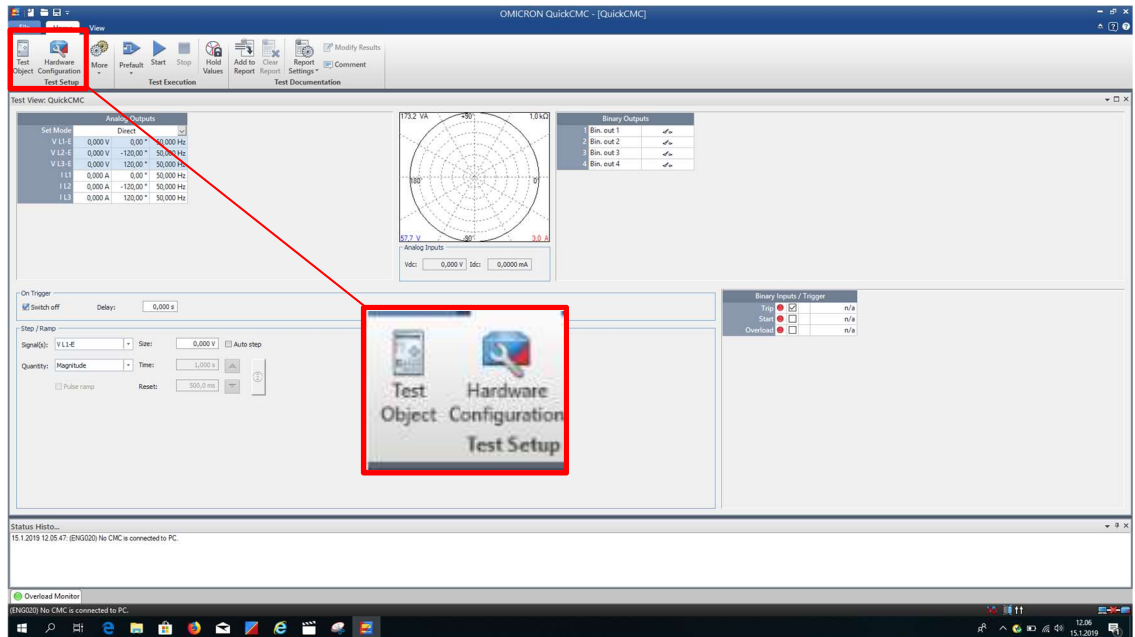
Test Universe mahdollistaa monien eri koestustoimenpiteiden suorittamisen. Moduulit löytyvät Test Modules -alaotsikon alta, vasemmasta yläkulmasta (kuva 6).



Kuva 6. Test Modules paneelin alta löytyvät koestusmoduulit. QuickCMC, Ramping, Pulse Ramping ja State Sequencer.

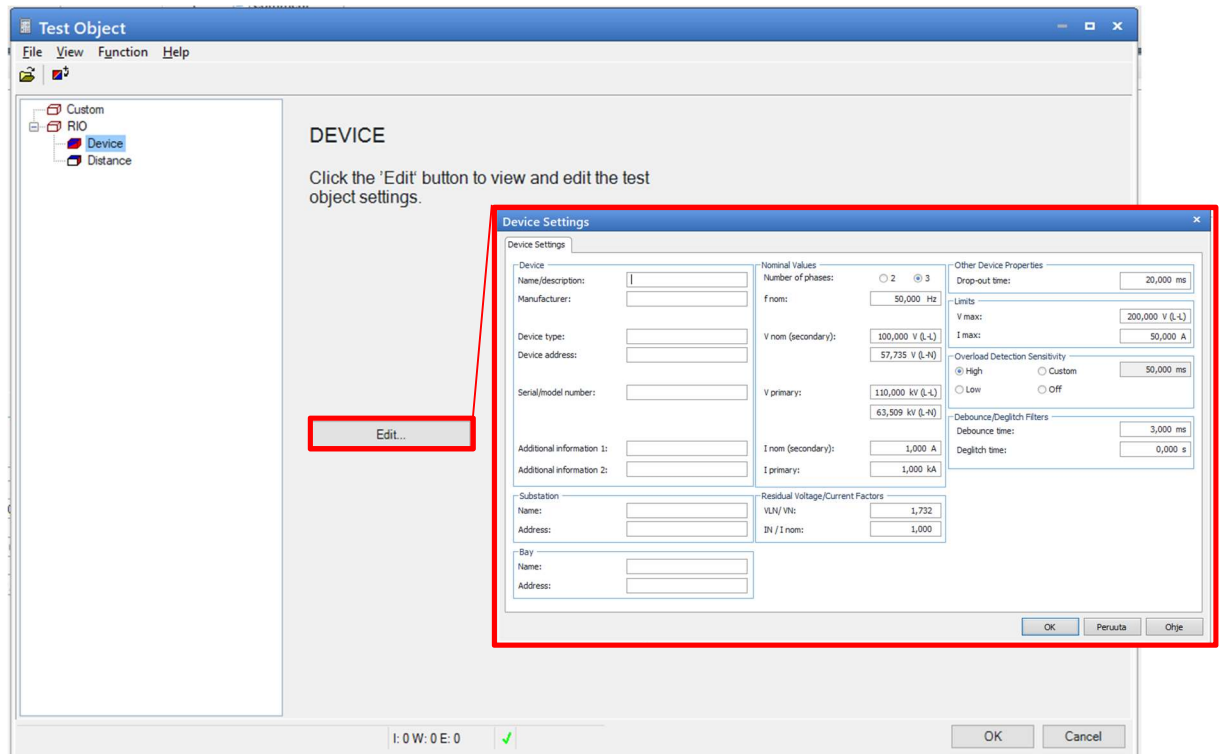
5.1 QuickCMC

QuickCMC on sovellus, jota voidaan käyttää nopeasti yksittäisiin koestustoimenpiteisiin kuten esimerkiksi laitteiston ja kytkennän testausajoihin. Sovelluksella voi myös suorittaa yksittäisiä testejä, mm. ylivirta-, differentiaali- ja distanssireleille sekä mittareille että muuntimille. Sovellus on suhteellisen helppokäyttöinen, joten on suositeltavaa, että tutustuminen Test Universen tarjoamiin koestusmoduuleihin aloitettaisiin QuickCMC:n kautta.



Kuva 7. QuickCMC aloitusnäky. Test Object ja Hardware Configuration löytyvät jokaisen koestusmoduulin vasemmasta yläkulmasta.

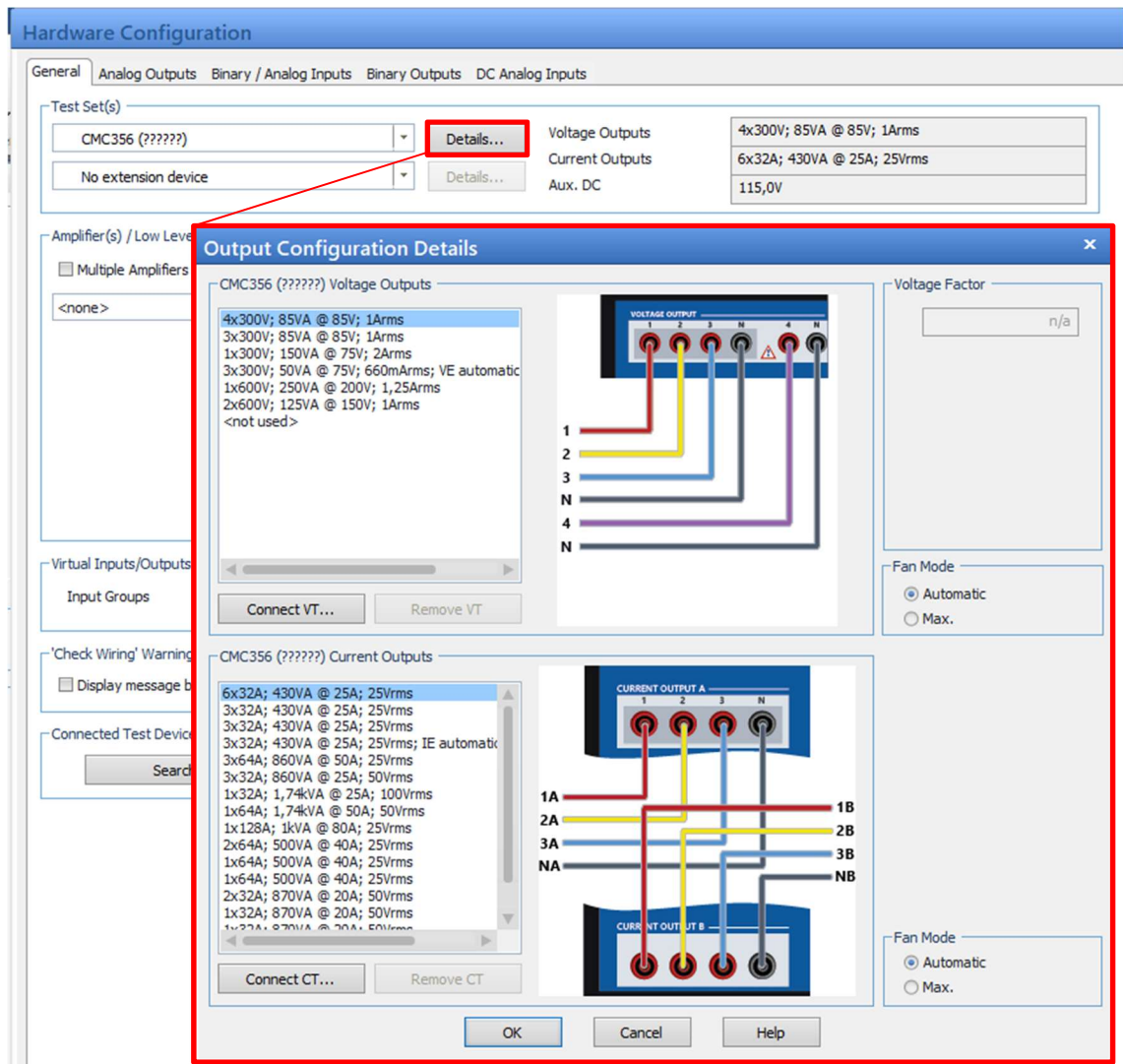
QuickCMC:n aloitusnäkyssä huomio tulee kiinnittää erityisesti vasempaan yläkulmaan (kuva 7). Jokaista koestustoimenpidettä varten tulee sovellukseen syöttää koestettavan kohteen nimellistiedot ja asetellut. Mikäli käyttö suoritetaan yksittäisellä moduulilla, tulee tiedot syöttää joka kerta sovellusta vaihdettaessa.



Kuva 8. Test Object, Device. Device ikkunasta kohdasta "edit" päästään muokkaamaan koestus kohteen tietoja.

