



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville-Kalle Romppainen

TRANSFORMER INTELLIGENCE RATKAISUJEN INTEGROINTI

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville-Kalle Romppainen
Opinnäytetyön nimi	Transformer intelligence ratkaisujen integrointi
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	54
Ohjaaja	Jari Koski

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa ABB:n uusimmat ratkaisut tehomuuntajien kunnonvalvontaan, jotka olivat CoreSense, CoreTec 4 ja eLaitteet.

Työ aloitettiin tutustumalla työssä testattavien laitteiden manuaaleihin, joista sai selville perustiedot laitteiden sisällöstä ja kytkentämahdollisuuksista. Laitteiden testaus toteutettiin ABB Transformers yksikön aulaan rakennettuun mallirakennelmaan, johon oli kiinnitetty kaikki työssä testattavat laitteet.

Opinnäytetyössä oli kaksi toteutusta. Ensimmäisessä toteutuksessa eLaitteet ja 4-20 mA virtaviestiä käyttävät laitteet kytkettiin päivitetylle CoreSenselle. Toisessa toteutuksessa eLaitteet, 4-20 mA virtaviestiä käyttävät laitteet sekä CoreSense kytkettiin CoreTec 4:lle. CoreSense sekä CoreTec 4 sisälsivät web-käyttöliittymän, jonka kautta pystyttiin tarkastelemaan laitteen mittaamia arvoja ja lisättyjen laitteiden mittaamia arvoja. Molemmissa toteutuksissa oli tarkoitus tutkia, kuinka liitettävyys ja käytettävyys toimivat laitteiden välillä sekä kuinka tieto CoreSenselta ja CoreTec 4:ltä siirretään eteenpäin asiakkaan järjestelmään.

CoreSensen ja CoreTec 4:n toteutukset saatiin onnistuneesti tehtyä lukuun ottamatta molemmissa laitteissa esiintyviä ohjelmistovikoja, joihin en voinut itse vaikuttaa.

Tein ABB Transformers TRES:lle suomenkieliset asennusohjeet molemmista CoreSense- ja CoreTec 4-laitteista, joita ABB voi hyödyntää laitteiden asennuksessa sekä laitteiden markkinoinnissa.

ABSTRACT

Author	Ville-Kalle Romppainen
Title	Integration of an Intelligent Solutions for a Transformer
Year	2019
Language	Finnish
Pages	54
Name of Supervisor	Jari Koski

The purpose of this thesis was to survey the latest ABB solutions for the condition monitoring of power transformers which were CoreSense, CoreTec 4 and eDevices.

First, the manuals of the devices being tested were studied to obtain basic information about the contents of the devices and how to connect them. The device testing was done on model structure in the lobby of the ABB Transformers unit.

There were two implementations in this thesis. In the first implementation eDevices and devices that used 4-20 mA current messages to upgraded CoreSense were connected. In the second implementation eDevices, devices that used 4-20 mA current messages and CoreSensen to CoreTec 4 were connected. CoreSense and CoreTec 4 contain a web interfaces to view the values measured by the device and the values measured by the added devices. Both implementations were designed to examine how connectivity and usability works between the devices and how to transfer information from CoreSense and CoreTec 4 to the customer's system.

CoreSense and CoreTec 4 implementations were successfully completed expect some software bugs in both devices that I could not influence.

Installation instructions were made for ABB Transformers TRES of both CoreSense and CoreTec 4 devices. ABB can use the instructions to install devices and for marketing the devices.

Keywords	CoreSense, CoreTec 4, eDevices, Condition Monitoring, Transformer
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA KÄSITTEET

1	JOHDANTO.....	9
2	LAITTEET	10
	2.1 CoreSense	10
	2.2 CoreSensen päivitetty versio.....	12
	2.3 CoreTec 4.....	13
	2.4 eLaitteet.....	14
	2.4.1 Buchholz relay eBR	14
	2.4.2 Pressure relief device ePRD.....	15
	2.4.3 Oil level indicator eOLI	16
	2.4.4 Winding and Oil temperature indicators eWTI/eOTI.....	19
	2.4.5 Self-dehydrating breathers SDB	20
3	TOTEUTUS	22
4	PÄIVITETYN CORESENSEN TESTAUS	23
	4.1 Väylän rakentaminen	23
	4.2 CoreSensen päivittäminen	25
	4.3 Päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymän testaus.....	26
	4.3.1 Administration settings	27
	4.3.2 Sensors settings	29
	4.3.3 Sensors settings Add Modbus	29
	4.3.4 Sensors settings Detect Sensors	33
	4.3.5 Sensors settings 4-20 mA virtaviestit.....	34
	4.3.6 Publication settings	36
	4.4 SCADA Ethernet-portin asettelut	37
5	CORETEC 4 TESTAUS	40
	5.1 Ohjauskaapin rakentaminen.....	40

5.2	Väylän rakentaminen	41
5.3	4-20 mA virtaviestiä käyttävien laitteiden kytkentä	41
5.4	CoreTec 4:n päivittäminen.....	43
5.5	CoreTec 4:n web-käyttöliittymän testaus	43
5.5.1	Administration settings	44
5.5.2	Sensors settings	45
5.5.3	Publication settings	46
5.6	SCADA Ethernet portin asettelut.....	46
6	TIEDON SIIRTÄMINEN ASIAKKAAN JÄRJESTELMÄÄN.....	47
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	49
7.1	Työn tulos	49
7.2	Muut kuin ABB:n mittalaitteet	50
7.3	Asennusohjeet.....	50
7.4	Ongelmat.....	51
7.5	Mahdollisia jatkotutkimuksia.....	52

LÄHTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. CoreSense. /1/	10
Kuva 2. CoreSense-asennuspaikat. /1/	11
Kuva 3. Päivitetyt CoreSensen LED-merkkivalot. /1/	12
Kuva 4. CoreTec 4. /3/	13
Kuva 5. CoreTec 4 asennustavat. /3/	14
Kuva 6. Buchholz relay eBR. /5/	15
Kuva 7. Pressure relief device ePRD. /6/	16
Kuva 8. Oil level indicator eOLI. /7/	17
Kuva 9. Viewer. /7/	18
Kuva 10. Viewer-kytkentä. /8/	18
Kuva 11. Winding and oil temperature indicators eWTI/eOTI. /9/	19
Kuva 12. Self-dehydrating breathers SDB. /11/	21
Kuva 13. Mallirakennelma.	22
Kuva 14. Half-duplex-kytkentä. /1/	23
Kuva 15. KJAAM_HF. /13/	24
Kuva 16. Two-wire loop-powered-kytkentä. /1/	24
Kuva 17. CoreSensen sisällys. /1/	25
Kuva 18. Päivitetyt CoreSensen kojetaulu.	26
Kuva 19. Päivitetyt CoreSensen asetukset.	27
Kuva 20. Administration settings.	28
Kuva 21. Sensors settings.	29
Kuva 22. Test connection to device.	31
Kuva 23. Add Modbus-asettelut.	32
Kuva 24. Sensors list genericModbus.	32
Kuva 25. Detect Sensors etsii eLaitteita.	33
Kuva 26. Sensor-listaan tuodut eLaitteet.	33
Kuva 27. eLaitteen asettelut.	34
Kuva 28. 4-20 mA virtaviestin asettelut.	35
Kuva 29. Publication settings.	36
Kuva 30. Modbus.	36
Kuva 31. 4-20 mA virtaviestilähdöt.	37

Kuva 32. DNP3.	37
Kuva 33. SCADA Ethernet-portin asettelut.	38
Kuva 34. Tietokoneen asettelujen ensimmäinen osa.....	38
Kuva 35. Tietokoneen asettelujen toinen osa.	39
Kuva 36. CoreTec 4-ohjauskaapin sisältö.....	40
Kuva 37. 4-20 mA virtaviestiä käyttävien antureiden kytkentä.	42
Kuva 38. CoreTec 4 sisältö. /2/	43
Kuva 39. CoreTec 4-kojetaulu.	44
Kuva 40. External relay module.....	45
Kuva 41. Cooling control. /2/	45
Kuva 42. CoreSense Products.	46
Kuva 43. Tiedon siirtäminen asiakkaan järjestelmään. /14/	47
Kuva 44. Keltainen LED-merkkivalo ja lämpötilan mittaus aikajanalla.	50
Kuva 45. Asennusohjeet.....	51
Taulukko 1. CoreSense-asennuspaikat. /1/	11
Taulukko 2. Self-dehydrating breather laitteen-valinta. /10/	20
Taulukko 3. eLaitteiden tiedot.....	30

LYHENTEET JA KÄSITTEET

SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition, valvomo-ohjelmisto
RS-485	Sarjaliikennestandardi
Tx	Transmit data, lähettää dataa
Rx	Receive data, vastaanottaa dataa
GND	Ground, maadoitus
Modbus	Sarjaliikenneprotokolla
DNP3	Distributed Network Protocol 3, tietoliikenneprotokolla
IP	Internet protocol, Internet protokolla
TCP	Transmission control protocol, tietoliikenneprotokolla
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol, verkkoprotokolla

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin ABB Transformers-yksikön TRESille (Transformer Remanufacturing & Engineering Services). Työn tarkoituksena oli kartoittaa ABB:n uusimmat ratkaisut tehomuuntajien valvontaan: CoreSense, CoreTec 4 ja eLaitteet.

Työssä tutkittavat laitteet ovat tulleet korvaamaan tällä hetkellä muuntajissa olevia mittalaitteita niiden uusilla ominaisuuksilla. Lisäksi laitteiden mukana on kokonaan uusia muuntajan mittauksiin toiminnan mittauksiin tarpeellisia laitteita.

Alkuun työssä tutustutaan testattaviin laitteisiin, mitä laitteet mittaavat muuntajasta ja mitä ne pitävät sisällään sekä mihin kohtaan muuntajaan laitteet asennetaan.

Tekemässäni työssä oli kaksi toteutusta, jotka molemmat tehtiin ABB Transformers-yksikön aulaan rakennettuun mallirakennelmaan. Molemmissa toteutuksissa oli tarkoitus tutkia laitteiden liitettävyyden ja käytettävyyden toimintoja. Ensimmäisessä toteutuksessa testataan, kuinka päivitettyyn CoreSenseen liitetään eLaitteita ja 4-20 mA virtaviestiä käyttäviä laitteita sekä kuinka ne otetaan käyttöön. Toisessa toteutuksessa tehtiin samat asiat, mutta CoreTec 4-laitteelle.

Lopuksi työssä käydään läpi vaihtoehtoja, kuinka laitteilta siirretään mittausten tiedot asiakkaan järjestelmään sekä miten laitteiden testaus onnistui.

2 LAITTEET

2.1 CoreSense

CoreSense on vetyä ja kosteutta mittaava mittalaite, jolla pystytään tarkastelemaan reaaliajassa laitteen mittaamia arvoja käyttäen nettiselaimella CoreSensen web-käyttöliittymää (**Kuva 1**). Vedyn ja kosteuden mittaukset muuntajan öljystä on tehty ennen tätä ratkaisua noin kerran vuodessa. /1/



Kuva 1. CoreSense. /1/

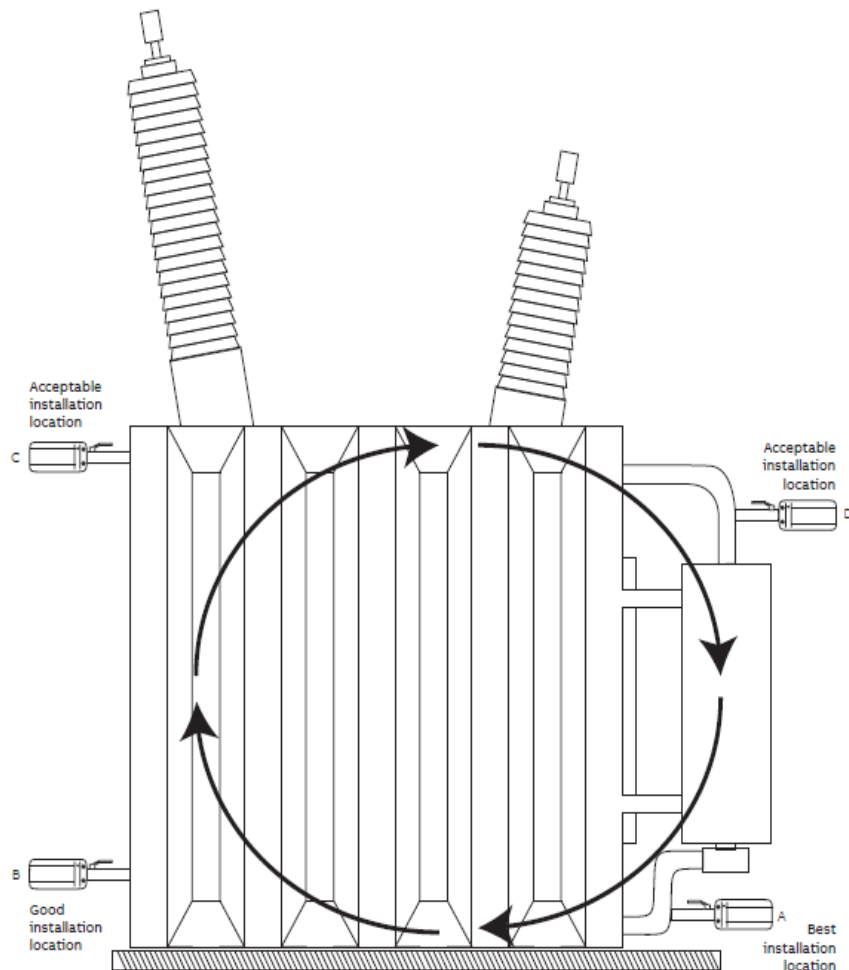
CoreSense tarvitsee 100-240 V AC syöttöjännitteen toimiakseen. CoreSense sisältää kolme analogista 4-20 mA virtaviestituloa, kaksi analogista 4-20 mA virtaviestilähtöä, RS-485 digitaalisen sisääntulon sekä kolme relettä. Lisäksi CoreSense sisältää Service Ethernet-portin, SCADA-portin, optisen Ethernet-portin ja USB-portin.