Test Object -painikkeen alta avautuu Test Object -ikkuna. Test Object -ikkunasta syötetään koestuskohteen nimellistiedot sekä asetellut. Avatun Test Object -ikkunan vasemmassa reunassa näkyy Custom, RIO, Device ja Distance nimiset laatikot (kuva 8). Custom -laatikon alle voi luoda vapaasti muokattavia releparametrejä. RIO, eli Relay Interface by Omicron, pitää sisällään releen tiedot. RIO -haara voi näyttää erilaiselta riippuen minkälaisista pohjaa käytetään. Käytössä saattaa olla oma pohja tai Omicronin kirjastosta ladattu pohja. Vaikka releestä riippuen pohja saattaakin olla erilainen toimivat ne loppujen lopuksi kuitenkin samalla tavalla. Device -haaran alta löytyy täytettävät kohdat suojalaitteen tiedoille kuten nimi, tyyppi, valmistaja sekä nimellisarvot. Device -kategoriaan siis syötetään releen asetellut sekä muut raja-arvot. Muihin haaroihin tulee syöttää tarvittavat tiedot niitä käytettäessä.

Kun nimellistiedot on syötetty, on seuraavaksi hyvä avata Hardware Configuration -osio Test Object -osion vierestä (kuva 7). Hardware Configuration -ikkunasta pääsee hallitsemaan CMC:n syöttöjä ja tuloja.



Kuva 9. Output Configuration Details. Details -ikkunasta voidaan hallita CMC:n jännite- ja virtalähtöjä.

Output Configuration Details -ikkunasta voidaan hallita Omicron CMC:n jännite ja virtalähtöjä. KytKentä valitaan testattavan kojeiston mukaan (kuva 9), eli Output Configuration Details näyttää, miten kytKentä tehdään CMC:n ja kojeiston välille.

Hardware Configuration																	
General			Analog Outputs				Binary / Analog Inputs				Binary Outputs		DC Analog Inputs				
Test Module Output Signal	Display Name	Connection Terminal	CMC356 V A ?????				CMC356 V B ?????		CMC356 I A ?????				CMC356 I B ?????				
			1	2	3	N	1	N	1	2	3	N	1	2	3	N	
V L1-E	V L1-E		X														
V L2-E	V L2-E			X													
V L3-E	V L3-E				X												
Not used	V(2)-1						X										
I L1	I L1							X									
I L2	I L2								X								
I L3	I L3									X							
Not used	I(2)-1											X					
Not used	I(2)-2												X				
Not used	I(2)-3													X			

Kuva 10. käytössä olevien jännite- ja virtalähtöjen hallinta.

Analog Outputs -kohdasta voidaan koestukselle tarpeettomat jännite- ja virtalähdöt, poistaa käytöstä. "X"-ruudussa tarkoittaa, että lähtö tai tulo on käytössä (kuva 10).

Hardware Configuration																			
General			Analog Outputs				Binary / Analog Inputs				Binary Outputs		DC Analog Inputs						
Test Module Input Signal	Display Name	Connection Terminal	CMC356 ?????																
			1+	1-	2+	2-	3+	3-	4+	4-	5+	5-	6+	6-	7+	7-	8+	8-	9-
Trip	Trip		X																
Start	Start				X														
Not used	Bin. in 3					X													
Not used	Bin. in 4							X											
Not used	Bin. in 5								X										
Not used	Bin. in 6									X									
Not used	Bin. in 7										X								
Not used	Bin. in 8											X							
Not used	Bin. in 9												X						
Not used	Bin. in 10													X					
Not used	Bin. in 11														X				
Not used	Bin. in 12															X			

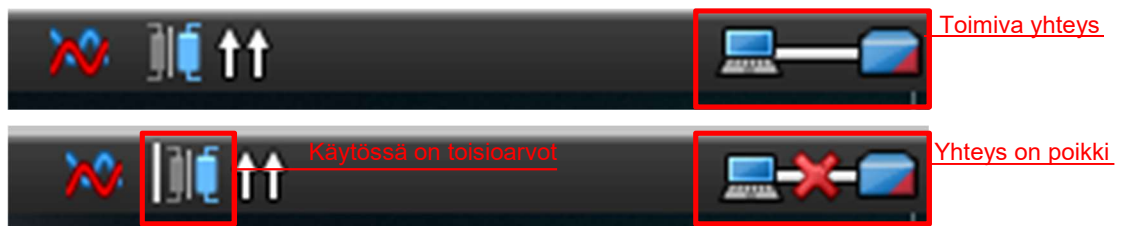
Kuva 11. Binäärituloja voidaan hallita "Binary / Analog Inputs" - kohdasta.

Binäärituloja hallitaan välilehdestä "Binary / Analog Inputs". Välilehdestä säädetään myös binääritulojen tulosignaaleja, esimerkiksi mille kanavalle "Trippi" -signaali tulee. Kanavat voidaan myös säätää potentiaalivapaiksi Potential Free -kohdasta (kuva 11). Binäärilähtöjen hallinta hoituu Binary Outputs -välilehdeeltä (kuva 12).

Hardware Configuration															
General			Analog Outputs		Binary / Analog Inputs				Binary Outputs		DC Analog Inputs				
Test Module Output Signal	Display Name	Connection Terminal	CMC356 ??????												
			1+	1-	2+	Relay Outputs			Transistor Outputs						
						2-	3+	3-	4+	4-	11	12	13	14	N
Bin. out 1	Bin. out 1		X												
Bin. out 2	Bin. out 2				X										
Bin. out 3	Bin. out 3						X								
Bin. out 4	Bin. out 4								X						
Not used	Bin. out 5										X				
Not used	Bin. out 6											X			
Not used	Bin. out 7												X		
Not used	Bin. out 8													X	

Kuva 12. Binäärilähtöjen hallinta.

Toinen huomion arvoinen seikka jokaista koestusmoduulia käytettäessä on oikeassa alakulmassa sijaitseva "alapalkki". Alapalkki antaa käyttäjälle visuaalista informaatiota koestuksen kannalta tärkeitä asioista, kuten onko käytössä ensiö- vai toisioarvot, sekä onko yhteys CMC:n ja tietokoneen välillä toimiva. (Kuva 13.)



Kuva 13. Alapalkista näkyy, ovatko arvot ensiö- vai toisioarvoja, sekä onko yhteys CMC:n ja tietokoneen välille muodostettu.

Omicronin Ohmin laki

Omicronin Ohmin laki ei viittaa sähköoppiin, vaan sillä tarkoitetaan tässä tapauksessa tietoja, jotka koestajalla tulee olla ennen koestustoimenpidettä: Test Object, Hardware Configuration sekä Test Module. Näillä tarkoitetaan koestettavan kohteen nimellisarvoja, koestavan laitteen sekä verkon nimellisarvoja, että käytettävää koestusmoduulia. Koestettavan releen tiedot saadaan releen manuaalista tai ne voidaan myös mahdollisesti lukea releen näyttöpäätteeltä.

5.2 Ramping

Ramping -moduulilla voidaan simuloida nousevaa ja laskevaa virtaa sekä jännitettä riipuen koestuskohteesta. Tämä tapahtuu rakentamalla koestuskuvaajia eli ramppeja. Moduulilla voidaan rakentaa useita ramppeja, joilla jokaisella voi olla eri kulmakertoimet tai lähtö- ja päätearvot.

Ramppien rakennus voidaan aloittaa välilehdeltä "Ramps", josta voidaan halutessa lisätä koestukseen ramppeja. Esimerkiksi haluttaessa koestaa releen havahtumis- ja lepoarvoja voidaan tehdä kaksi ramppia, joista toinen kuvaa nousevaa virtaa ja toinen laskevaa virtaa. Tällöin olettaen releen havahtumisarvon olevan 1,8 A ja toleranssin 3 %, voidaan rampin lähtö- ja päätearvoina käyttää 0,8 sekä 1,2 kertaisia releen nimellisarvoja.

Jotta tuloksesta tulisi mahdollisimman tarkka ja paikkansapitävä, tulee Delta sekä dt eli virran ja ajan muutos valita niin, että toleranssialueen sisälle osuu useampi nousu- tai laskuporras. Esimerkiksi:

$$\Delta I = \frac{3 \% \times 1,8 A}{4} = 14 mA$$

jolloin saadaan yhden portaan korkeudeksi 14 mA. Tällöin toleranssialueen sisälle osuu neljä virtapykälää. "Test view" -ikkunasta tulee valita haluttu syöttömuoto kuten "Direct", sekä oikeat virta- tai jännitelähdöt "Signal" -alasetoalistokosta. "Quantity 1" -alasetoalistokosta valitaan "magnitude", eli suureisarvo. Dt eli ajanmuutos tulee olla suurempi kuin releen nimellinen viive. Koestuksen tulee siis viipyä releen toleranssialueella niin kauan, että rele ehtii reagoida.

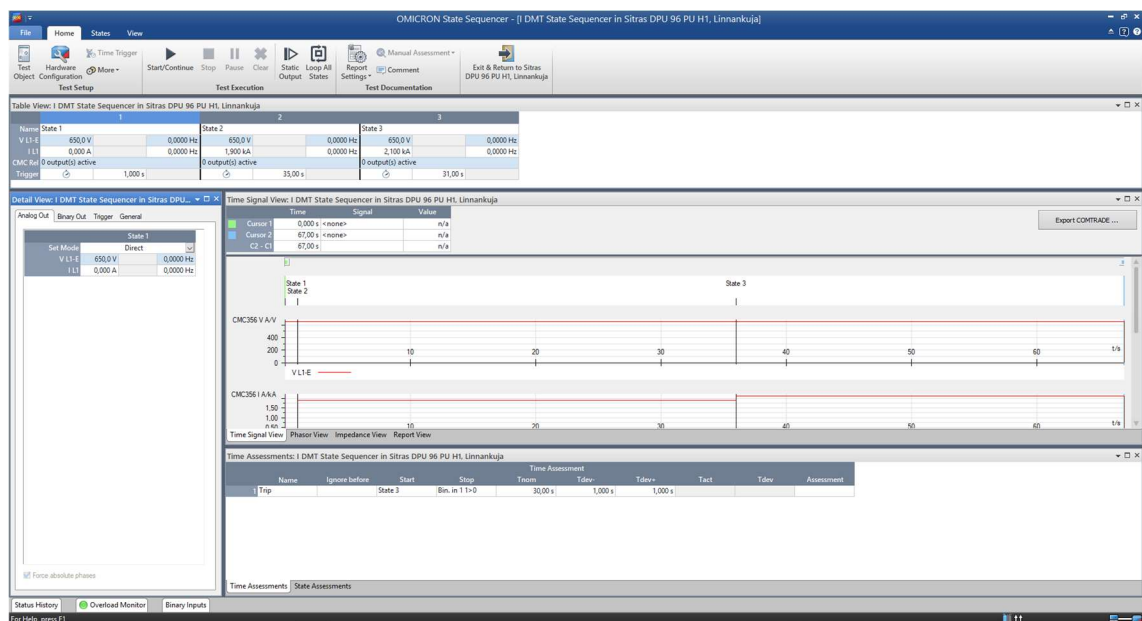
Tämän jälkeen voidaan rampeille asettaa lopetusehdot "Detail view" -ikkunasta kohdasta "Trigger". Mikäli binääritulot ovat asetettu Test Objectissa oikein, tulisi tässä kohtaa riittää, että valitaan lopetussignaaliiksi "binary trigger" sekä nousevalle rampille tilamuutos 0 -> 1 ja laskevalle rampille 1 -> 0. Tällöin CMC:n saadessa tiedon releen havahtumisesta virrannousu loppuu ja virtaa laskeva ramppi aktivoituu. Lasku ja koestus tulisi tällöin myös loppua, kun rele siirtyy lepotilaan, eli "binary trigger" siirtyy tilasta 1 tilaan 0.

5.3 Pulse Ramping

Pulse Ramping -on moduuli, jolla voidaan koestaa samoilla koskettimilla toimivia moniportaisia suojausfunktioita. Kuten Ramping -moduulissa, voidaan Pulse Ramping -moduulilla myös rakentaa nousevia ja laskevia ramppeja sillä erolla, että ramppi voidaan asettaa nostamaan arvoa pulssimaisesti, jolloin lopputuloksena on pylväsdiagrammin näköinen koestuskuvaaja. Tästä ominaisuudesta on hyötyä etenkin korkeamman portaan, I>>, suojausfunktion koestamisessa missä vasteajan tulee olla lyhyt. Pulse Ramping -moduulia ei kuitenkaan tarvita tämän ohjeen käsittelemän releen koestuksessa, joten siihen ei kiinnitetä tällä kertaa tarkemmin huomiota.

5.4 State Sequencer

State Sequencer -moduuli sopii erityisesti pitkäaikaisten poikkeustilojen simulointiin, kuten I_{DMT} – suojausfunktion koestamiseen. Erotten Ramping -moduuleista, State Sequencerilla koestuskuvaaja rakennetaan jaksoista eli ”State” -palikoista. Näille palikoille voidaan antaa omat käskynsä, jotka CMC suorittaa numerjärjestyksessä (kuva 14).



Kuva 14. State Sequencer -moduuli.

Jokaiselle palikalle voidaan asettaa oma ehtonsa, jonka jälkeen CMC siirtyy seuraavaan palikkaan. Ehdoksi on mahdollista määrittää binääritulon tilanmuutos, aika tai molemmat edellä mainituista. Tässä tapauksessa ehdoksi on asetettu aika, eli CMC syöttää ensin

0 A virtaa releelle 1 sekunnin ajan, jonka jälkeen siirtyy seuraavaan palikkaan. Seuraavaksi on vuorossa 1900 A 35 sekunnin ajan, jolloin releen ei tule laueta. Kun aika on kulunut, siirtyy CMC viimeiseen palikkaan eli varsinaiseen poikkeustilaan, johon releen tulisi reagoida. Tässä tilassa releelle syötetään 2100 A 31 sekunnin ajan, kun vastaavasti releen asetellut ovat 2000 A 30 sekunnin ajan, eli I_{DMT} suojausfunktion tulisi aktivoitua ja releen laueta (kuva 14). Tällä koestuksella pyritään todentamaan, että rele toimii halulla tavalla asetteluarvon molemmin puolin. Kyseinen koestus on mahdollista toteuttaa myös Ramping -moduulilla.

6 Siemens Sitras PRO

Tässä luvussa käsitellään Sitras PRO -tasavirtarelettä ja siihen liittyviä koestustoimenpiteitä. Kappaleessa käytetyt arvot eivät päde yleisesti kaikkiin Sitras PRO -releisiin. Aina koestusta tehtäessä tulee selvittää kyseisen releen asetellut tilannekohtaisesti. [6] [5.]

6.1 Tasavirtarele Sitras PRO

Sitras PRO on Siemensin valmistama modulaarinen tasavirtarele, jota käytetään joukkoliikenteen DC-sovelluksissa kuten metroissa ja raitioliikenteessä aina 3000 VDC:hen asti. Sen tehtävänä on suojata DC -kojeistoa, katkaisijaa sekä ajolankaa/virtakiskoja että niiden yhdyskaapeleita vikatilanteilta. Tässä tapauksessa tarkastellaan raitioliikenteen tasavirtasovelluksia. Sitras PRO on moniosainen rele, joka koostuu seuraavista yksiköistä: Sitras PRO CU, Sitras PRO HMI, Sitras PRO BA ja Sitras PRO CM.



Kuva 15. Sitras PRO. Ylhäältä oikealle, Sitras PRO Central Unit, Sitras PRO Human Machine Interface, Sitras PRO Buffer Amplifier.

Sitras PRO CU -Central Unit eli keskusyksikkö on relekojeiston aivot ja syöttää virtaa muille kojeiston Sitras PRO osille sekä suorittaa releen suojaus- ja kontrollifunktiot. Sen sisällä on 32-bittinen mikroprosessori, ja se suorittaa kaikki toimintansa digitaalisesti. Sitras PRO HMI -Human Machine Interface on releen näyttöpääte, josta voidaan kontrolloida ja selata mm. releen asetteluarvoja sekä vikalokia. Sitras PRO BA-DC Buffer Amplifier eli DC -puskurivahvistin hoitaa jännitteen ja virran mittauksen, sekä huolehtii galvaanisesta erotuksesta. Puskurivahvistin välittää mittatiedon edelleen keskusyksikölle, joka suorittaa suojausfunktiot ja ohjaa koskettimiensa välityksellä tarvittaessa katkaisijaa. (kuva 15) [4, s. 2.]

Asiakkaan vaatimukset

Relekoestusta tehdään NRC Group Finlandin toimesta. Asiakas on asettanut koestukselle vaatimuksia, joiden puitteissa koestus tulee suorittaa. Koestus on suoritettava Omicron koestuslaitteella, ja koestuksesta tulee toimittaa valmis Omicron -raportti asiakkaalle. Releestä tulee koestaa seuraavat asetteluarvot:

- ylivirtasuojaus
 - I_{MAX}, I_{DMT}
- suojaus virran nousuun
 - $di / dt, \Delta I$
- syöttökaapelin suojaus
- katkaisijan suojaus
- kaapeleiden ylikuumentumissuojaus

6.2 Koestusvälineistö

Koestustoimenpidettä valmisteltaessa tulee huomioida käytettävissä oleva välineistö, sekä varautua paikan päällä ilmeneviin ongelmiin. Esimerkiksi katkaisijakennoissa liittimille ei aina löydy helposti liityntäkohtaa. Tämän takia on hyvä varmistaa ennen kohteeseen lähtöä, että mukana on useamman kokoisia liittimiä ongelmilta välttyäkseen. CMC:n oma laukku sisältää kaiken tarvittavan onnistuneen koestustoimenpiteen läpivientiin, tämän takia inventaariota laukun sisällöstä tulisi pitää säännöllisin väliajoin. Tämä koskee myös laitteiston kuntoa, joka tulisi myös tarkastaa vähintään pintapuolisesti säännöllisesti. Omicron lupaa laitteen säilyttävän nimellisarvonsa vuoden tehdaskalibroinnista eteenpäin. Tämän jälkeen tulee CMC kalibroida uudelleen mahdollisimman tarkkojen ja todellisten tulosten saamiseksi. Työkohteelle lähdetessä tulisi mukana vähintään olla seuraavat koestustyökalut sekä laitteet:

- Omicron CMC 356
- Test Universe -ohjelmiston sisältävä tietokone (Acer kannettava tietokone)
- maadoituskaapeli (CMC 356)
- virtajohto
- shunttivastus C -Shunt 10
- banaaniliitin kaapeli (musta) x 4
- banaaniliitin kaapeli (punainen) x 6
- ethernet -kaapeli (RJ45)

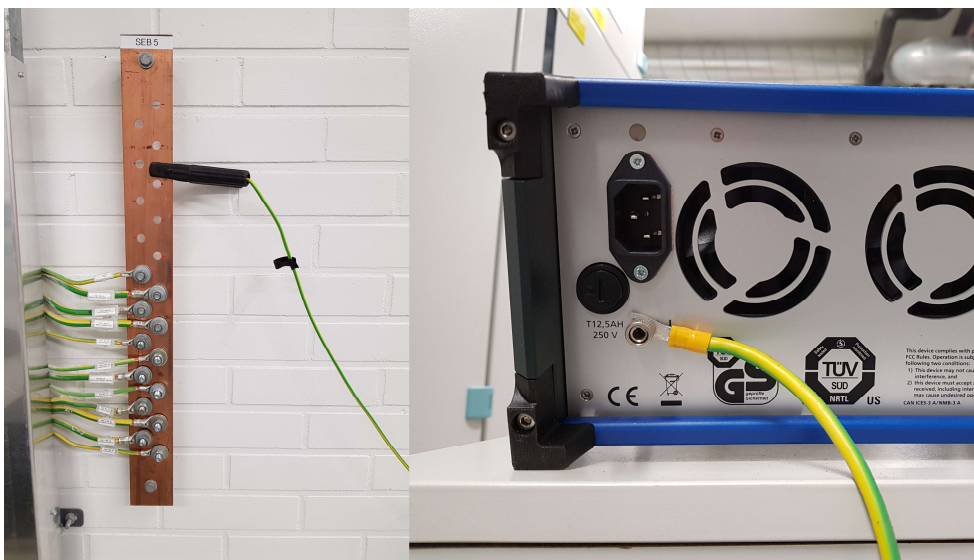
- banaaniliitin naaras – 1,5 mm Cu x 4
- banaaniliitin uros x 1
- yleismittari
- ruuvitaltta (henkilökohtaiset työkalut on hyvä olla mukana liittimien sekä muovisuojien avausta varten).

6.3 Aloitustoimenpiteet sekä työturvallisuus

Sähkötyöturvallisuus

Ennen koestusta on tärkeää huolehtia sähkötyöturvallisuudesta, jotta välttyttäisiin tavara- ja henkilövahingoilta. Koestusta tehdessä tulee noudattaa sähkölakia sekä muita ohjeita ja standardeja. Koestus tulee suorittaa jännitteettömänä, mutta koestuskohteiden luonteenmukaisesti työalueen läheisyydessä saattaa olla jännitteellisiä osia koestuksen aikana. Turvallisen työskentelyn takaamiseksi tulee noudattaa SFS 6002-6.2.1 mukaisia ohjeita jännitteettömän työn teossa:

1. täydellinen erottaminen
2. jännitteen kytkemisen estäminen
3. laitteiston jännitteettömyyden toteaminen
4. työmaadoittamisen suorittaminen (kuva 16)
5. suojaus lähellä olevilta jännitteisiltä osilta. [3, s. 25.]