CoreSense pyritään asentamaan muuntajaan sen perusteella, missä on suuri öljynvirtaus ja alhainen öljyn lämpötila. Muuntajassa voi olla useita paikkoja, mihin kytkeä CoreSense ja niistä valitaan paras vaihtoehto taulukon 1 ja kuvan 2 mukaisesti. /1/

Taulukko 1. CoreSense-asennuspaikat. /1/

Location	Benefits	Issues
(A) Radiator Return	<ul style="list-style-type: none"> • Good oil flow • Low operating temperature • Ease of access 	<ul style="list-style-type: none"> • Connection flange rarely present
(B) Drain valve	<ul style="list-style-type: none"> • Low operating temperature • Ease of access • Permanent availability 	<ul style="list-style-type: none"> • Low oil flow may increase reaction time • Sludge could accumulate here
(C) Top tank (fill valve)	<ul style="list-style-type: none"> • Good oil flow from thermal convection 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature may exceed 100 °C • Access is difficult • Installation requires working at height • Mandatory power down of transformer during installation

Location	Benefits	Issues
(D) Top of radiator	<ul style="list-style-type: none"> • Good oil flow 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperature may exceed 100 °C • Access is difficult • Installation requires working at height • Connection flange rarely present • Mandatory power down of transformer during installation

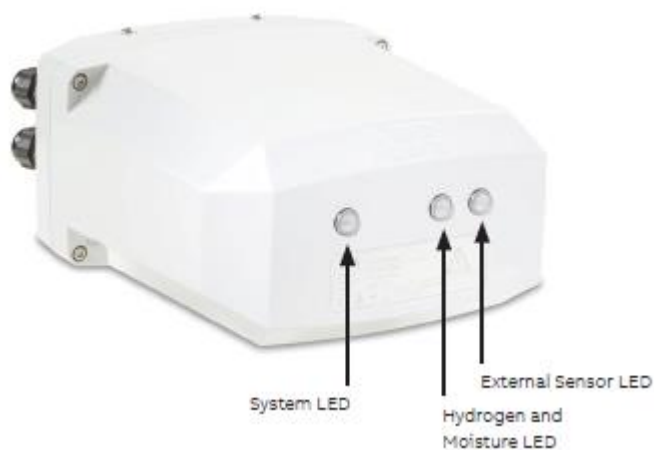
**Kuva 2.** CoreSense-asennuspaikat. /1/

CoreSensen web-käyttöliittymää käytettäessä on mahdollista tarkastella öljyssä olevan vedyn ja kosteuden arvoja reaaliajassa käyttöliittymän kojetaululta sekä tarkastella arvoja vedyn ja kosteuden omilta aikajanoilta. Lisäksi web-käyttöliittymässä on mahdollista muuttaa asetuksista vedyn ja kosteuden varoitussikä hälytysraja-arvoja.

2.2 CoreSensen päivitetty versio

Päivitetty CoreSense mittaa samalla tavalla vedyn ja kosteuden määrää öljyssä, mutta se sisältää toiminnon, jolla pystytään lisäämään eLaitteita väylään sekä käyttämään 4-20 mA virtaviestituloja siten, että ne saadaan näkyviin päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymään.

Ainoa fyysinen eroavaisuus päivitettyssä CoreSensessä on se, että LED-merkkivalot poikkeavat tavallisesta CoreSensestä. Päivitettyssä CoreSensessä on yhdistetty vety ja kosteus keskimmäiseen LED-merkkivaloon, ja oikeanpuoleisin merkkivalo tulee käyttöön ulkoisia antureita varten. System LED-merkkivalo pysyy samana vasemmanpuoleisena (**Kuva 3.**).



Kuva 3. Päivitetyn CoreSensen LED-merkkivalot. /1/

Päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymän kojetaulu eroaa visuaalisesti CoreSensen kojetaulusta. Ero on siinä, että päivitetyn CoreSensen kojetaulu näyttää myös lisättyjen eLaitteiden ja muiden lisättyjen antureiden mittaustulokset kojetaululla. Historiasta on mahdollista tarkastella vedyn ja kosteuden mittauksen lisäksi lisät-

tyjen eLaitteiden ja antureiden mittaustuloksia aikajanalta sekä tapahtumiin tulee ilmoitus kaikista hälytyksistä ja laitteeseen tehdyistä muutoksista.

2.3 CoreTec 4

CoreTec 4 on muuntajan kunnonvalvontajärjestelmä. CoreTec 4 mahdollistaa reaaliaikaisen valvonnan muuntajan terveystiloihin, kuten öljyn lämpötila, ympäristön lämpötila ja muuntajan kuorma (**Kuva 4.**). /2/

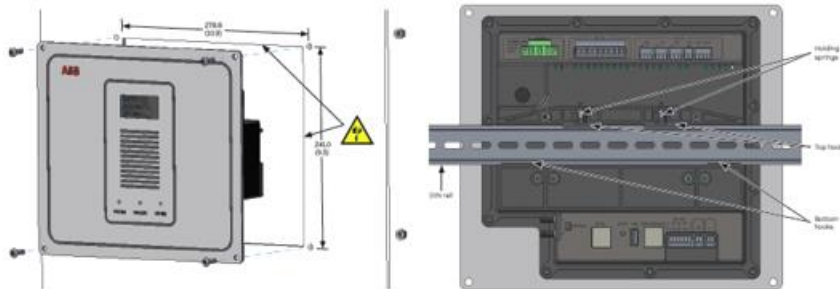
CoreTec 4 sisältää toiminnon, jolla pystytään lisäämään eLaitteita väylään sekä käyttämään 4-20 mA virtaviestituloja siten, että ne saadaan näkyviin CoreTec 4:n web-käyttöliittymään. Lisäksi CoreTec 4:een voidaan lisätä CoreSense tuotteita, joita ovat CoreSense ja CoreSense M10.



Kuva 4. CoreTec 4. /3/

CoreTec 4 tarvitsee 100-240 V AC syöttöjännitteen toimiakseen. CoreTec 4 sisältää kolme analogista 4-20 mA virtaviestituloa, kaksi analogista 4-20 mA virtaviestilähtöä, RS-485 digitaalisen sisääntulon sekä kolme relettä. Lisäksi CoreTec 4 sisältää EXPANSION/PC Ethernet-portin, SCADA Ethernet-portin, optisen Ethernet-portin ja USB-portin.

CoreTec 4 asennetaan joko olemassa olevaan tai omaan ohjauskaappiin. CoreTec 4 on mahdollista asentaa ohjauskaapin oveen tai ohjauskaapin sisälle DIN-kiskoon kuvan 5 mukaisesti. /3/



Kuva 5. CoreTec 4 asennustavat. /3/

CoreTec 4 web-käyttöliittymä on samankaltainen, kuin päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymä. CoreTec 4:ssä on myös historia, jossa voi tarkastella laitteen lisättyjen antureiden mitta-arvoja aikajanalla sekä tapahtumat, johon tulee kaikki hälytykset ja muutokset.

2.4 eLaitteet

eLaitteet ovat mittalaitteita, jotka pitävät sisällään digitaalisen ja analogisen ulostulon. eLaitteet ovat tulleet korvaamaan tällä hetkellä muuntajissa käytettyjä mittalaitteita, jotka sisältävät pelkät varoitus- ja hälytysrajat. /4/

2.4.1 Buchholz relay eBR

Buchholz relay (kaasurele) on öljytätetyissä muuntajissa käytettävä laite, jolla pystyy jatkuvasti seuraamaan kaasun kerääntymistä sekä kahdella läppäventtiilillä varustetulla virtausaukolla kyetään seuraamaan öljyn virtausnopeutta (**Kuva 6**).

/5/



Kuva 6. Buchholz relay eBR. /5/

Buchholz relay tarvitsee toimiakseen 24 V DC syöttöjännitteen. Laite sisältää digitaalisen RS-485 ulostulon ja analogisen 4-20 mA virtaviestilähdön sekä kolme mikrokytkintä.

Buchholz relay asennetaan muuntajan ja paisuntasäiliön väliseen yhdistysputkeen.

2.4.2 Pressure relief device ePRD

Pressure relief device (ylipaineventtiili) on laite, jota käytetään öljytätetyissä muuntajissa (**Kuva 7.**). Pressure relief device valvoo jatkuvasti muuntajan sisäistä painetta ja se purkaa paineen millisekunneissa, kun vahingollinen, äkillinen tai hallitsematon paineen nousu aiheuttaa räjähdysvaaran. /6/



Kuva 7. Pressure relief device ePRD. /6/

Pressure relief device tarvitsee 24 V DC syöttöjännitteen toimiakseen. Laite sisältää digitaalisen RS-485 ulostulon ja analogisen 4-20 mA virtaviestilähdön sekä mikrokytkimen.

Pressure relief device asennetaan muuntajan kanteen ja sen voi asentaa myös käämikytkimen kanteen.

2.4.3 Oil level indicator eOLI

Oil level indicator (öljytason osoitin) mitataa muuntajan paisuntasäiliön tai käämikytkimen paisuntasäiliön öljynkorkeutta. Mittaus tapahtuu siten, että paisuntasäiliön sisällä oleva oil level indicator-mittalaitteen koho liikkuu öljyn pinnan noustessa ja laskiessa (**Kuva 8.**).



Kuva 8. Oil level indicator eOLI. /7/

Oil level indicator tarvitsee toimiakseen 24 V DC syöttöjännitteen. Mittalaite sisältää digitaalisen RS-485 ulostulon ja analogisen 4-20 mA virtaviestilähdön sekä neljä mikrokytkintä ylärajan ja alarajan varoitusta ja hälytystä varten.

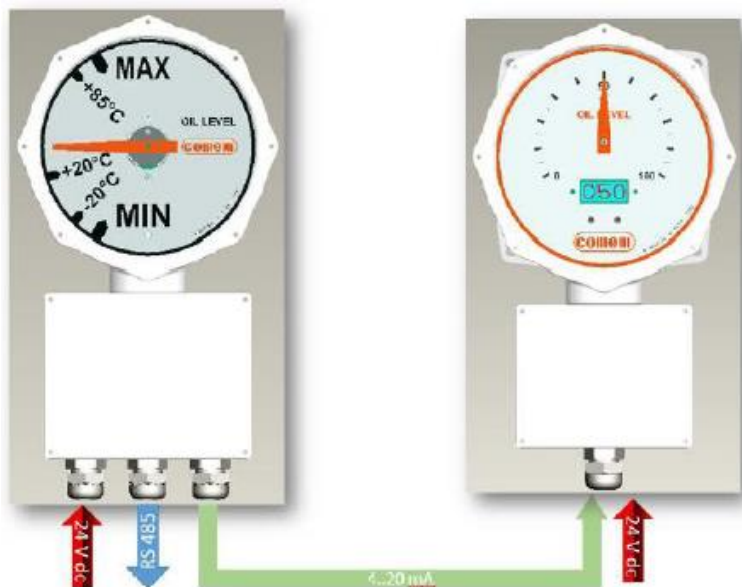
Oil level indicator asennetaan muuntajan paisuntasäiliöön sekä mahdollisesti myös käämikytkimen paisuntasäiliöön.

Oil level indicator on mahdollista yhdistää Viewer nimiseen laitteeseen, joka mahdollistaa öljynkorkeuden tarkastelun silmäkorkeudelta muuntajan vieressä. Viewer (katselulaite) asennetaan muuntajaan asiakkaan toiveiden mukaan, joko ohjauskaapin läheisyyteen tai muuntajan kylkeen (**Kuva 9.**).



Kuva 9. Viewer. /7/

Viewer tarvitsee toimiakseen 24 V DC syöttöjännitteen ja laitteelle tuodaan oil level indicator-mittalaitteelta 4-20 mA analoginen virtaviestilähtö Viewer laitteen analogiseen 4-20 mA virtaviestituloon (**Kuva 10.**).



Kuva 10. Viewer-kytkentä. /8/

2.4.4 Winding and Oil temperature indicators eWTI/eOTI

Lämpötilamittarit mittaavat muuntajan säiliössä olevan käämin ja öljyn lämpötilaa (**Kuva 11.**). Mittaus tapahtuu siten, että mittareissa olevat lämpötila-anturit asetaan muuntajan kannella sijaitseviin kapilaariputkiin, jotka on täytetty öljyllä.



Kuva 11. Winding and oil temperature indicators eWTI/eOTI. /9/

Mittarit ovat fyysisesti samannäköisiä, mutta käämin lämpötilamittarissa käytetään anturijärjestelmää, joka sisältää lämmölle herkän resistiivisen virtapiirin, jonka läpi kulkee käämin virtaan verrannollinen virta. Tällä tavalla saadaan muuntajan kannella sijaitsevasta öljyllä täytetystä kapilaariputkesta mitattua käämin lämpötila, koska suoramittaus käämin lämpötilasta ei ole mahdollista. /9/

Lämpötilamittarit tarvitsevat toimiakseen 24 V DC syöttöjännitteen. Lämpötilamittarit sisältävät digitaalisen RS-485 ulostulon ja analogisen 4-20 mA virtaviestilähdön sekä neljä mikrokytkintä ylärajan ja alarajan varoitusta ja hälytystä varten.

Lämpötilamittareiden näytöt asennetaan ohjauskaapin läheisyyteen ja mittareiden lämpötila-anturit viedään muuntajan kannella sijaitseville kapilaariputkille.

2.4.5 Self-dehydrating breathers SDB

Self-dehydrating breather- (ilmankuivain) laitteen tehtävänä on imeä muuntajan paisuntasäiliöön pääsevistä ilmasta kosteus silikageeliä sisältävän säiliön avulla. Self-dehydrating breather-laitteita on tarjolla 7 erilaista, joista valitaan muuntajan kokoon sopiva self-dehydrating breather-laite taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Self-dehydrating breather laitteen-valinta. /10/

Technology	Condition based		Time based		Condition based		
	10	10C	12C	14C*	15	30	40
eSDB type	Connected to a bigger size		Stand alone				
Application							
Tap-changers	●	●	●				
Arc suppression coil (Petersen coil)			●				
Air-filled cable boxes			●				
Traction transformers			●				
Network transformers ≤ 40 MVA				●			
Network and generator step-up transformers > 40 MVA ≤ 200 MVA					●		
Generator and network Intertie transformers > 200 MVA						●	
Phase shifting transformers ≤ 40 MVA				●			
Phase shifting transformers > 40 MVA ≤ 200 MVA					●		
Phase shifting transformers > 200 MVA						●	
Shunt reactors ≤ 40 Mvar				●			
Shunt reactors > 40 Mvar ≤ 200 Mvar					●		
Shunt reactors > 200 Mvar						●	
HVDC transformers							●
Furnace transformers							●
Cavern transformers							●
Quantity of oil	≤ 40t	≤ 40t	≤ 40t	≤ 40t	>40≤ 80t	>40≤ 80t	> 80t

* In case of boundary condition the main driver is the oil quantity (e.g. till 60 MVA and less than 40t the Comem eSDB14C is recommended for transformer tank)

Self-dehydrating breather mallit SDB10, SDB15, SDB30 ja SDB40 mittaavat self-dehydrating breathers laitteen säiliön sisältävän silikageelin kyllästyneisyyttä ja mallit SDB10C, SDB12C ja SDB14C mittaavat silikageelin lämpötilaa. Työssä käytössäni oli kuvassa 12 näkyvistä ilmankuivaimista neljän sisällä oleva malli, joka mittasi silikageelin kyllästyneisyyttä.



Kuva 12. Self-dehydrating breathers SDB. /11/

Self-dehydrating breather tarvitsee toimiakseen 230 V AC syöttöjännitteen. Laite sisältää digitaalisen RS-485 ulostulon ja analogisen 4-20 mA virtaviestilähdön sekä kaksi mikrokytkintä.

Self-dehydrating breather asennetaan paisuntasäiliön alapuolelle muuntajan kylkeen hitsattuun putkilaippaan. Self-dehydrating breather-laitteen ja paisuntasäiliön väliin asennetaan putki, jonka kautta paistuntasäiliö hengittää self-dehydrating breather laitteen läpi.

3 TOTEUTUS

Työssä testasin kahta valvontajärjestelmän sisältävää laitetta, jotka olivat päivitetty CoreSense ja CoreTec 4. Päivitetty CoreSense on tarkoitettu asennettavaksi huoltoon tuleviin muuntajiin ja CoreTec 4 on tarkoitettu uusiin tehtaalla rakennettuihin muuntajiin.

Työn toteutin ABB Transformers-rakennuksen aulaan rakennettuun kuvassa 13 esiintyvään mallirakennelmaan, jossa johdotin aluksi päivitetylle CoreSenselle eLaitteita ja testasin, kuinka laitteiden välinen viestintä toimii sekä kuinka tieto viedään eteenpäin.

Päivitetyn CoreSensen testauksen jälkeen siirryin testaamaan CoreTec 4:ää, jota varten oli suunniteltu ja rakennettu oma ohjauskaappi. Ohjauskaappi asennettiin mallirakennelmaan ja eLaitteet sekä kolme anturia kytkettiin CoreTec 4:ään. Testasin CoreTec 4:ssä samat asiat kuin päivitetyssä CoreSensesta.



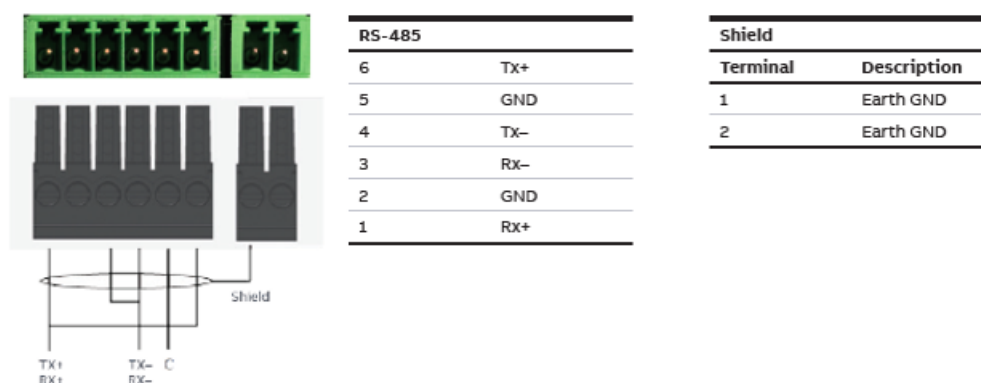
Kuva 13. Mallirakennelma.

4 PÄIVITETYN CORESENSEN TESTAUS

4.1 Väylän rakentaminen

Päivitetyn CoreSensen testauksessa kytkin CoreSenseen 230 V AC syöttöjännitteen, jonka toin läheiseltä pistorasialta ja rakensin väylän käyttäen RS-485 liittintä, johon lisäksi winding temperature indicator-mittalaitteen, oil temperature indicator-mittalaitteen ja pressure relief device-mittalaitteen.

CoreSensen päässä RS-485 kytkettiin half-duplex-muotoon, koska käytössä olleet eLaitteet eivät mahdollistaneet full duplexin käyttöä (**Kuva 14**). Half-duplex mahdollistaa vuorottelevan kaksisuuntaisen tiedonsiirron ja full duplex mahdollistaa yhtäaikaisen kaksisuuntaisen tiedonsiirron. /12/



Kuva 14. Half-duplex-kytkentä. /1/

Sarjaliikenneväylän kaapeloinnissa CoreSenselta eteenpäin lähdettiin kytkemään väylää laitteelta laitteelle. CoreSensen päässä yhdistetyltä TX+- ja RX+-liittimiltä lähtevä johdin kytkettiin eLaitteen A+ liittimeen ja yhdistettyjen TX- ja RX- liittimen johdin kytkettiin eLaitteen B- liittimeen sekä CoreSensen GND-liittimestä lähtevä johdin kytkettiin eLaitteen GND-liittimeen. Lisäksi shield kytkettiin vain CoreSensen päässä.

Saman kaapelin eri johdinpareilla vietiin myös 24 V DC syöttö eLaitteille. 24 V DC syötön otin mallirakennelmassa olevasta CoreTec 3.0-laitteen ohjauskaapilta. Syöttö vietiin paineenalennuslaitteelle, josta taas eteenpäin seuraavalle väylällä

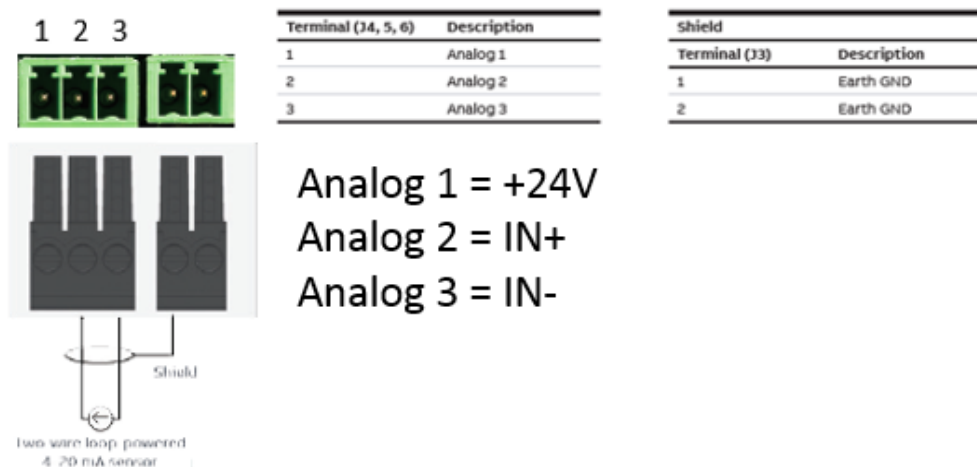
olevalle eLaitteelle. 24 V DC syötön viennissä käytettiin rinnankytkentää, jotta jännite ei alene.

Väyläkaapeloinnissa käytössäni oli Nestor Cables KJAAM-HF 4x(2+1)x0,5-kaapeli (**Kuva 15**).



Kuva 15. KJAAM_HF. /13/

Lisäksi lisäsin öljyn lämpötilamittarista analogisen 4-20 mA virtaviestilähdön CoreSensen numero 1 analogiseen sisääntuloon. CoreSensen päässä käytettiin two-wire loop-powered kytkentätapaa, koska öljyn lämpötilamittarissa oli muualta tuleva 24 V DC syöttö (**Kuva 16**).