Kuva 16. Maadoitusjohtimen liittäminen CMC:n ja maadoituskiskon välille.

Aloitustoimenpiteet

Saavuttaessa työkohteelle tulee aina ensimmäisenä suorittaa kytkentäohjelman veloitamat toimenpiteet. Vasta tämän jälkeen voidaan siirtyä koestukseen sekä sitä alustaviin toimenpiteisiin. [8.]

Esimerkkinä työohjeessa käytetään Kallion Hakaniemenkadun raitiotien sähkönsyöttöaseman kennoa +H12 (kuva 17). Työohjeen tekoaikana kyseinen kenno on ollut varalla, joten työskentely kennolla ja releellä ei ole aiheuttanut keskeytyksiä tai häiriöitä sähkönsyötölle. Kenno on myös suurimmaksi osaksi ollut jännitteetön, lukuun ottamatta pääkiskoja, jossa kulkee 750 VDC. Pääkisko on siitä syystä jännitteellinen, koska muut viereiset kennot ovat olleet raitioliikenteen käytössä, joten täysi jännitteettömyys työohjeen teko-aikaan ei ollut mahdollista. Normaali koestustilanteessa kennon tulee kuitenkin olla täysin jännitteetön, mutta sähkötyöturvallisuuden kannalta tulee kojeistoon aina suhtautua jännitteellisenä. [7.]



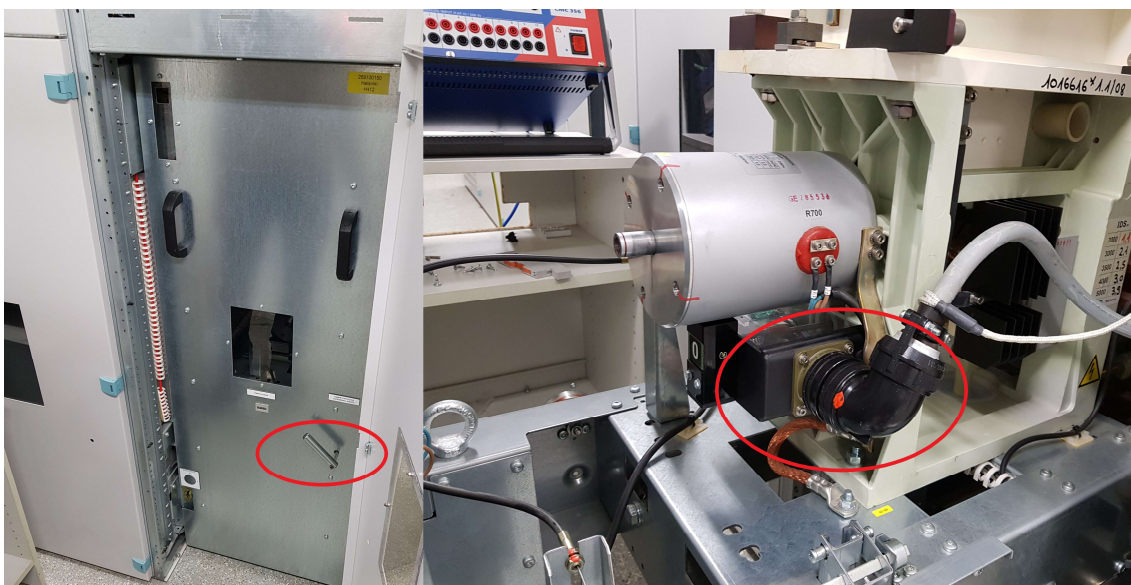
Kuva 17. Kenno +H12.

Aloitettaessa koestusta tulee ensin todeta jännitteettömyys sekä selvittää läheisten osien jännitteellisyys. Kun jännitteettömyys on todettu, voidaan maadoitusjohdin kytkeä läheisen maadoituskiskon ja CMC 356:n välille. Maadoitusjohdin kytketään CMC:n takana sijaitsevaan kierrettävään maadoitusliittimeen (kuva 16). Onnistuneen koestuksen ehtona on myös kohteen piirikaavioiden ja piirustusten paikkansa pitävyys ja olemassaolo. Jos piirustuksia ei ole tai ne eivät ole ajan tasalla, voi koestuksen tekeminen osoittautua lähes mahdottomaksi, eikä sen tekemistä sähkötyöturvallisuuden näkökulmastaan suositella tehtäväksi.

Kun maadoitusjohdin on kytketty, voidaan CMC ja tietokone kytkeä toisiinsa Ethernet-johdolla. Tässä vaiheessa on hyvä todeta, että yhteys CMC:n ja tietokoneen välillä toimii. Tietokoneeseen ja CMC:hen tulee kuitenkin kytkeä virta ennen kuin yhteys voi muodostua. Avaamalla Test Universe ja Test Set Association voidaan nähdä, tunnistavatko tietokone ja CMC toisensa. Yhteyden toimivuudesta voidaan varmistua myös avaamalla QuickCMC -moduuli, jonka alapalkista oikealta nähdään, mikäli yhteys on ehyt tai katkennut (kuva 13).

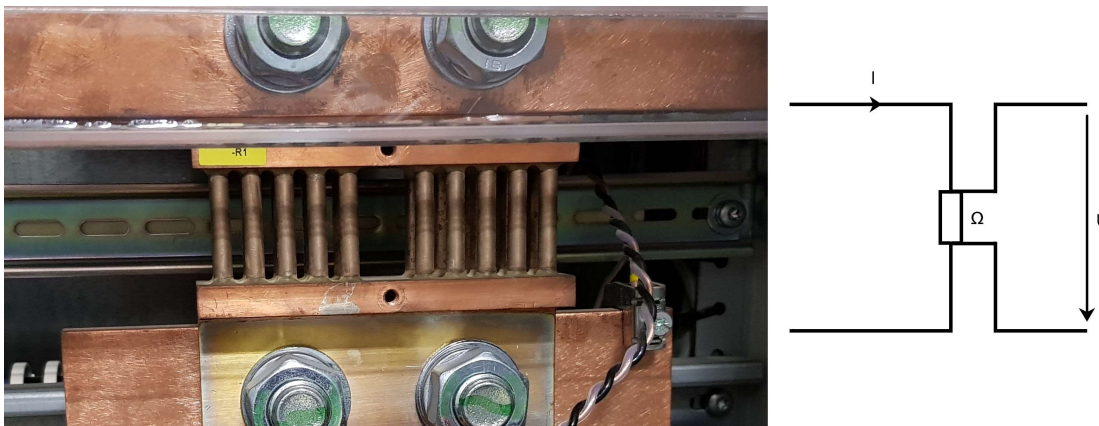
Toimivan yhteyden muodostuttua voidaan virta CMC:stä katkaista ja keskittyä kytkennän tekoon. Ennen kuin kytkentää voidaan kuitenkaan aloittaa tekemään, on katkaisija vedettävä pois kennosta. Sitras PRO BA sijaitsee kennossa katkaisijan takana ja siihen käsiksi pääseminen katkaisijan ollessa paikallaan on näin ollen mahdotonta.

Katkaisijan vetämiseksi ulos kennosta tulee sen lukitus vapauttaa sen etuseinässä sijaitsevasta vivusta samalla vetäen varovasti katkaisijaa ulos. Ennen kuin katkaisija voidaan täysin vetää ulos kaapista, on siitä vielä irrotettava yhdyskaapeli. (Kuva 18.)



Kuva 18. Lukituksen vapautuskahva (vas.) ja katkaisijan yhdyskaapeli (oik.).

Jotta kytkentää päästäisiin tekemään on Sitras Pro BA:n edestä vielä irrotettava muutama suojamuovi. Muovit tulee irrottaa niin, että päästään käsiksi BA -moduuliin sekä shunttivastukseen. Shunttivastusta käytetään rajoittamaan virran suuruutta, sillä liian korkea virta voi vahingoittaa katkaisijaa ja muuta DC -laitteistoa. Shunttivastus on resistiivinen elementti, joka on valmistettu kahdesta johtavasta metallista. Shunttivastusta käytetään myös virran suuruuden määrittämiseen mittaamalla vastuksen yli vaikuttavaa jännitettä. (Kuva 19.)



Kuva 19. Shunttivastus kennon perällä, sekä shunttivastuksen toimintaperiaate.

6.4 KytKentä

Tässä tapauksessa käytössä on Omicronilta saatu Test Document -pohja, joten uutta omaa pohjaa Test Objecteineen ei ole tarvetta tehdä. Seuraavaksi avataan siis Test Universestä Control Centerin alta "Open Existing Test Document" jos valmis pohja on jo saatavilla, tai "Open Omicron Test Library" jos releelle tiedetään löytyvän pohja Omicronin omasta kirjastosta. Sitras PRO -releelle koneelta löytyy pohja, joten tässä esimerkissä käytetään kyseistä pohjaa.

Test Documentista löytyy kohta "Connection Diagram" joka auttaa kytkennän teossa (kuva 20). Kuvaa katsoessa tulee tietää kuitenkin se, että raitiliikenteen sovelluksissa kytkennän napaisuus on väärä ja tällä kytkennällä CMC lähettää releelle väärän suuntaista virtaa. Tämä on kuitenkin helppo korjata vaihtamalla vaihe- sekä nollajohtimien paikkaa CMC:n etupaneelissa.