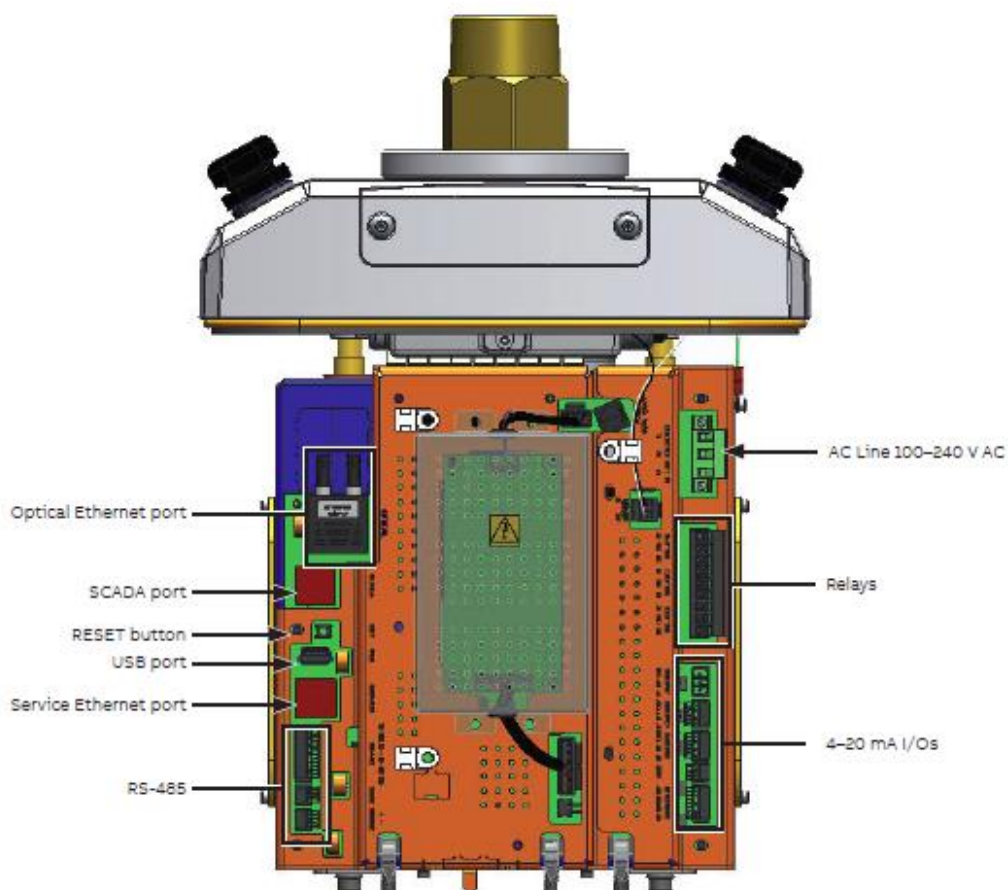


Kuva 16. Two-wire loop-powered-kytkentä. /1/

4.2 CoreSensen päivittäminen

CoreSense päivitettiin uudempaan CoreSense versioon, jotta saatiin laajempi valvontajärjestelmätoiminto käyttöön.

Kuvassa 17 olevaan CoreSensen USB-porttiin asetettiin muistitikku, joka sisälsi päivitetyn CoreSense version ohjelmiston. CoreSensen system LED-merkkivalo alkoi vilkkumaan keltaisena, josta tiedettiin, että CoreSense oli ruvennut lataamaan muistitikussa olevaa ohjelmistoa. System LED-merkkivalon alkaessa vilkkua vihreänä tiedettiin, että CoreSense oli ladannut muistitikussa olleen ohjelmiston. Tämän jälkeen irrotettiin muistitikku kuvassa 17 olevasta CoreSensen USB-portista ja painettiin USB-portin vieressä olevaa RESET-painiketta. Tämän jälkeen CoreSense käynnistyy uudelleen sisältäen päivitetyn CoreSense-ohjelmiston.



Kuva 17. CoreSensen sisällys. /1/

4.3 Päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymän testaus

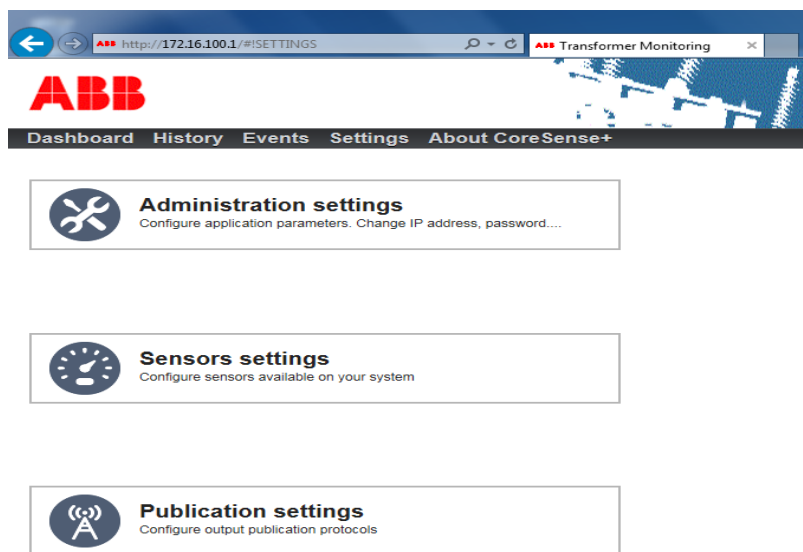
Päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymän testauksessa kytkettiin Ethernet kaapeli tietokoneen ja CoreSensen Service Ethernet-portin välille. Tietokoneella avattiin Internet Explorer-nettiselain, johon kirjoitettiin osoitteeksi: <http://172.16.100.1>.

Nettiselaimen avautui kuvassa 18 oleva päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymä. Päivitetyn CoreSense kojetaululla oli valmiina vedyn ja kosteuden mittaukset.



Kuva 18. Päivitetyn CoreSensen kojetaulu.

Asetuksiin mentiin Settings-vaihtoehdosta, josta aukesi kuvassa 19 näkyvät vaihtoehdot.



Kuva 19. Päivitetyn CoreSensen asetukset.

Tässä vaiheessa järjestelmä kysyi salasanaa, jotta pääsemme muuttamaan asetuksia.

4.3.1 Administration settings

Administration settings- (hallinta-asetukset) vaihtoehdosta päästiin muuttamaan käyttäjäasetuksia, jotka aseteltiin ensimmäisenä (**Kuva 20.**).

The screenshot shows the administration settings for an ABB Transformer Monitoring device. The interface is organized into several sections:

- Analyzer settings:** Includes a text input for 'Device ID' (value: CHANGE_ME), a date/time picker for 'Analyzer date/time' (value: 14.11.2018 11:51:39), a checkbox for 'Use NTP Server', and a text input for 'NTP Server IP Address' (value: 0.0.0.0).
- Settings:** Contains four password input fields: 'Operator password', 'Administrator password', 'Confirm password', and another 'Confirm password' field.
- Network settings:** Divided into two columns:
 - SCADA:** Includes checkboxes for 'Enable DHCP client' (checked), 'IP address', 'Network mask', 'Gateway', and 'MAC' (value: 00:02:2c:05:4d:aa).
 - Service:** Includes checkboxes for 'Enable DHCP server' (checked), 'IP address' (value: 172.16.100.1), 'Network mask' (value: 255.255.255.0), 'Gateway', and 'MAC' (value: 00:e0:4b:57:26:fc).
- Miscellaneous:** Includes checkboxes for 'Enable ABB remote access' (checked) and 'Enable admin settings on SCADA port' (checked), and a 'Restart analyzer' button.
- Thermal pump:** Includes a checkbox for 'Enable thermal pump' (unchecked) and a warning note: '*Be sure your CoreSense is properly connected to drain valve before enabling this feature. Changes will be applied after reboot.'

At the bottom of the page, there are 'Apply' and 'Cancel' buttons.

Kuva 20. Administration settings.

Analyzer settings (analysaattori asetukset)-kohdassa pystyttiin vaihtamaan Device ID nimi sekä päivämäärä ja aika Analyzer date/time.

Settings (asetukset)-kohdassa pystyttiin antamaan operaattorille ja järjestelmänvalvojalle omat salasanat.

Network settings (verkko asetukset)-kohdassa pystyi asettamaan SCADAlle IP address ja Network mask. Service Ethernet-portille on valmiiksi määriteltä IP address ja Network mask, joita ei tarvinnut muuttaa.

Miscellaneous (sekalainen)-kohdassa pystyttiin ottamaan käyttöön ABB:n etäyhteys laitteelle ja käyttäjän asetukset SDACA-portin kautta, sekä pystyttiin käynnistämään CoreSense-laite uudelleen Restart analyzer.

Thermal pump (lämpöpumppu)-kohdassa voitiin laittaa ruksi Enable thermal pump kohtaan vasta silloin, kun on varmistettu, että CorceSense on liitetty asianmukaisesti tyhjennysventtiiliin sekä venttiili on auki ja CoreSense on ilmattu.

Thermal pump ei ollut työssä käytössä, koska mallirakennelma ei sisältänyt öljysäiliötä, johon CoreSensen olisi voinut liittää. Jos pumpun käynnistää ilman asianmukaista kytkentää, se menee rikki.

4.3.2 Sensors settings

Sensors settings (anturi asetusten) kautta pystyi hakemaan CoreSenselle väylällä olevia eLaitteita Add Modbus (lisää Modbus) sekä Detect Sensors (havaitse anturit) vaihtoehtoilla. Lisäksi vedyn ja kosteuden mittaukseen liittyviä asetteluja pystyttiin muuttamaan sekä ottamaan käyttöön CoreSensen analogisiin sisääntuloihin liitettviä 4-20 mA virtaviestiä käyttäviä antureita (**Kuva 21.**).















Kuva 21. Sensors settings.

4.3.3 Sensors settings Add Modbus

Käytettäessä Add Modbus-vaihtoehtoa pystyttiin hakemaan väylältä yksi eLaitte kerrallaan. Tätä vaihtoehtoa käytettäessä annettiin Add Modbus-vaihtoehdosta avautuvan asettelujen Communication settings (viestintäasetukset)-kohtaan väylältä haettavan eLaitteen Device ID-numero sekä Register-numero, jotka löytyivät taulukosta 3.

Taulukko 3. eLaitteiden tiedot.

eDevice	Sensor name	Device ID ¹	Device ID Range	Register	Units	Slope	Bias	En. 24h averaging	Upper Alarm ²	Upper Warning ²	Lower Warning ²	Lower Alarm ²
 eBR	eBR - Gas accumulation	32 or 127	32-47 or 112-127	8194	ml	1	0	NO	240	-	-	-
 ePRD	ePRD - Tank Pressure	48 or 159	48-63 or 144-159	8194	kPa	1	0	NO	0.3 x PRD calibrating pressure (kPa)	-	-	-
 eOLI	eOLI - Oil level	143 or 16	128-143 or 16-31	8192	%	1	0	NO	90	80	20	10
 eOTI	eOTI - Oil temperature	95	80-95	8192	°C	1	0	NO	90	80	20	0
 eWTI	eWTI - Winding temperature	111	96-111	8192	°C	1	0	NO	90	80	20	0
 SDB 10	SDB10 OLTC - salt saturation	1	1-16	8192	%	1	0	NO	-	-	-	-
 SDB 15	SDB15 Main tank - salts saturation	1	1-16	8192	%	1	0	NO	-	-	-	-
 SDB 30	SDB30 Main tank - salts saturation	1	1-16	8192	%	1	0	NO	-	-	-	-
 SDB 40	SDB40 Main tank - salts saturation	1	1-16	8192	%	1	0	NO	-	-	-	-
 SDB 10C	SDB10C OLTC - salts temperature	175	160-175	106	°C	0.1	0	NO	-	-	-	-
 SDB 12C	SDB12C OLTC - salts temperature	175	160-175	106	°C	0.1	0	NO	-	-	-	-
 SDB 14C	SDB14C Main tank - salts temperature	175	160-175	106	°C	0.1	0	NO	-	-	-	-

Tämän jälkeen testattiin löytyykö eLaite väylältä painamalla Test connection to device (testaa yhteys laitteeseen)-toimintoa. Jos eLaite löytyy väylältä, testi ilmoittaa testin onnistuneeksi sekä kertoo laitteelta mitatun arvon (**Kuva 22.**). Haettu laite oli pressure relief device.

Communication settings

Device ID*

Register*

* The test connection option is not available when the external relay module is enabled

SCADA modbus start index : Undefined (sensor not saved yet)

SCADA DNP3 start index : Undefined (sensor not saved yet)

SCADA IEC60870-5-104 start index : Undefined (sensor not saved yet)

Test result : Success
Value read: 70

Kuva 22. Test connection to device.

Testin jälkeen tehtiin loput asettelut eLaitteelle. Aseteltiin eLaitteelle ainakin kaikki punaisella tähdellä merkatut kohdat, joihin kaikki tarvittavat tiedot löytyivät (**Taulukosta 3.**). Lopuksi painettiin asettelujen alla olevaa Apply (käytä)-painiketta, jolla otettiin kaikki tehdyt asettelut käyttöön (**Kuva 23.**). Tämän jälkeen eLaitteen tiedot meni web-käyttöliittymän kojetaululle sekä historiaan. Halutessa muuttaa Add Modbus vaihtoehdolla etsityn eLaitteen asetteluja, mentiin Sensors listaan ilmestyneeseen genericModbus (yleinen Modbus) vaihtoehtoon, josta valittiin haluttu eLaitte (Kuva 24.).

Generic modbus sensor settings

Sensor name *

Property name *

Units

Enabled

Communication settings

Device ID *

Register *

Modbus Offset : 220
 DNP3 Offset : 42
 IEC60870-5-104 Offset : 240

Post-processing(opt)

Slope *

Offset *

Level validation

Enable maximum alarm validation
 Maximum alarm value

Enable maximum warning validation
 Maximum warning value

Enable minimum warning validation
 Minimum warning value

Enable minimum alarm validation
 Minimum alarm value

Kuva 23. Add Modbus-asettelut.

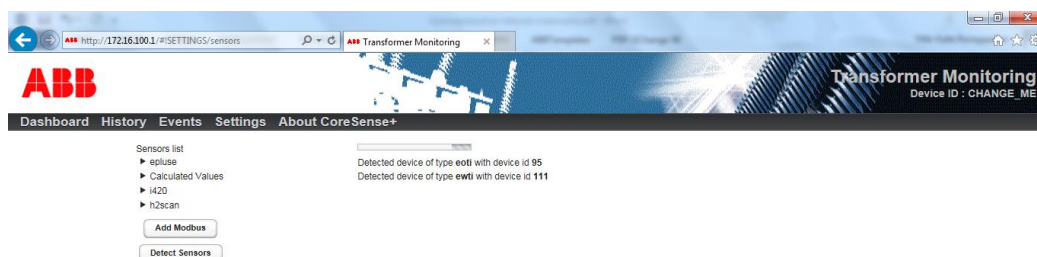
Sensors list

- ▶ ewfi
- ▶ epluse
- ▶ eoti
- ▶ Calculated Values
- ▶ i420
- ▼ genericModbus
 -
- ▶ h2scan

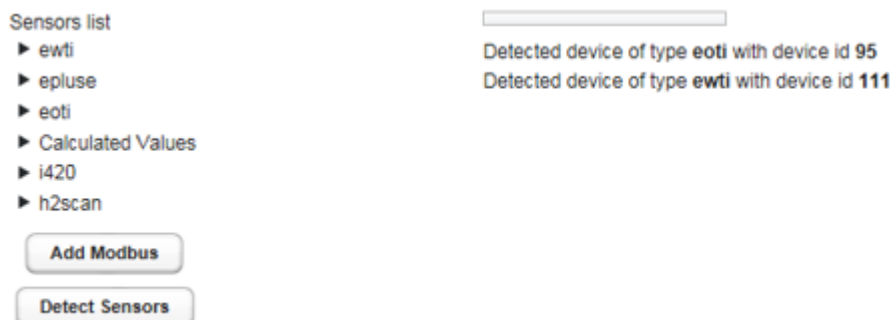
Kuva 24. Sensors list genericModbus.

4.3.4 Sensors settings Detect Sensors

Käytettäessä Detect Sensors vaihtoehtoa CoreSense ryhtyi etsimään väylällä olevia eLaitteita automaattisesti. Aina eLaitteen löytyessä väylältä, latausviivan alle tuli näkyviin löytyneen laitteen lyhennetty nimi sekä ID-numero. Tässä tapauksessa löytyneet laitteet olivat käämin lämpötilamittari ja öljyn lämpötilamittari (**Kuva 25.**). Kun haku oli suoritettu loppuun, eLaitteet menivät Sensor listaan (**Kuva 26.**).



Kuva 25. Detect Sensors etsii eLaitteita.



Kuva 26. Sensor-listaan tuodut eLaitteet.

Sensor-listasta jokainen haettu eLaite tuli käydä erikseen asettelemassa, jotta voitiin ottaa eLaite käyttöön. Tässäkin tapauksessa täytettiin ainakin kaikki punaisel-

la ruksilla merkatut kohdat, joihin tiedot löytyivät taulukosta 3. Samalla tavalla kuten Add Modbus kohdassa painettiin asettelujen loppuksi Apply painiketta, jolla otettiin tehdyt asetelut käyttöön ja tuotiin eLaitte kojetaululle ja historiaan (**Kuva 27.**).

The screenshot shows the configuration interface for a sensor. On the left is a 'Sensors list' with a tree view containing 'ews', 'epluse', 'eoti' (expanded), 'eoti_95', 'Calculated Values', 'i420', and 'h2scan'. Below the list are 'Add Modbus' and 'Detect Sensors' buttons. The main area is titled 'Generic modbus sensor settings' and contains several sections:

- Generic modbus sensor settings:**
 - Sensor name*: eoti_95
 - Property name*: level-eoti
 - Units: eotiPPM
 - Enabled
- Communication settings:**
 - Modbus Offset: 210
 - DNP3 Offset: 32
 - IEC60870-5-104 Offset: 220
- Post-processing(opt):**
 - Slope*: 1
 - Offset*: 0
- Level validation:**
 - Enable maximum alarm validation
 - Maximum alarm value: 0
 - Enable maximum warning validation
 - Maximum warning value: 0
 - Enable minimum warning validation
 - Minimum warning value: 0
 - Enable minimum alarm validation
 - Minimum alarm value: 0

At the bottom are 'Apply' and 'Delete' buttons.

Kuva 27. eLaitteen asetelut.

4.3.5 Sensors settings 4-20 mA virtaviestit

Otettaessa 4-20 mA virtaviestejä käyttöön, mentiin Sensor-listassa olevaan i420 vaihtoehtoon, josta avautui kolme vapaata 4-20 mA virtakanavaa. Valitsin saman kanavan numeron 1, mihin olin tuonut öljyn lämpötilamittarin 4-20 mA virtaviestin ja tein tarvittavat asetelut (**Kuva 28**).

Sensors list

- ▶ ewt
- ▶ epluse
- ▶ eoti
- ▶ Calculated Values
- ▼ i420
 - Oil
 - channel 2
 - channel 3
- ▶ genericModbus
- ▶ h2scan

Add Modbus

Detect Sensors

4-20 mA inputs sensor settings

Enabled

Sensor name * Oil

Property name * Oil

Units

4-20 mA inputs sensor settings

Enabled

4 mA value * 0

20 mA value * 100

Post-processing(opt)

Slope * 1

Offset * 0

Level validation

Enable maximum alarm validation

Maximum alarm value 0

Enable maximum warning validation

Maximum warning value 0

Enable minimum warning validation

Minimum warning value 0

Enable minimum alarm validation

Minimum alarm value 0

Apply

Kuva 28. 4-20 mA virtaviestin asetelut.

Muuten samalla tavalla kuin edellisissäkin aseteluissa annettiin tiedot ainakin punaisella raksilla merkattuihin kohtiin, paitsi 4-20 mA virtaviestien Slope- ja Offset-arvot tulivat skaalata suoranyhtälön kaavaa käyttäen.

Ensimmäisestä kaavasta saadaan laskettua Slope.

$$k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y-y_0}{x-x_0} \quad (1)$$

Toisesta kaavasta saadaan laskettua Offset.

$$y_0 = k \times x_0 + b \quad (2)$$

- k = kulmakerroin (Slope)
- x = 20 mA
- x_0 = 4 mA
- y = mittalaitteen mittaama suurin arvo
- y_0 = mittalaitteen mittaama pienin arvo
- b = vakiotermi (Offset)

Lopuksi otetaan 4-20 mA virtaviesti käyttöön painamalla Apply-painiketta. Tämän jälkeen mittaustulos menee kojetaululle sekä historiaan.

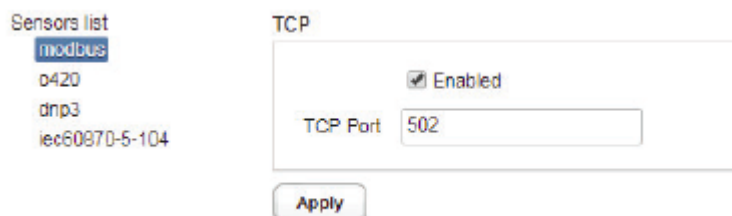
4.3.6 Publication settings

Publication settings (julkaisuasetukset)-vaihtoehdosta pystyttiin muuttamaan Modbus, 4-20 mA virtaviestilähtöjen ja DNP3 asetuksia (**Kuva 29.**).



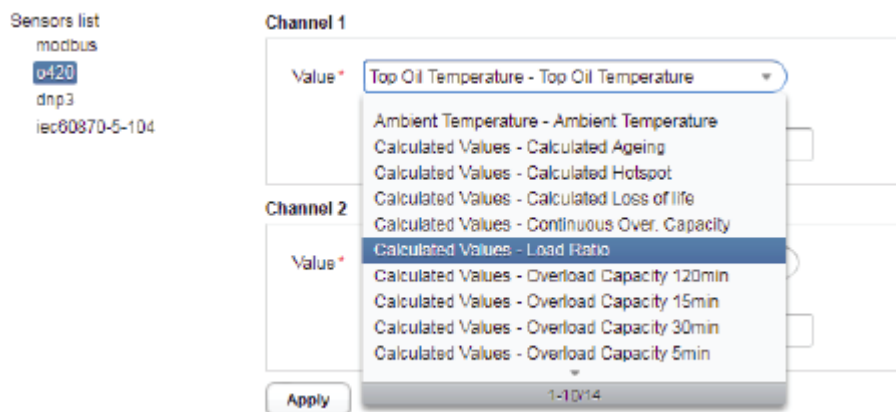
Kuva 29. Publication settings.

Modbus asetuksista pystyttiin muuttamaan TCP-portin numeroa ja ottaa se käyttöön painamalla ruksin Enabled-kohtaa sekä hyväksymällä se Apply-vaihtoehdolla (**Kuva 30.**).



Kuva 30. Modbus.

4-20 mA virtaviestilähtöjen asetteluissa pystyttiin valitsemaan, mitkä kaksi mitausta ulostuloista annetaan (**Kuva 31.**).



Kuva 31. 4-20 mA virtaviestilähdöt.

DNP3-asetuksissa pystyttiin lataamaan DNP3-laiteprofiili osoitteesta www.abb.com ja ottamaan asetukset käyttöön Apply-vaihtoehdolla (**Kuva 32.**).



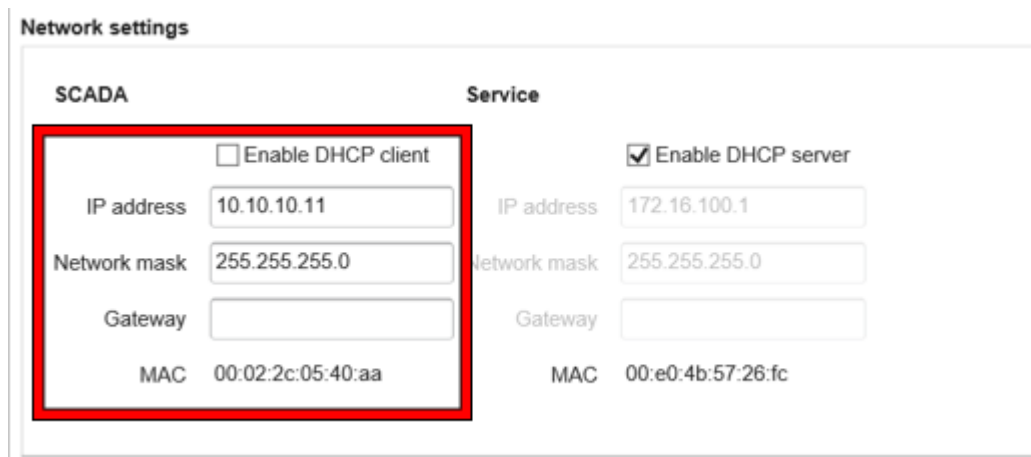
Kuva 32. DNP3.

Sensors-listan alimmaisessa iec60870-5-104 vaihtoehdossa ei ollut asettelumahdollisuuksia.

4.4 SCADA Ethernet-portin asettelut

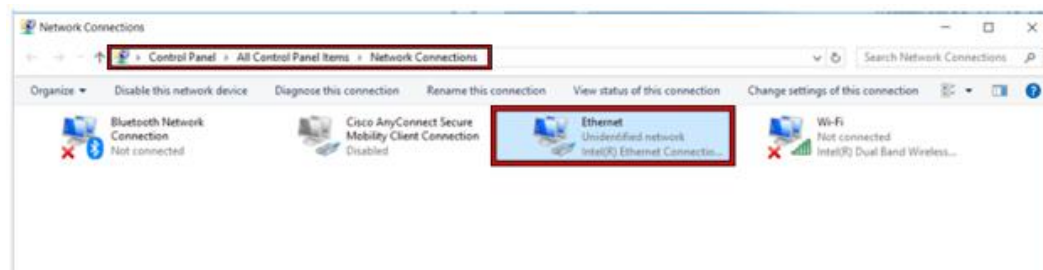
Otettaessa SCADA Ethernet-portti käyttöön tuli tehdä CoreSenselle ja käytettävälle tietokoneelle seuraavat asetukset.