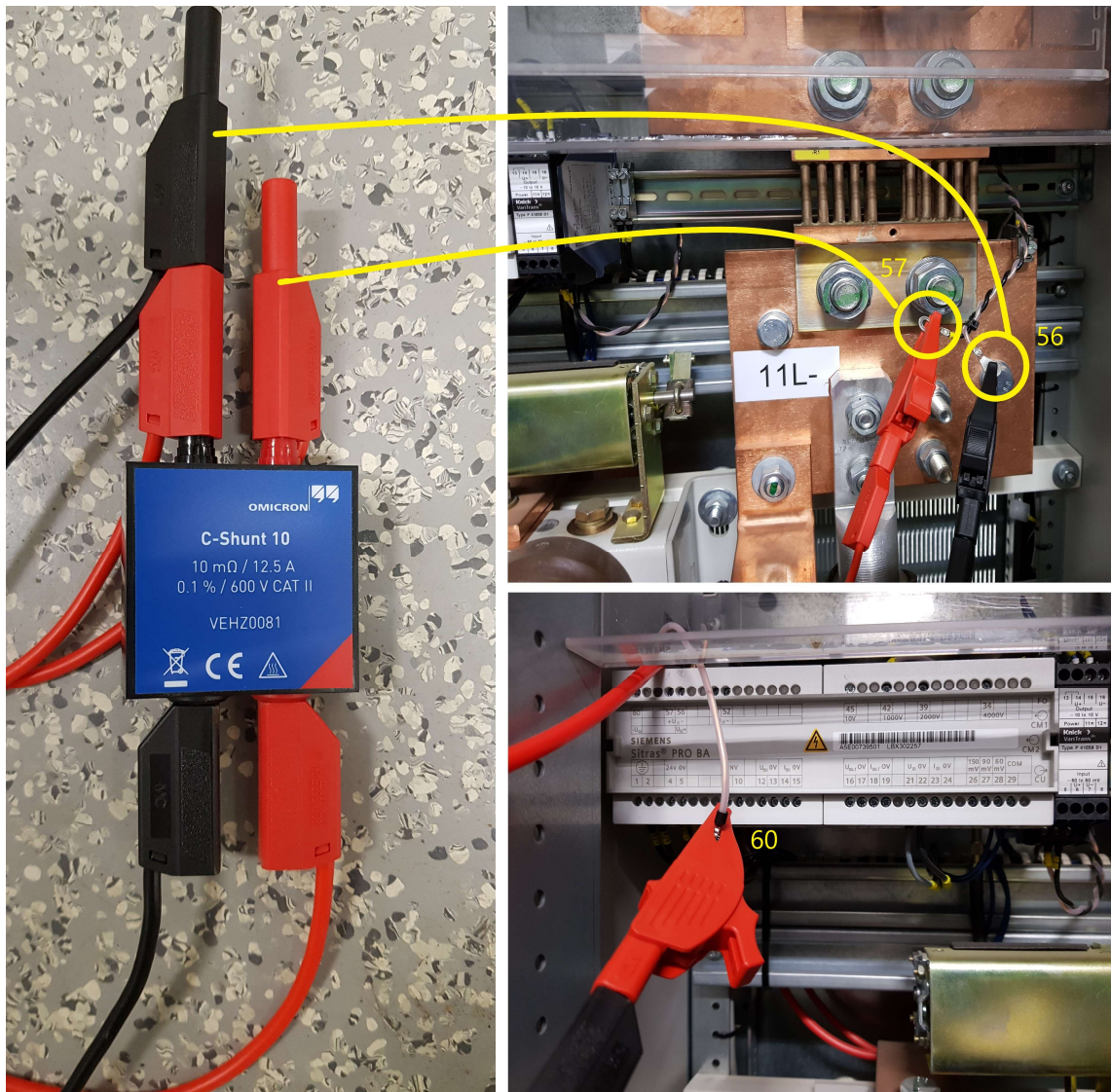


Kuva 20. Korjattu kytkentäkaavio vastaamaan raitiovaunuliikenteen syöttöasemilla tehtäviä koestuksia.

Kytkenän tekeminen aloitetaan kennon sisältä Sitras PRO BA:lta. Ensimmäisenä tulee irrottaa johdot shunttivastukselta BA:lle shunttivastuksen puolelle niin, että liittimien päihin päästään käsiksi. Johdot shunttivastukselta kulkevat BA:n liittimille 56 ja 57. Kun johdot vastuksen puolelta on irrotettu, tulee seuraavaksi irrottaa yhdyspiuha BA:n liittimeltä 60 liittimelle 45 niin, että 60 jää kytketyksi ja johdon toiseen päähän päästään käsiksi puristusliittimillä eli "hauenhampailla".

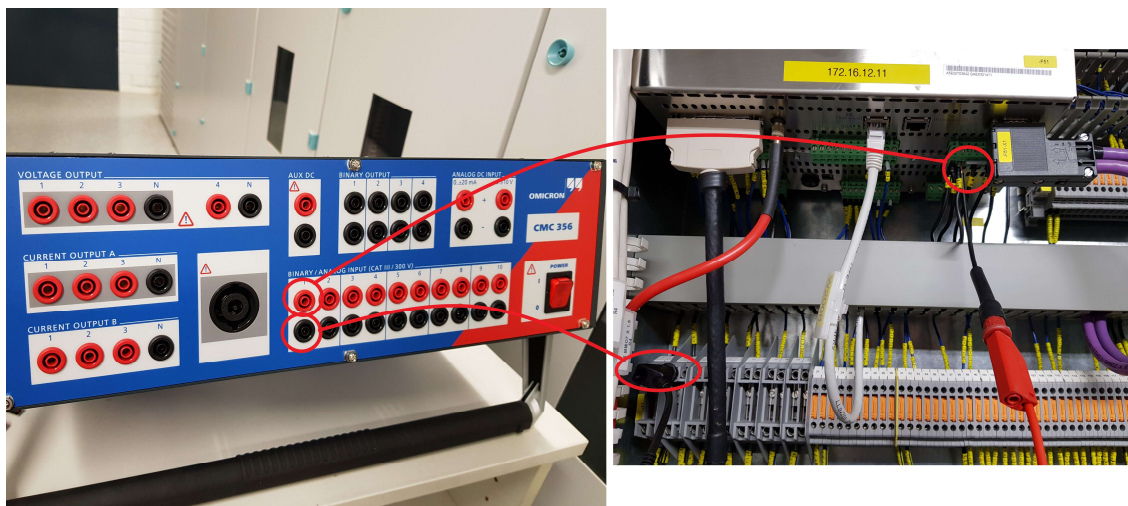
Kytkenään CMC:ltä Sitras PRO BA:lle käytetään Omicronin 10 mΩ:n shunttivastusta C-shunt 10. CMC:n virtalähdöstä yksi vaihe ja nolla kytketään C-shunt 10:n naaraspuolelle. Jännitelähdön nolla voidaan kytkeä C-shunt 10:n urospuolen nollaan ja vaihe tulee kytkeä BA:lta irrotetun yhdysjohdon päähän eli liittimelle 60.

C-shunt 10:n nollassa lähdetään BA:n liittimelle 56, eli tässä tapauksessa kennon shunttivastukselta irrotetuista johtimista läpinäkyvälle. C-shunt 10:n vaihepuoli yhdistetään vastaavasti mustaan johtimeen (kuva 21). Johtimet tulee kuitenkin paikan päällä varmistaa seuraamalla mille koskettimelle ne päättyvät. Nyt CMC:n jännite- ja virtalähdöt on yhdistetty, joten seuraavaksi tulee kytkeä binääritulot Sitras PRO CU:lle.



Kuva 21. Kytkeä Omicronin omalta shunttivastukselta releelle (vas.), sekä jännitelähdöltä releelle (oik. ala).

Sitras PRO CU sijaitsee näyttöpäätteen, eli HMI:n takana kennon ylemmässä kaapissa. CMC:n binääritulot tulee kytkeä CU:n koskettimille X22:2 sekä X22:1. X22:2 -koskettimelle kytkeminen voidaan suorittaa suoraan liittimelle, mutta X22:1:n kanssa todettiin, että se on helpointa kytkeä 48 V nollapuolelle lähimpään liityntäkohtaa banaaniliittimellä. (Kuva 22.)

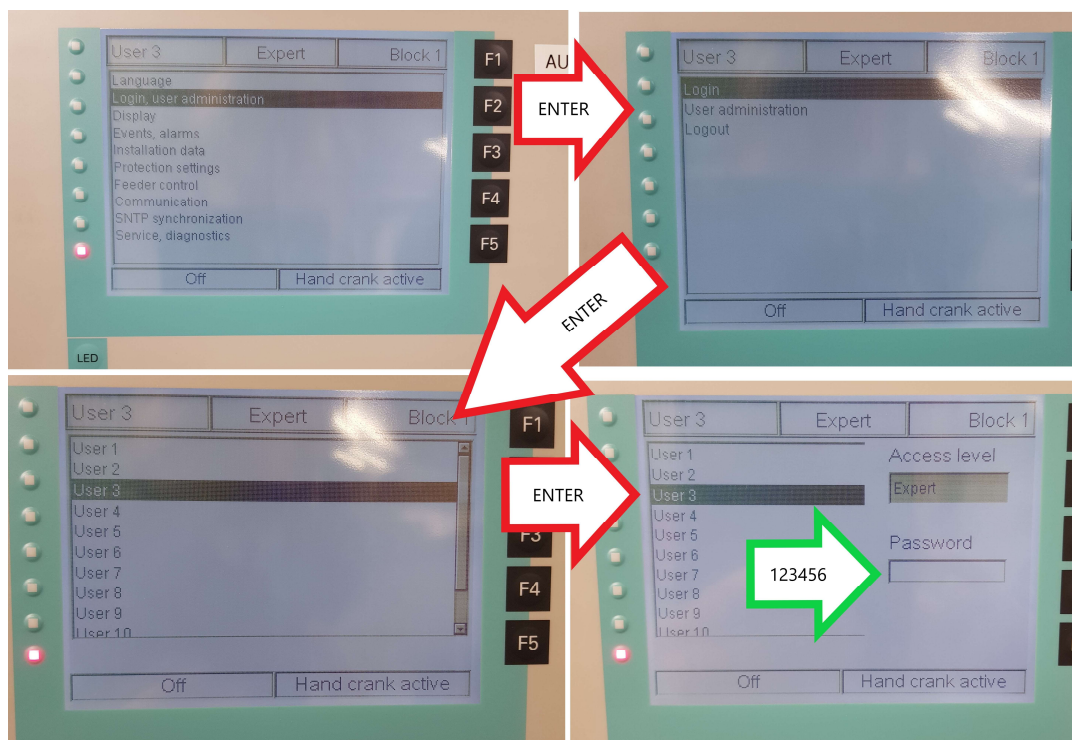


Kuva 22. Binääritulojen kytkentä releelle, sekä nollapuolelle.

Nyt kun kytkentä on valmis, voidaan katkaisija liittää takaisin kennoon. Katkaisijan voidaan työntää sisälle niin, että kytkennän johdot eivät vahingoitu vaan jäävät roikkumaan katkaisijan päälle. Katkaisijan yhdyskaapeli tulee kiinnittää, jotta rele toimii halutulla tavalla.

6.5 Asetteluarvojen syöttö

Seuraavaksi tulee kirjautua releeseen sisälle, jotta nähtäisiin releen asetteluarvot. Tämä tapahtuu Sitras PRO HMI -näyttöpäätteeltä. Näyttöpäätteeltä tulee ensin painaa painiketta "MENU", joka vie käyttäjän päävalikkoon. Tästä päävalikosta päästään käsiksi mm. asetteluarvot sisältävään "Protection Settings" -osioon, tai "Events, alarms" -osioon, josta näkee mikä suojausfunktio on releen laukaissut. Valikosta päästään myös kirjautumaan sisään osiosta "Login, user administration". Kaikissa alavalikoissa voidaan liikkua nuolinäppäimillä ja siirtyä eteenpäin "ENTER" -painikkeella, ja taaksepäin "ESC" -näppäimellä. Liikutaan nuolinäppäimillä edellä mainittuun kohtaan ja painetaan "ENTER". Tämän jälkeen liikutaan kohtaan "Login" ja valitaan käyttäjäksi "User 3" ja syötetään salasana "123456". Nyt päästään katsomaan releen asetteluarvoja. Asetteluarvoja tarkastellessa tulee kuitenkin olla varovainen, sillä User 3 -käyttäjä omaa oikeudet myös niiden muokkaamiseen. (Kuva 23.)