CoreSensen päässä mentiin Administration settings, jossa SCADA Ethernet-portille aseteltiin IP address ja Network mask sekä otettiin Enable DHCP client pois käytöstä. Tämän jälkeen painettiin Administration settings lopusta Apply vaihtoehtoa, jonka jälkeen CoreSense käynnistää itsensä uudelleen (**Kuva 33.**).



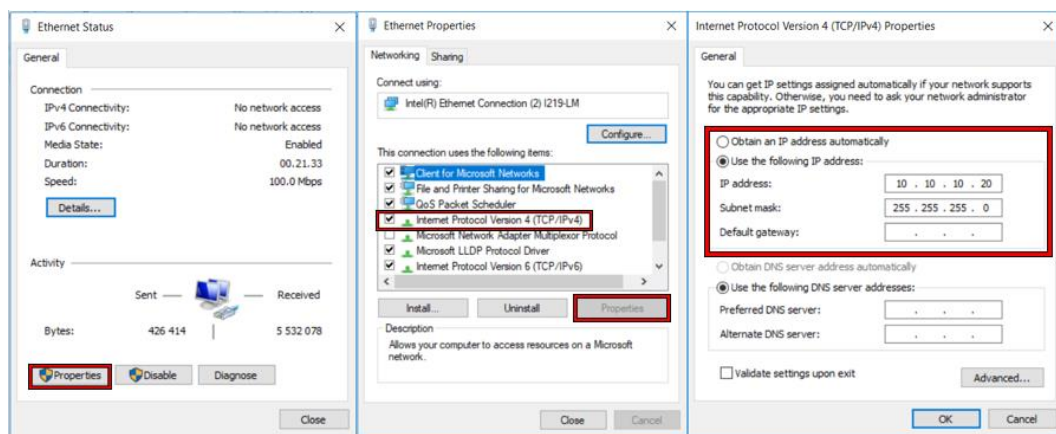
Kuva 33. SCADA Ethernet-portin asettelut.

Käyttämässäni tietokoneessa oli käytössä Windows 10-käyttöjärjestelmä, josta mentiin aluksi Control Panel (ohjauspaneeli)-valikkoon ja sieltä valittiin All Control Panel Items (kaikki ohjauspaneelin kohteet), josta valittiin Network Connections (verkkoyhteydet) ja klikattiin Ethernet-vaihtoehtoa (**Kuva 34.**).



Kuva 34. Tietokoneen asettelujen ensimmäinen osa.

Seuraavaksi edettiin kuvan 35 mukaisesti, että päästiin antamaan Internet Protocol Version 4:lle haluttu IP address ja Subnet mask-osoitteet.



Kuva 35. Tietokoneen asettelujen toinen osa.

Asetellessa tietokoneelle IP-osoite tuli ottaa huomioon, että osoitteen viimeinen numero tuli olla suurempi, mitä CoreSense asetteluissa oli annettu. CoreSensen IP-osoite oli 10.10.10.11 ja tietokoneeseen aseteltiin IP-osoite 10.10.10.20. Subnet mask on sama, mikä CoreSensen Administration settingsissä on annettu.

Asettelujen jälkeen yhdistin tietokoneen CoreSensen SCADA Ethernet porttiin ja kirjoitin Internet Explorer-nettiselaimen CoreSenseen annetun IP-osoitteen <http://10.10.10.11> ja testasin toimivuuden. SCADA Ethernet portin kautta aukesi samannäköinen web-käyttöliittymä kuin Service Ethernet-portin kautta, niin kuin kuuluukin. Testi oli onnistunut ja siirryin CoreTec 4:n testaukseen.

5 CORETEC 4 TESTAUS

5.1 Ohjauskaapin rakentaminen

CoreTec 4 testauksessa rakennettiin CoreTec 4:lle oma ohjauskaappi, jolla testattiin samalla, kuinka tarvittavat laitteet sijoitetaan järkevästi ohjauskaappiin (**Kuva 36**). CoreTec 4 asennettiin kyseisen ohjauskaapin oveen.

Ohjauskaapin sisältö:

- 50 kappaletta riviliittimiä
- ABB 16 A johdonsuojakatkaisija
- 2 kappaletta ABB CP-D 24/2,5 teholähteitä
- 2 kappaletta TTR 200 lämpötilalähtettä
- CU-875 AC virta-anturi
- ICP CON M-7069-UT-ABB.



Kuva 36. CoreTec 4-ohjauskaapin sisältö.

Saatuani valmiiksi CoreTec 4-ohjauskaapin, kaappi kiinnitettiin mallirakennelmaan ja aloitin laitteiden yhteenkytkemisen.

5.2 Väylän rakentaminen

CoreTec 4 sarjaliikenneväylään kytkin kaikki mahdolliset laitteet, jotka olivat mallirakennelmassa:

- CoreSense
- Oil temperature indicator
- Winding temperature indicator
- Pressure relief device
- Oil level indicator
- Buchholz relay
- Self-dehydrating breather

Lähdin kytkemään väylää CoreTec 4:ltä eteenpäin. CoreTec 4:n päässä RS-485 kytkettiin half-duplex muotoon ja vietiin ensimmäiselle väylällä olevalle laitteelle, joka oli CoreSense, joka kytkettiin myös half-duplex muotoon. Väylää vietiin eteenpäin samalla tavalla eLaitteelta eLaitteelle kuin päivitetyn CoreSensen testauksessa. Väyläkaapeloinnissa käytössäni oli myös Nestor Cables KJAAM-HF 4x(2+1)x0,5-kaapeli.

Kaikille muille eLaitteille kytkettiin 24V DC syöttö CoreTec 4:n kaapilta ja vietiin rinnankytkennällä eLaitteelta eLaitteelle, paisti self-dehydrating breather-laitteelle tuotiin 230V AC syöttö CoreTec 4:n ohjauskaapilta. CoreSenselle jätin päivitetyn CoreSensen testauksesta jääneen 230V AC syöttökaapelin.

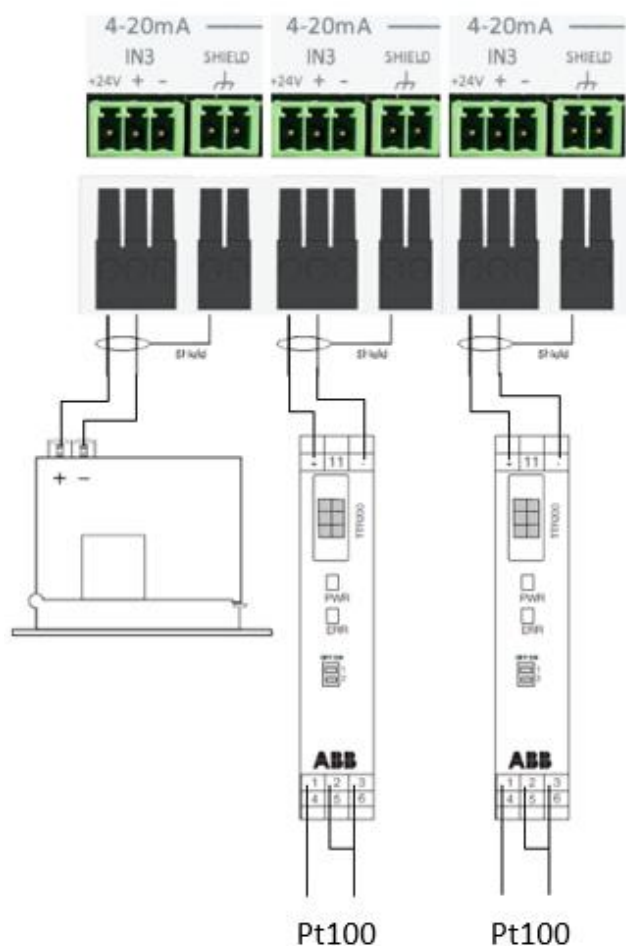
5.3 4-20 mA virtaviestiä käyttävien laitteiden kytkentä

CoreTec 4 vaati toimiakseen muuntajan kuorman mittauksen sekä öljyn ja ympäristön lämpötilan mittauksen. Jos näitä antureita ei kytke tai jokin näistä mittauksista ei toimi, CoreTec 4 vilkuttaa punaista system LED-merkkivaloa. Nämä mittaukset tehtiin AC-virta-anturilla ja kahdella TTR 200-lämpötilalähtimellä.

AC-virta-anturin läpi laitoin ohjauskaapille tulevan syötön vaihejohtimen, jolla saatiin edes jotain näkyviin laitteen toimivuuden testaukseen. AC-virta-anturi kytkettiin ensimmäiseen analogiseen 4-20 mA virtaviestituloon (**Kuva 37.**)

TTR 200-lämpötilalähettimeihin kytkin molempiin 2-johtimisen pt100-anturin, jotka molemmat mittasivat huoneen lämpötilaa, koska ei ollut muita lämpötilan mittaushaavoja. TTR 200-lämpötilalähettimeistä öljyn lämpötilan mittausta kuuluisi kytkeä toiseen analogiseen 4-20 mA virtaviestituloon ja ympäristön lämpötilaa mittaava kolmanteen analogiseen 4-20 mA virtaviestituloon (**Kuva 37.**)

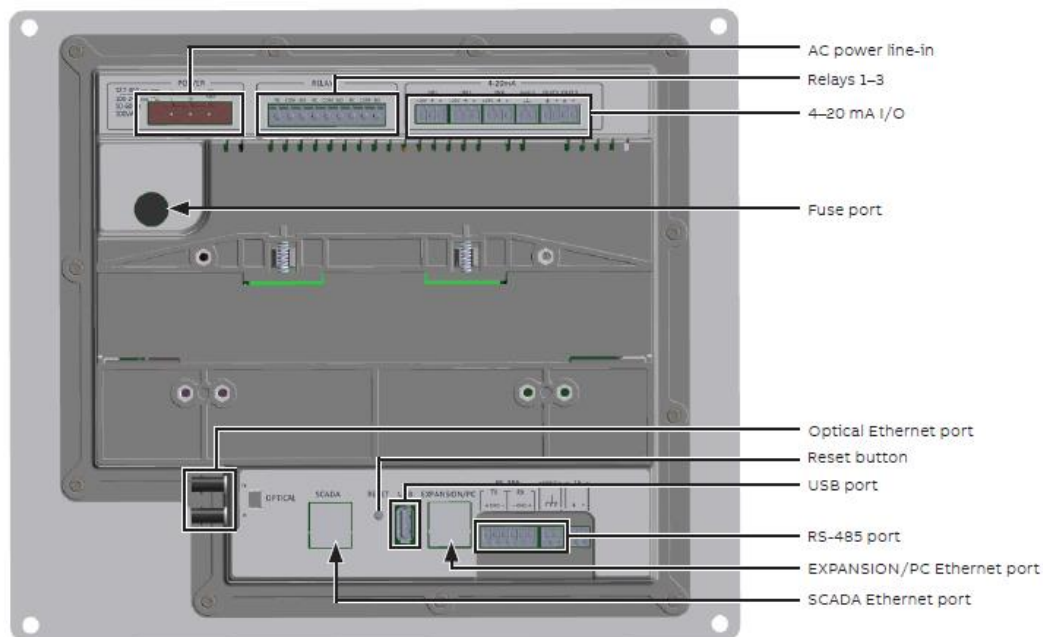
Kaikki 4-20 mA virtaviestejä käyttävät laitteet kytkettiin käyttäen self-powered-kytkentätapaa.



Kuva 37. 4-20 mA virtaviestiä käyttävien antureiden kytkentä.

5.4 CoreTec 4:n päivittäminen

Työssä CoreTec 4 päivitettiin uusimpaan 1.0.5 versioon. Päivitys tapahtui samalla tavalla asettamalla päivitetyn version sisältävän muistitikun kuvassa 38 olevaan CoreTec 4-laitteen USB-porttiin ja tekemällä samat asiat kuin päivitetyn CoreSensen testauksessa. (Kappale 4.1)

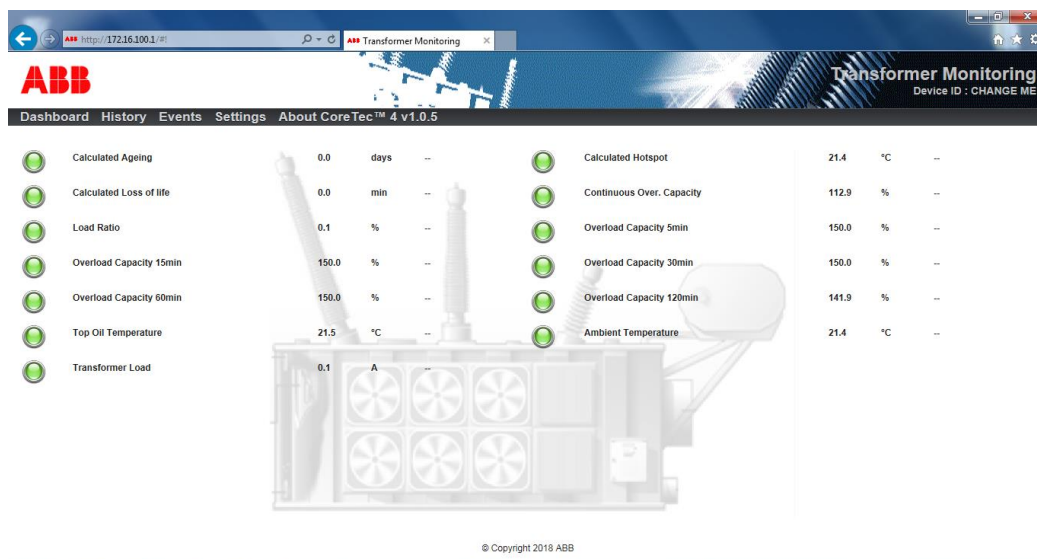


Kuva 38. CoreTec 4 sisältö. /2/

5.5 CoreTec 4:n web-käyttöliittymän testaus

CoreTec 4:n web-käyttöliittymän testauksessa kytkettiin Ethernet-kaapeli tietokoneen ja CoreTec 4:n EXPANSION/PC Ethernet-portin välille. Tietokoneella avattiin Internet Explorer-nettiselain, johon kirjoitettiin osoitteeksi: <http://172.16.100.1>.

Nettiselaimen avautui CoreTec 4:n web-käyttöliittymä, jossa oli valmiina olevat mittaukset, joihin kuului kolme kytkettyä 4-20 mA virtaviestiä, joita ei tarvinnut erikseen määrittellä (**Kuva 39**).



Kuva 39. CoreTec 4-kojetaulu.

CoreTec 4 web-käyttöliittymä oli samannäköinen kuin päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymä, mutta se sisälsi tiettyjä eroavaisuuksia, joita käydään seuraavaksi läpi.

5.5.1 Administration settings

CoreTec 4:n administration settings-valikko sisälsi muuten samat asiat kuin päivitetyn CoreSensen administration settings-valikko, paitsi thermal pump-vaihtoehto oli vaihdettu external relay module vaihtoehdoksi. External relay module (ulkoisen relemoduuli)-vaihtoehdolla pystyttiin ottamaan käyttöön CoreTec 4 releet, joita käytettiin muuntajan jäähdytykseen öljyn lämpötilan noustessa määritellyn rajan yli (**Kuva 40.**).

Kuva 40. External relay module.

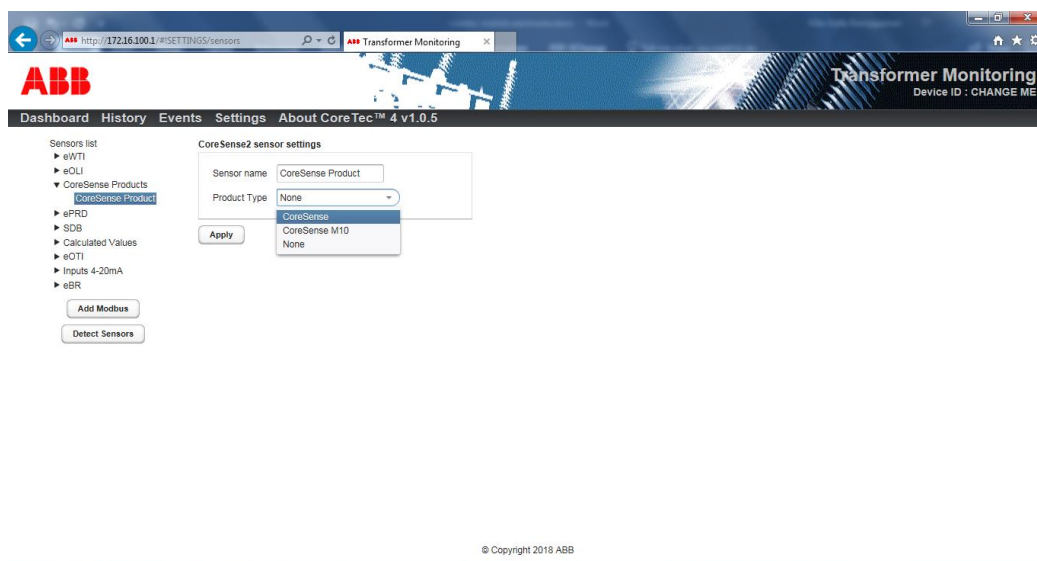
Releillä ohjattiin muuntajan radiaattoreihin kiinnitettyjä tuulettimia, joilla saatiin laskettua öljyn lämpötilaa. Lämpötilan rajat pystyttiin määrittelemään Sensor settings-valikon kautta, josta valittiin Calculated values (lasketut arvot) ja siltä löytyi kuvassa 41 oleva Cooling control-vaihtoehto. Cooling control (jäähdytysohjaus) vaihtoehdolla pystyttiin määrittelemään, missä öljyn lämpötilassa ensimmäinen ja toinen jäähdytysryhmä käynnistyy.

Kuva 41. Cooling control. /2/

5.5.2 Sensors settings

Sensors settings-valikossa testasin samaan tapaan hakea väylään kytketyt eLaitteet kuin päivitetyn CoreSensen testissä käyttäen Detect sensors ja Add Modbus vaihtoehtoa. 4-20 mA virtaviestejä ei tarvinnut erikseen määritellä. Ainoa eroavaisuus

oli se, että Sensors settings-valikon kautta pystyttiin ottamaan käyttöön CoreSense Products (**Kuva 42.**).



Kuva 42. CoreSense Products.

Väylään kytkettyä CoreSense ei haettu CoreTec 4:lle samalla tavalla väylältä kuin muita eLaitteita, vaan käytettiin CoreSense Products (CoreSense tuotteet)-vaihtoehtoa. Tällä vaihtoehdolla valittiin kahdesta vaihtoehdosta CoreSense ja painettiin Apply-painiketta ottamalla CoreSense käyttöön.

5.5.3 Publication settings

Publication settings sisälsi kaikki samat vaihtoehdot kuin päivitetyn CoreSensen Publication settings valikossa. (Kappale 4.3.6)

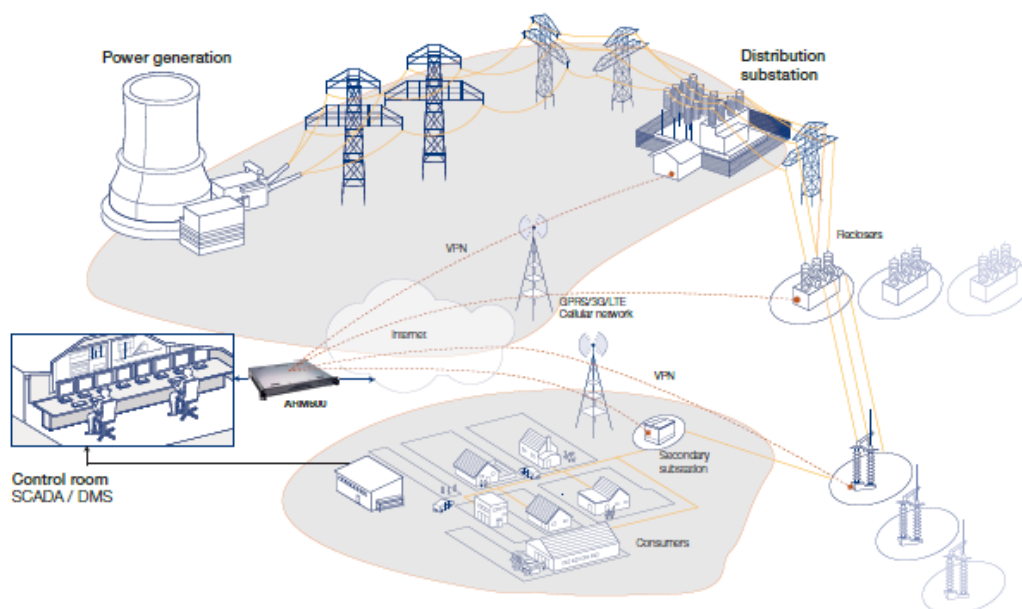
5.6 SCADA Ethernet portin asettelut

CoreTec 4:n SCADA Ethernet portin asetteluissa tein samat asiat kuin päivitetyn CoreSensen SCADA Ethernet portin asetteluissa ja testasin toiminnan. (Kappale 4.4)

6 TIEDON SIIRTÄMINEN ASIAKKAAN JÄRJESTELMÄÄN

Tiedon siirtäminen päivitetyltä CoreSenselta sekä CoreTec 4:ltä asiakkaan järjestelmään onnistuu monella eri tavalla.

Mikäli asiakkaalla ei ollut ennestään olemassa olevaa SCADA-järjestelmää, voitiin tuoda CoreSensen tai CoreTec 4:n SCADA Ethernet-porteista suoraan tieto asiakkaan järjestelmään käyttäen esimerkiksi ARG600 Wireless Gateway-laitetta ja vastaanottamaan tieto valvomon vastaanottimella esimerkiksi ARM600-laitteella (**Kuva 43.**).



Kuva 43. Tiedon siirtäminen asiakkaan järjestelmään. /14/

Jos asiakkaalla on käytössä muuntajan läheisyydessä jokin ABB:n suojarole, joka on yhteydessä asiakkaan järjestelmään, voidaan tuoda CoreSensen tai CoreTec 4:n SCADA Ethernet-portista tieto ABB:n suojaroleen Ethernet-porttiin. Tämä on mahdollista, koska laitteet tukevat IEC 61850-standardia.

IEC 61850-standardi on tietoliikenneverkoissa ja ala-asemien järjestelmissä käytettävä standardi, joka mahdollistaa eri laitteiden kommunikoinnin toistensa kanssa. /15/

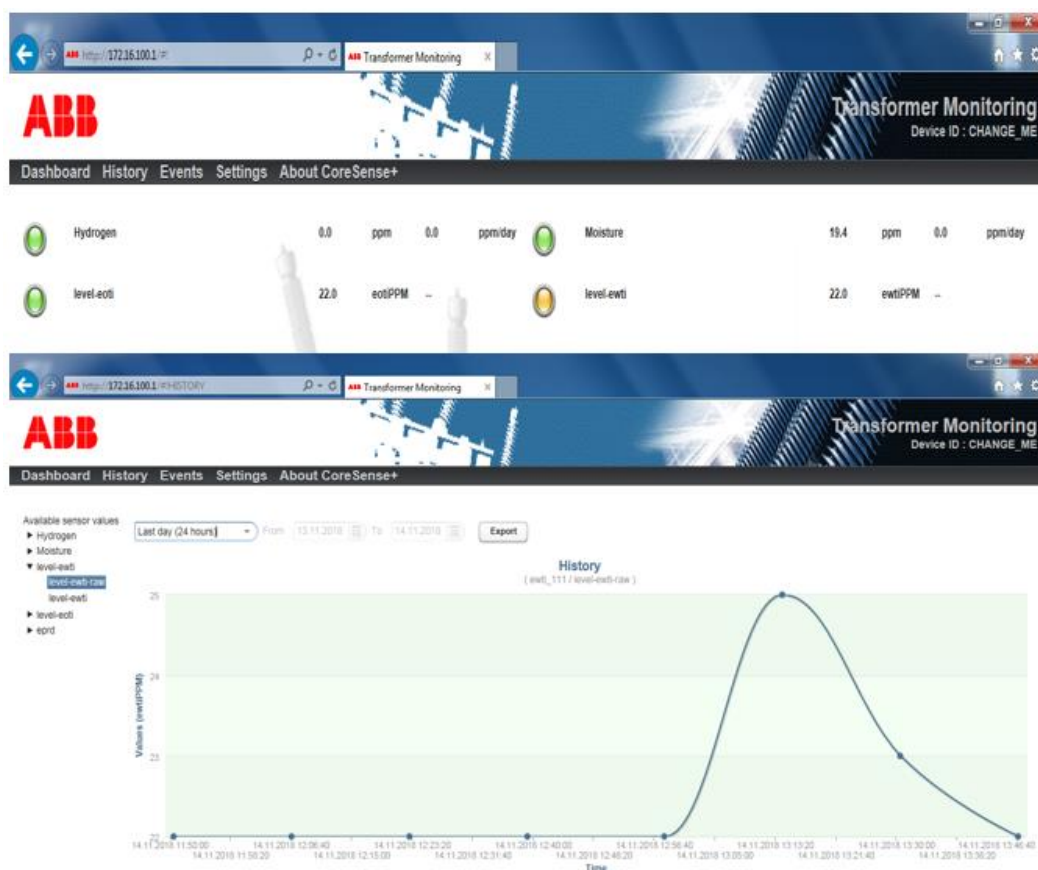
CoreSense ja CoreTec 4 on myös mahdollista yhdistää ABB MicroSCADA-järjestelmään, koska laitteet tukevat IEC 61850-standardia. Tässäkin tapauksessa CoreSensen tai CoreTec 4 SCADA Ethernet-portista tulee viedä tieto lähettimellä asiakkaan valvomon vastaanottimelle, josta viedään tieto ABB SYS600C-laitteen Ethernet-porttiin.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

7.1 Työn tulos

Opinnäytetyössäni päästiin haluttuun lopputulokseen ja saatiin testattua, kuinka eLaitteet sekä 4-20 mA virtaviestiä käyttävät laitteet kytketään sekä kuinka ne otetaan käyttöön päivitettyllä CoreSense sekä CoreTec 4:llä.