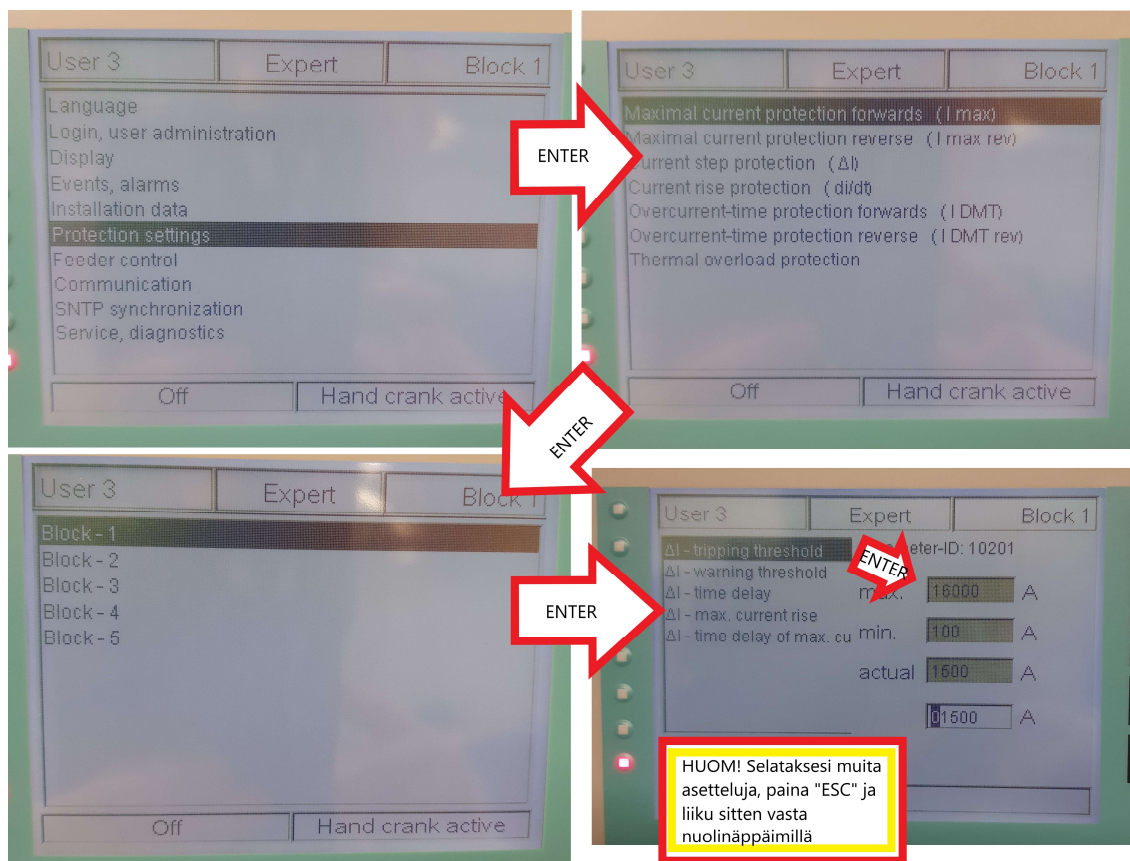


Kuva 23. Kirjautuminen releellä käyttäjällä "User 3".

Huomio:

Asetteluarvoja tarkastellessa tulee numerovalikoissa liikkua pelkästään näppäimillä "Enter" ja "Esc". Jos numerovalikoissa liikkuu nuolinäppäimillä, saattaa se muuttaa asetteluja.

Asetteluarvoihin päästään käsiksi Sitras PRO:n päävalikosta osiosta "Protection settings". Täältä nähdään kaikki releeseen asetetut suojausfunktioiden asetteluarvot. (Kuva 24.)



Kuva 24. Asetteluarvojen tarkastelu kohdasta "Protection settings".

Asetteluarvot tulee seuraavaksi syöttää Test Documentin kohtaan Test object, tai kuten tässä tapauksessa Sitras PRO -kohtaan. Tiedot syötetään Custom -valikon sisälle kohtaan Protection Settings. Tässä kohtaa voidaan varmistaa myös releen kohdetiedot, jos niitä ei vielä ohjelmaan ole syötetty. Koska halutaan syöttää releelle tasavirtaa, voimme valita Device -kohdan alta vaiheiden lukumääräksi kolme, ja nimellistajuudeksi valitaan 0 Hz. Tärkeää on myös, että muuntajan muuntosuhde on merkittynä Device -oksen alle oikein.

6.6 Koestus

Kytkenän testaus

Kun releen asetelut ja kohdetiedot ovat ajan tasalla, voidaan suorittaa kytkennän testaus. Tämä tapahtuu siirtymällä Test Documentin navigointipuussa kohtaan Wiring Check. Ohjelma avaa QuickCMC -moduulin, ja nyt voidaan Analog Outputs -kohtaan

syöttää jännitteelle ja virralle arvoja sekä seurata releen näyttöpäätteeltä (HMI) releen lukemia arvoja.

Tämä on helpointa suorittaa suhteellisen pienillä virran ja jännitteen arvoilla, jottei kaapelit kennon sisällä lämpenisi liikaa ennen varsinaista kaapelinsuojauskoestusta. Valitaan siis QuickCMC välilehdistä kohta "View", ja valitaan syöttöarvojen tilaksi toisioarvot, eli "secondary". Nyt voidaan palata välilehdelle "Home" ja vuorotellen syöttää releelle jännitettä sekä virtaa. Testaus voidaan aloittaa painamalla "Start" -nuolta ylävalikosta ja lopettaa painamalla ylävalikosta "Stop" -painiketta. Ensin syötetään jännitettä virran ollessa 0 A. Jännitteen arvoksi asetetaan 7 V, jolloin näyttöpäätteeltä tulisi lukea noin 700 V. Sama toistetaan virralle syötettävän jännitteen ollessa 0 V. Virran arvoksi asetetaan 1 A ja näyttöpäätteeltä tulisi lukea noin 500 A. Jos arvot eivät vastaa haluttuja, on kytkentä tai syötetyt muuntosuhteet mahdollisesti vääriä eikä koestusta tule suorittaa ennen kuin kytkentä on korjattu.

Releen laukaisun testaaminen

Seuraavaksi testataan, saadaanko rele laukeamaan. Jos katkaisija on yhdistetty kennoon oikein, ja CMC:n ja releen välinen kytkentä toimii, tulisi releen laukea normaalisti. Tämä voidaan testata QuickCMC -moduulilla, käyttämällä releen I_{MAX} -suojausfunktioita. Testi on hyvin yksinkertainen, ja sitä varten voidaan "View" -välilehdestä vaihtaa syöttöarvot ensioarvoiksi; "Primary". Nyt voidaan syötettäväksi jännitteeksi valita 0 V, ja virraksi lähellä maksimivirtaa oleva arvo, kuten esim. 3,00 kA. Tämän jälkeen alemmasta ikkunasta "Step/ Ramp" tulee signaaliksi valita virransyöttö eli "I L1". "Size" -kohtaan voidaan syöttää vaikkapa 100 A. Seuraavaksi tulee laukeamisen toteuttamiseksi painaa testaus käyntiin, sekä painaa "Step/ Ramp" -ikkunasta ylöspäin osoittavaa nuolta. Tämä nostaa virtaa 100 A ja releen tulisi laukea. Jos rele ei kuitenkaan heti laukea voidaan nuolta painaa toistamiseen, jolloin releen viimeistään tulisi laukea virran arvon ollessa 3,2 kA. Testaus tulisi loppua itsestään jos "Switch off" -laatikko on valittu kohdasta "On trigger". Testiä ei kuitenkaan kannata jatkaa kovin kauaa, sillä se johtaa releen muiden suojausfunktioiden aktivoitumiseen, ja kaapeleiden lämpenemiseen. Tämä viivästyttää kaapeleiden suojausfunktion koestusta.

Kun rele on saatu "trippaamaan" ja katkaisija on avautunut, tulee katkaisija laittaa kiinni -asentoon käsin. Tämä tapahtuu ensin nollaamalla releen näyttöpäätteeltä hälytykset painamalla HMI:n painiketta F1. Tämän jälkeen on katkaisija asetettava "kiinni" -tilaan

kennon sisältä manuaalisesti, kytkimestä ”katkaisija kiinni suoraan”. Kytkin sijaitsee näyttöpäätteen takana alaoikealla. Tämä tulee toistaa ennen jokaista koestustoimenpidettä, tai aina, kun rele on lauennut ja katkaisija on auennut. Nyrkkisääntönä on siis hyvä pitää sitä, että katkaisijan tulee aina olla kiinni ennen kuin rele voi laueta.

Kaapelinsuojaus

Kaapeliensuojausfunktio koestetaan myös QuickCMC -moduulilla. Rele ei itsessään mittaa lämpötilaa, vaan se laskee lämpötilan virran funktiona ja näyttää sen näyttöpäätteeltä valikosta ”Display”. Tämä voidaan koestaa syöttämällä releelle virtaa, joka ei aiheuta muiden suojausfunktioiden aktivoitumista, mutta kuormittaa kaapeleita sen verran, että lämpötila saadaan nousemaan.

I_{MAX} ja $I_{MAX REV}$

I_{MAX} ja $I_{MAX REV}$ koestetaan kummatkin Ramping -moduulilla. Ramping -moduulilla saadaan CMC syöttämään tasaisesti nousevaa virtaa releelle, kunnes rele laukeaa. Koestusta tehtäessä, on kuitenkin otettava huomioon seuraavaa: virran nousukulma tulee olla $< 40 \text{ A/ms}$, jotta se ei aktivoi di/dt -suojausfunktioita. Tämä arvo pitää paikkansa vain tässä esimerkissä, muissa tapauksissa tulee aina tarkistaa asetellut releestä.

		Signal 1						
Ramp	From	To	Delta	dt	d/dt	Steps	Time	Stop condition
Ramp 1	2,500 kA	3,200 kA	3,000 A	100,0 ms	30,00 A/s	235	23,500 s	Bin. in 1 1->0

Kuva 25. "Ramp states" - välilehdeltä voidaan luoda halutunlaisia testaus rampeja.