Molemmissa toteutuksissa testattiin myös antaako päivitetty CoreSense sekä CoreTec 4 varoituksen tai hälytyksen, kun lisätty eLaitte tai 4-20 virtaviestiä käyttävä laite mittaa yli annetun raja-arvon. Nämä testit sain suoritettua käämin ja öljyn lämpötilamittareilla sekä CoreTec 4:ään kytketyillä pt100-antureilla. Asettelin web-käyttöliittymässä lämpötilan varoitusraja-arvoksi hieman yli mitatun huoneen lämpötilan, joka oli noin +22 °C astetta. Tämän jälkeen hieromalla lämpötila-anturin saatiin nostettua mitattua lämpötilaa. Keltainen LED-merkkivalo syttyi molemmissa toteutuksissa laitteessa ja web-käyttöliittymän kojetaululla varoituksen tullessa. Hälytyksen testasin samalla tavalla kuin varoituksen ja punainen LED-merkkivalo syttyi lämpötilan noustessa yli rajan. Historiassa oli lisätyn laitteen aikajanalle piirtynyt käyrä, joka kuvasi lämpötilan nousua ja laskua (**Kuva 44.**).



Kuva 44. Keltainen LED-merkkivalo ja lämpötilan mittaus aikajanalla.

7.2 Muut kuin ABB:n mittalaitteet

Haluttiin selvittää myös pystyykö CoreSenseen tai CoreTec 4:ään lisätä muita kuin ABB:n mittalaitteita. Työssä sain selville, että väylään ei pystytty lisäämään eLaitteiden lisäksi muita laitteita, koska tarvittiin taulukosta 3 löytyvät laitteiden Device ID-numerot sekä Register-numerot. Mikäli haluttiin lisätä muita kuin ABB:n mittalaitteita, ne pystyttiin lisäämään päivitetyn CoreSensen analogisiin 4-20 mA virtaviestituloihin, joita oli vapaana 3 kappaletta. CoreTec 4:ssä ei ole vapaita analogisia 4-20 mA virtaviestituloja, koska niihin kytketään muuntajan kuorman mittaus sekä öljyn ja ympäristön lämpötilamittaukset.

7.3 Asennusohjeet

Tein ABB Transformers TRESille molemmista opinnäytetyössä testaamistani laitteista asennusohjeet. Asennusohjeissa käydään läpi, kuinka eLaitteet sekä 4-20

mA virtaviestiä käyttävät laitteet kytketään CoreSenseen sekä CoreTec 4:ään. Lisäksi käydään läpi, kuinka eLaitteet ja 4-20 mA virtaviestiä käyttävät laitteet otetaan käyttöön päivitetyn CoreSensen ja CoreTec 4:n web-käyttöliittymissä. Lopuksi käydään myös läpi mitä tehdään SCADA Ethernet-portin asetteluissa, sekä kuinka tieto siirretään asiakkaan järjestelmään (**Kuva 45.**).

ABB TRANSFORMERS		ABB TRANSFORMERS	
Päivitetty CoreSense		CoreTec 4	
Työohje		Työohje	
Sisällys		Sisällys	
RS-485 sarjajärjestelmän kytkeminen	2	RS-485 sarjajärjestelmän kytkeminen	2
Vieressä kytkennä	3	Vieressä kytkennä	3
Huomiotava sarjajärjestelmän lajiteluissa	4	Huomiotava sarjajärjestelmän lajiteluissa	4
CoreSensen kytkentä RS-485 sarjajärjestelmään	5	CoreTec 4:n kytkeminen RS-485 sarjajärjestelmään	5
Laiteiden kytkentä RS-485 sarjajärjestelmään	9	CoreSensen kytkentä RS-485 sarjajärjestelmään	7
eBR - Buchholz Relay - Gas accumulation	10	Laiteiden kytkentä RS-485 sarjajärjestelmään	11
ePRD - Pressure Relief Device - Tank pressure	13	eBR - Buchholz Relay - Gas accumulation	12
eOLI - Oil Level Indicator - Oil level	16	ePRD - Pressure Relief Device - Tank pressure	15
eOTI - Oil Temperature Indicator - Oil temperature	20	eOLI - Oil Level Indicator - Oil level	18
ewTI - Winding Temperature Indicator - Winding temperature	23	eOTI - Oil Temperature Indicator - Oil temperature	22
SDS 10-40 - Self-Dehydration Switcher - Salt Saturation	26	ewTI - Winding Temperature Indicator - Winding temperature	25
CoreSensen päivittäminen	28	SDS 10-40 - Self-Dehydration Switcher - Salt Saturation	30
Päivitetyn CoreSensen web-käyttöliittymän asetukset	30	CoreTec 4:n päivittäminen	35
Detect Sensors	34	CoreTec 4 web-käyttöliittymän asetukset	37
Add Modbus	36	Detect Sensors	41
Laiteen asetukset	38	Add Modbus	43
4-20 mA viestit	39	Laiteen asetukset	45
SCADA Ethernet portin asetukset	49	Eläköntoiminto	46
Tietokoneen IP asetukset	50	CoreSense Products	47
Testaus	51	4-20 mA viestit	48
ABB microSCADA	52	SCADA Ethernet portin asetukset	49
		Tietokoneen IP asetukset	50
		Testaus	51
		ABB microSCADA	52

Kuva 45. Asennusohjeet.

7.4 Ongelmat

Työssä kuitenkin ilmeni ohjelmisto-ongelmia molempien CoreSensen sekä CoreTec 4:n web-käyttöliittymien käytössä.

Päivitetystä CoreSensessä ongelmana oli 4-20 mA virtaviestin asetuksissa oleva Offset-asettelu, jolla olisi pitänyt pystyä vähentämään mitatusta arvosta ensimmäiset 4 milliampeeria, mikä oli tämän mittauksen tapauksena ylimääräiset 37,5 °C astetta. Kytkevästäni Oil temperature indicator-mittalaitteesta tuotu 4-20 mA virtaviesti näytti Slope ja toimimattoman Offset-asettelun jälkeen huoneen lämpötilaksi noin +60 °C astetta vaikka huoneen lämpötila oli noin +22 °C astetta.

CoreTec 4:n tapauksessa vikatilanne tapahtui otettua CoreSense Product käyttöön Sensors settings-valikosta. CoreTec 4 rupesi käynnistämään itsensä uudelleen

noin 7-8 minuutin välein otettua CoreSense Product käyttöön. CoreTec 4:lle oli vian aikana kuitenkin tullut CoreSensen mittaustietoja, joten kyse ei ollut kytkennän viallisuudesta. Ongelma saattoi johtua myös siitä, että CoreSensen thermal pump ei ollut päällä, minkä takia CoreSensen system LED-merkkivalo paloi keltaisena tarkoittaen hälytys tilaa. Työssä ei kuitenkaan voitu laittaa thermal pump-toimintoa päälle CoreSense-laitteen rikkoutumisvaaran vuoksi, koska sitä ei ollut asennettu asianmukaisesti öljyllä täytettyyn säiliöön.

Laitteiden Softwaret ovat kuitenkin vasta kehitysvaiheessa ja tietojen mukaan lähitulevaisuudessa molempiin laitteisiin on tulossa ohjelmistopäivitykset, joiden kautta web-käyttöliittymät muuttuvat visuaalisesti ja mahdollisesti laitteista löytyneet ohjelmisto-ongelmat tullaan korjaamaan.

7.5 Mahdollisia jatkotutkimuksia

Työssä ei testattu fyysisesti, kuinka muilla eri tavoilla saatiin siirrettyä tieto CoreSenseltä tai CoreTec 4:ltä asiakkaan olemassa olevaan järjestelmään, esimerkiksi käyttäen ABB:n suojarelettä tai SYS600C-laitetta. Tässä olisi hyviä jatkotutkimuksen aiheita, jossa voitaisiin testata, mitä toimenpiteitä pitää tehdä otettaessa laite käyttöön suojareleen kanssa vai riittääkö vain Ethernet-kaapelin kiinnittäminen laitteiden välille. Tutkittaessa SYS600C laitteen liitettävyyttä, voitaisiin esimerkiksi rakentaa MicroSCADAn ohjelmistolle vakio valvomonäyttö CoreSense- sekä CoreTec 4-laitteesta.

Laitteiden tulevien ohjelmistouudistuksien kautta web-käyttöliittymien ulkoasut sekä asetellut voivat tulla muuttumaan niin paljon, etteivät ne enää vastaa tässä työssä olleita ulkoasuja sekä asetteluja. Päivitystyistä versiosta voitaisiin tehdä päivitetyt ohjeet.

LÄHTEET

- /1/ ABB. 2018. User Guide CoreSense Hydrogen and Moisture Sensor. Viitattu 1.4.2019.
https://library.e.abb.com/public/32e39356baed4c7aaa773c3956369b40/AA010577-01_Rev%20F_CoreSense%20User%20Guide.pdf
- /2/ ABB. 2018. CoreTec 4 ABB Ability condition monitoring for transformers. Viitattu 1.4.2019.
https://library.e.abb.com/public/bb5fe4639c71466aae54546a3775f913/1LAB000631_CoreTec%204_Transformer%20Monitoring%20Platform.pdf
- /3/ ABB. 2018. User Guide CoreTec 4 Transformer Monitoring System.
- /4/ ABB. 2019. eDevices with analog and digital output. Viitattu 1.4.2019.
<https://new.abb.com/products/transformers/transformer-components/measurement-and-safety-devices/edevices>
- /5/ Buchholz relay Comem eBR. 2017. Reliable gas accumulation monitoring. Viitattu 5.4.2019.
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106930A3590&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- /6/ Pressure relief device Comem ePRD. 2018. Reliable pressure monitoring. Viitattu 5.4.2019.
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106930A3603&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- /7/ Oil Level Indicators Comem eOLI. 2018. Reliable liquid level monitoring. Viitattu 5.4.2019.
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106930A3556&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- /8/ COMEM. 2014. Instruction manual. Viitattu 5.4.2019.
<http://www.comem.com/docs/default-source/prodottipdf/accessori-uscita-digitale-e-analogica/indicatore-di-livello-olio/instruction-manual.pdf?sfvrsn=2>
- /9/ ABB. 2018. Winding and oil temperature indicators Comem WTI/OTI. Viitattu 5.4.2019.
<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107046A3463&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>
- /10/ Self-Dehydrating Breather Comem eSDB. 2017. Ultimate safety performance through superior design. Viitattu 5.4.2019.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106713A7376&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/11/ ABB. 2019. Dehydrating breathers. Viitattu 5.4.2019.

<https://new.abb.com/products/transformers/transformer-components/measurement-and-safety-devices/dehydrating-breathers>

/12/ Olli Tuovinen. 2016. Vaasan ammattikorkeakoulu. Datasiirron perusteet. Liikennöinninperusteita 1. Viitattu 17.4.2019.

https://portal.vamk.fi/pluginfile.php/291983/mod_resource/content/4/ISTA0803%2C%20Datasiirron%20perusteet%2C%20Liikenn%C3%B6innin%20perusteita%201.pdf

/13/ Nestor cables. Instrumentointikaapeli digitaalisiin ja analogisiin sisäasennuksiin. Viitattu 18.4.2019.

<https://www.nestorcables.fi/instrumentointikaapeli/kjaam-hf>

/14/ ABB. 2018. Wireless Gateway Product Guide. Viitattu 24.4.2019.

<https://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=1MRS758462&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

/15/ IEC 61850 Communication Networks and Systems In Substations. 2009. Overview for Users. Viitattu 24.4.2019.

<https://www.gegridolutions.com/multilin/journals/issues/spring09/iec61850.pdf>