I_{MAX} -asetteluarvo määrää virtahaitarin, jota Ramping -moduulilla releelle syötetään. Ramp States -ikkunaan määritellään koestusvirran kuvaaja: alku- ja loppupiste sekä virran että ajan muutos, eli kuinka suurin askelin CMC virtaa nostaa ja kuinka usein. Tässä

tapauksessa on trippipistettä haettu 700 A alueelta ”From – To”. Periaatteessa hakualueen koko ei niinkään vaikuta muuhun kuin koestuksen keston, mutta riippuen releen iästä on siihen hyvä ottaa hieman pelivaraa. Deltaksi on asetettu 3 A ja dt:ksi 100 ms, eli CMC nostaa virtaa 3 A:lla joka 100 ms. Näillä ehdoilla kuvaajasta tulee luonnollisen näköinen ja tarkka. Toki kääntöpuolena on, että koestus kestää hieman kauemmin, mutta tulos on luotettavampi. (Kuva 25.)

Seuraavaksi tulee määrittää koestukselle läpikäynnin ehdot. Kun nämä ehdot täyttyvät, merkkää CMC koestuksen moduulista poistuttaessa automaattisesti läpäistyksi. Tämä tapahtuu ”Ramp Assessments” -ikkunasta. ”Nom.” -laatikkoon tulee merkata releen aseteluarvo, eli arvo, johon pyritään. ”Dev.- ja Dev.+” antavat sallitut liukumisrajat koestuksessa saadulle virran arvolle. Tulokseksi saatu arvo näkyy kohdassa ”Act.”, eli se on todellinen virran arvo, jolla rele saatiin ”trippaamaan”. Jos testi on läpäisty eli varsinainen arvo on pysynyt annettujen ehtojen sisällä, tulee ”Assesment” -laatikkoon vihreä merkintä, ja punainen jos testiä ei läpäisty. ”Tact” näyttää releen reagointiajan. (Kuva 26.)

Ramp Assessments											
	Name	Ramp	Condition	Signal	Nom.	Dev.-	Dev.+	Act.	Dev.	Assesment	Tact
1	Trip	Ramp 1	Bin. in 1 1->0	I L1	3,100 kA	25,00 A	25,00 A	3,100 kA	0,000 A	✓	9,400 ms

Kuva 26. Koestuksen reunaehdot, joilla koestus automaattisesti merkitään hyväksytyksi.

”Condition” tarkoittaa ehtoa, jota rampilla tarkastellaan. Eli tässä tapauksessa CMC:n binääritulon tilamuutosta yhdestä nollaan. Toisin sanoen siis CMC:n vastaanottaessa ”trip” – signaalin releeltä. Tämä ehto tulee olla sama kuin ”Detail view” -ikkunassa kohdassa ”Trigger”, ”Stop Condition”. Tämä tarkoittaa sitä, että signaali toimii samalla myös rampin lopetus ehtona. CMC:n saadessa siis signaalin releeltä, se lopettaa koestustoimenpiteen eli virran syöttö loppuu, sekä poimii kyseisen virran arvon ylös, jolla rele on lauennut ja vertaa sitä annettuun nimellisarvoon. Vastakkaissuuntainen maksimivirta $I_{MAX,REV}$ koestetaan samalla tavalla kuin I_{MAX} , mutta kytkennän napaisuutta tulee vaihtaa.

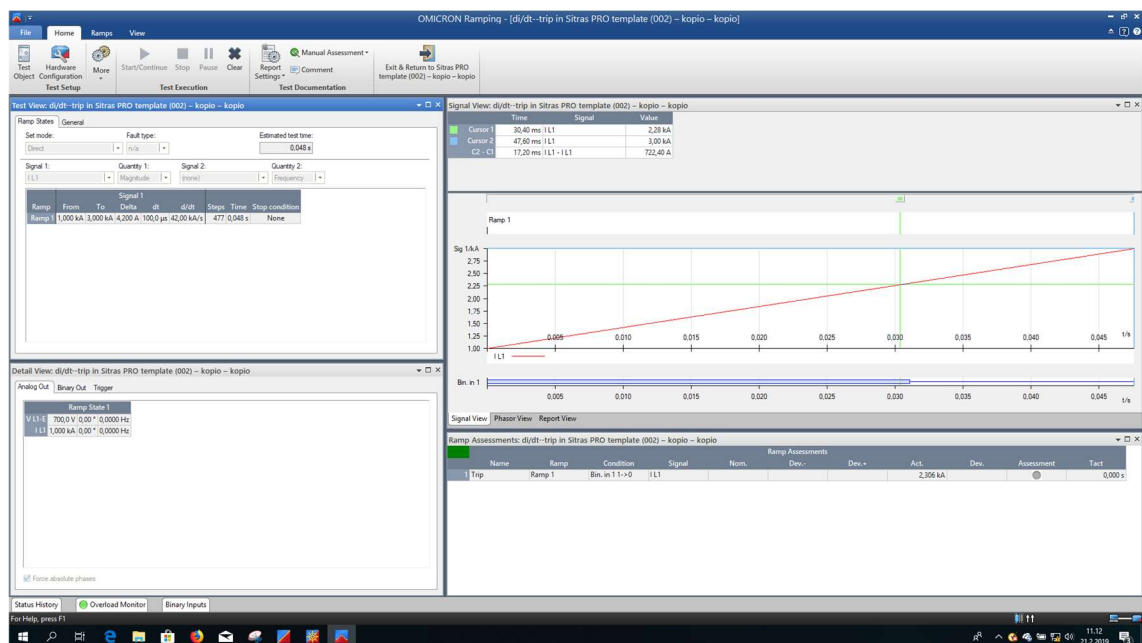
ΔI

Virran muutosta eli ΔI :tä testattaessa voi ongelmaksi nousta ehtojen määrittely niin, ettei testi aktivoi di/dt -suojausfunktiota. Tästä syystä kaikkia testejä voi olla vaikea suorittaa. Suositeltavaa kuitenkin on, että testeistä suoritetaan vähintään kaksi ensimmäistä.

Tässä testissä tärkeintä on kiinnittää huomiota virran nousukulmaan, virran nousun kes-
toon sekä virran muutokseen. Testeistä ensimmäisellä on tarkoituksena näyttää, ettei
rele laukea asetteluja alemmilla arvoilla. Toinen testi taas on tarkoitettu releen laukeami-
seen. Testit suoritetaan Ramping -moduulilla.

Di/dt

Virran muutosnopeus di/dt koestetaan kahdessa osassa Ramping -moduulilla (kuva 27).
Ensin koestetaan asetteluarvoa pienemmällä arvolla, jonka jälkeen sama koestus tois-
tetaan asetteluarvoa suuremmalla arvolla. Tässä testissä joudutaan koetus hyväksy-
mään käsin, sillä asetteluarvon alapuolella liikuttaessa ei releen tulisikaan lauetta. Aset-
teluarvon yläpuolella suojausfunktio taasen aktivoituu eikä käsin hyväksymistä välttä-
mättä tarvita. Tämä kuitenkin riippuu täysin koestukselle annetuista ehdoista. Ramping
-moduulia käytettäessä ei testin ehdoiksi voida asettaa virran muutosnopeutta.



Kuva 27. Di/dt -koestus.

Asetteluarvo tässä esimerkissä on 40 A/ms, joten koestusarvoiksi valitaan 38 A/ms ja 42 A/ms. 38 A/ms:lla releen ei tulisi lauetta, kun taas 42 A/ms:lla releen pitää lauetta, jotta se läpäisee testin (kuva 28). Rakennetaan siis Ramping -moduulilla sellainen testi, joka ei aktivoi releen toisia suojausfunktioita kuten maksimivirtasuojausta. Virran nousun alkupisteellä ja loppupisteellä ei muuten ole niin suurta merkitystä, kunhan se ei ylitä I_{MAX}

asetteluarvoa. Tässä esimerkkitapauksessa valitsimme koestusväliksi 1–3 kA, virranmuutokseksi 3,8 A ja 4,2 A sekä ajanmuutokseksi 100 μ s. Näillä arvoilla päästään haluttuihin 38 A/ms ja 42 A/ms koestusarvoihin.

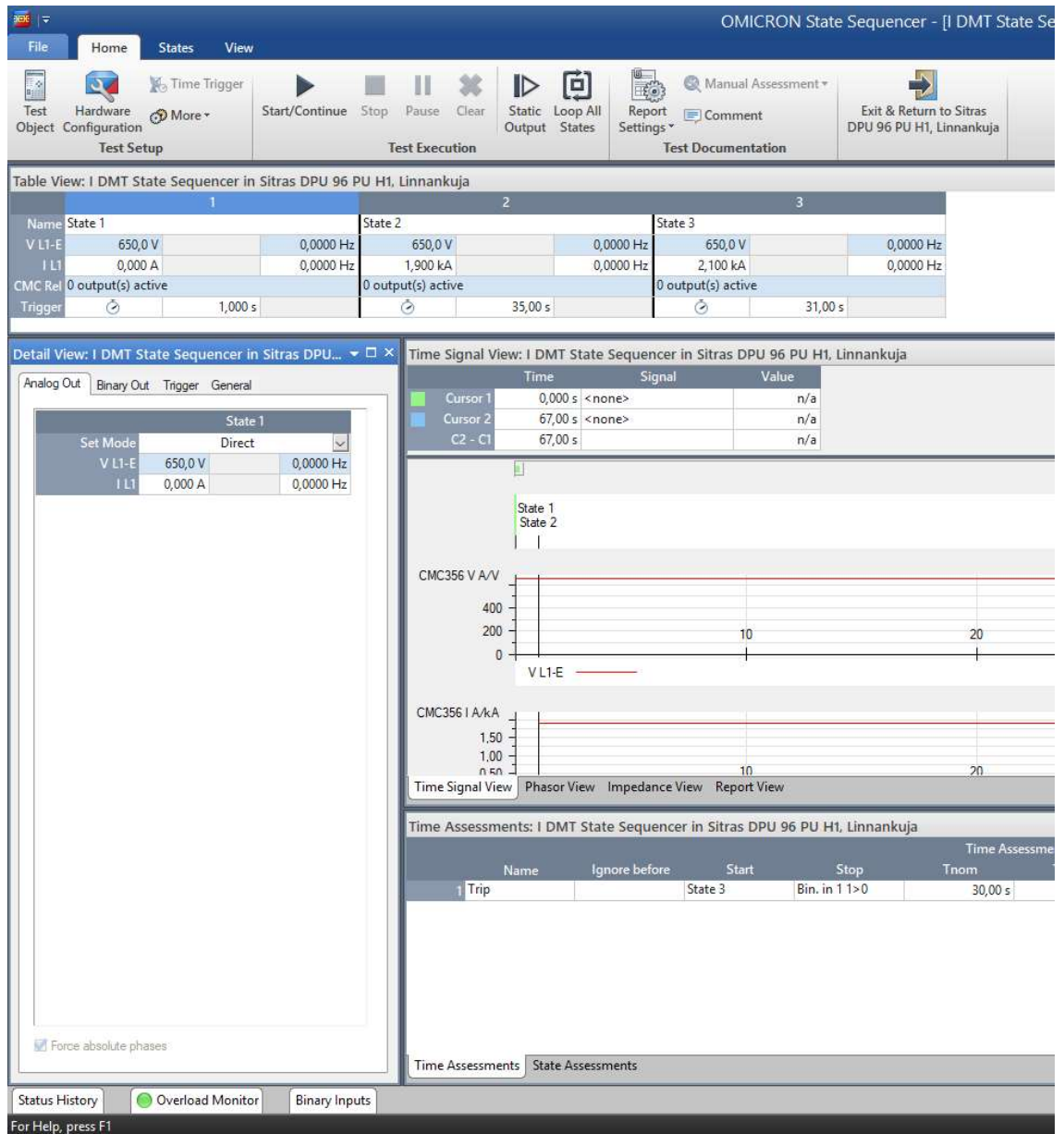
Ramp	From	To	Delta	dt	d/dt	Steps	Time	Stop condition
Ramp 1	1,000 kA	3,000 kA	4,200 A	100,0 μ s	42,00 kA/s	477	0,048 s	None

Kuva 28. Di/dt -testauksessa virran nousun suojausfunktiota testataan asettelu ylä- sekä alapuolelta.

Kun koestus on suoritettu ja CMC on ajanut testin läpi, tulee tulos hyväksyä tai hylätä käsin välilehdeltä "Home", kohdasta "Manual Assessment". Tämän jälkeen voidaan poistua takaisin Test Documentiin.

I_{DMT}

I_{DMT} , eli pysyvän virran maksimiarvo tietyn mittaisena aikana on helpointa testata State Sequencer -moduulilla. Tässä tapauksessa asetteluina oli 2000 A, 30 sekunnin ajan, jonka jälkeen rele laukeaa. Koestus aloitetaan avaamalla "IDMT (state sequencer)" -kohta Test Documentista. Tämän jälkeen lisätään kaksi "koestuspalikkaa" välilehdeltä "States". Näiden lisättyjen palikoiden tehtävänä on todentaa releen toiminta asetteluarvon ylä- ja alapuolella. Ensimmäiseen lisättyyn palikkaan voidaan kirjata arvo 1900 A ja asettaa "Detail view" -ikkunasta kohdasta "trigger" ehdoksi "timer", eli ajastin, sekä "binary trigger". Tämä mahdollistaa sen, että voidaan nyt "Table view" -ikkunassa kirjata kellokuvion viereiseen ruutuun kyseisen virran syötön keston, eli esimerkiksi 35 sekuntia. Tärkeintä on, että aika ylittää releen asettelu eli 30 sekuntia. Tämän palikan eli "State 2":n tarkoitus on varmistaa, ettei rele laukea asetteluarvon alapuolella. Seuraavaan palikkaan eli "State 3" halutaan kirjata asettelu ylittävät arvot eli esimerkiksi 2100 A ja 31 s. Lopetusehdoiksi voidaan asettaa "binary trigger" sekä "timer". Nyt koestusjana on valmis, joten koestus voidaan aloittaa painamalla "Start" -näppäintä. Koestus kestää noin minuutin ja tulisi päättyä itsestään. Kun koestus on valmis ja rele on lauennut, näkyy tulokseksi saatu ajan arvo "Time signal view" -ikkunassa kohdassa "Tact". (Kuva 29.)



Kuva 29. State Sequencer -moduuli. Kuva ylä osassa näkyvät osiot "State 1", "State 2" ja "State 3". Nämä ovat koestustoimintoja, jotka CMC suorittaa numerojärjestyksessä.

6.7 Lopputoimenpiteet

Kun koestus on saatu päätökseen, tulee kytkentä purkaa sähkötyöturvallisuutta noudattaen seuraavassa järjestyksessä:

1. Katkaistaan virta koestuskytkennästä ja varmistetaan jännitteettömyys kenossa.

2. Vedetään katkaisija ulos ja irrotetaan yhdyskaapeli.
3. Puretaan kytkentä releen ja CMC:n väliltä.
4. Irrotetaan maadoituskaapeli CMC:n ja maadoituskiskon väliltä.
5. Palautetaan alkuperäinen kytkentä kennoon.
6. Asennetaan suojamuovit takaisin paikalleen.
7. Kiinnitetään yhdyskaapeli katkaisijaan ja työnnetään katkaisija takaisin kennoon.
8. Suoritetaan kytkentäohjelman velvoittamat toimenpiteet.

Tämän jälkeen tulee koestuslaitteisto pakata huolellisesti ja siististi kuljetusta varten niin, ettei se pääse vaurioitumaan. Lopuksi on vielä hyvä tarkastaa, että piirikaaviot sekä muut dokumentit ovat paikallaan ja työkohde jää siistiin kuntoon. Myös mahdolliset työnaikaiset turvalukitukset tulee poistaa. Test Document -koestuspohja tulee tulostaa raportiksi. Tämä raportti tulee toimittaa asiakkaalle sekä jättää koestuskohteelle. Havaituista puutteista työkohteessa tai releen toiminnassa tulee välittömästi ilmoittaa asiakkaalle ja esimiehelle sekä ryhtyä toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi

7 Yhteenveto

Insinööriyö laadittiin NRC Group Finland Oy:lle palvelemaan sen tulevia sekä nykyisiä asentajia ja muita toimihenkilöitä relekoestuksessa. Työlle oli tarve, sillä kyseiseen työtehtävään ei löytynyt osaamista talon sisältä. Tietoa oli myös hyvin vaikeaa saada projektin alkuvaiheissa, sillä kukaan oikeastaan halunnut tietojään juuri jakaa. Tästä syystä koulutuksen saanti kyseiseen laitteistoon vei useita kuukausia, eikä syvällisempää aineistoakaan ollut juuri saatavilla.

Työn alkuosassa perehdyttiin relekoestukseen ja releisiin hyvin pintapuolisesti, sillä tämän työhöjeen tarkoitus ei ole olla universaali ohje releistä tai koestuksesta. Alkuosassa käsiteltiin myös CMC 356 -koestuslaitetta, Omicron Test Universe -koestusohjelmistoa

ja sen sovelluksia. Tämän tarkoitus oli esitellä laitteisto sekä pintapuolisesti kertoa lukijalle mitä kaikkea ohjelmistolla voidaan tehdä, mikä moduuli sopii mihinkin työhön parhaiten ja mistä hakea apua, jos seinä tulee vastaan.

Työn puolivälistä eteenpäin käsitellään itse koestusta ja koestuskohdetta, eli Siemens Sitras PRO -tasavirtatoisioirelettä. Kytkennän tekoa ja koestustoimenpiteitä on pyritty kuvaamaan mahdollisimman tarkasti kuvin sekä sanoin. Kuvat auttavat hahmottamaan vaikealta vaikuttavaa tekstiä. Koestustoimenpiteen yhteydessä käydään läpi myös työturvallisuuden liittyviä asioita, sekä laitteiston koestamiseen liittyviä määräyksiä. Tässä ohjeessa myös neuvottiin lyhyesti, kuinka käyttää ja navigoida Sitras PRO -releen näyttöpäätteellä.

Tällä tutkimuksella on tarkoitus helpottaa ensimmäistä kertaa laitteistoa käyttävien henkilöiden tutustumista laitteistoon ja ohjelmistoon. Työohjetta voidaan myös käyttää työmaalla opetusvälineenä, mikä voi auttaa myös työohjeen puutteiden löytämisessä ja täydentämisessä.

Lähteet

1. OMICRON electronics GmbH [AT] 2018. Verkkoaineisto, <<https://www.omicronenergy.com/en/products/test-universe/>>. Luettu 13.12.2018
2. Relesuojaustekniikka, Mörsky, Otatieto Oy 1992
3. SFS 6002, Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2015, 3. painos
4. Siemens AG 2010. Verkkoaineisto, <<https://w3.siemens.com/smartgrid/global/SiteCollectionDocuments/en/rail-solutions/railway-electrification/dc-traction-power-supply/sitras-pro-en.pdf>>. Luettu 21.1.2019.
5. Timonen, Tomi, 2018. Fortum. Omicron -koulutus 19.12.2018
6. Niiranen, Jussi. 2018. Siemens. Koestuskoulutus 4.2.2019
7. Kytkinlaitosten huolto-ohje. 2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. NRC Group Finland Oy.
8. KytKentäohjelma. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. NRC Group Finland Oy.
9. OMICRON Test Universe, Getting Started. User's Manual.

Liitteet

Liite 1. NRC Group Finland Oy, Koestusraportti

KOESTUSPOYTAKIRJA

Nro: _____

YLIVIRTARELEEN KOESTUSPÖYTÄKIRJA

Projektitiedot: Asiakas: _____
Projekti: _____

Kohde: Asema: _____
Järjestelmä: _____
Tarkka kohde: _____

Laitetiedot: Valmistaja: _____
Laji: _____
Sarjanumero: _____
Sijainti/tunnus: _____
Apujännite: _____
Nimellisvirta: _____

Liittymätiedot: Virtamuuntajan muuntosuhde: _____
Kaapelivirtam. muuntosuhde: _____

Koestuslaji: Käyttöönottokoestus _____ Määräaikaiskoestus _____

Tulosten luokittelu: Kunnossa + Ei kunnossa - Ei kuulu tarkastukseen 0

Tarkastukset: Aistinvarainen _____ U_{apu} napaisuus _____
Mekaaninen _____ Maadoitukset _____
Toisiopiiri _____ Nimellisarvot _____
Johdotus _____

Toimintakokeet: Asettelu _____ Laukaisut _____
Ohjelmointi _____ Hälytykset _____
Lukitukset _____ Merkinanto _____
Indikointi _____ Kuittaukset _____
Tulosignaalit _____ Lähtösignaalit _____
Toiminta-alue _____

Lisätiedot: _____



Laitetiedot: Sijainti ja tunnus: _____

Asettelut:	Alemman portaan havahtumisvirta	I>	_____	A
	Alemman portaan toimintahidastus	t>	_____	s
	Ylemmän portaan havahtumisvirta	I>>	_____	A
	Ylemmän portaan toimintahidastus	t>>	_____	s
		I>>>	_____	A
		t>>>	_____	s

Mitatut toiminta-arvot

Vaihe	L1	L2	L3
Havaht./ Palaut./ A	_____	_____	_____
I / A	_____	_____	_____
t / ms	_____	_____	_____
I>> / A	_____	_____	_____
t>> / s	_____	_____	_____
I>>> / A	_____	_____	_____
t>>> / s	_____	_____	_____

Mitatut arvot käyttöönotettaessa:

I / A	_____	_____	_____
Apujännite / V	_____	_____	_____

Lopputulokset: Kunnossa _____
 Ei kunnossa _____

Päivämäärä: _____ Koestaja _____