



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Olli Knuutti

AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN SO-
VELTAMINEN TUOTEKEHITYKSEN
TARPEESEEN

Tekniikka ja liikenne
2011

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Olli Knuutti
Opinnäytetyön nimi	Automaatiojärjestelmän soveltaminen tuotekehityksen tarpeeseen
Vuosi	2011
Kieli	suomi
Sivumäärä	54 + 2 liitettä
Ohjaaja	Olli Tuovinen

Opinnäytetyö tehtiin ABB Oy pienjännitekojeet-yksikölle. Tavoitteena oli tehdä laite, jolla pystytään tekemään systeemitestauksia OMD800- ja ATS022-laitteille.

Työtä varten piti osata automaatiota. Logiikkana toimi ABB:n valmistama AC 800M-ohjelmoitava logiikka. Ohjelmointia varten käytettiin Compact Control Builder-ohjelmaa. OMD800- ja ATS022-laitteet pystyy lähettämään tilatietoja Modbus-protokollan avulla. Työtä varten piti tutustua erityisesti systeemitestaukseen, Modbus-protokollaan ja Compact Control Builder-ohjelmaan.

Systeemitestauksessa tehdään ennalta määrättyjä, yleensä normaalia käyttöä raskaampia testejä, joista selvitetään sovelluksen sekä siihen liittyvien osa-alueiden toiminta ja keskinäinen kommunikointi erilaisissa käytön aikana esiintyvissä tilanteissa. Systeemitestaus tehdään laitteen aidossa ympäristössä tai sitä varten tehdystä testiympäristössä.

Tavoite saatiin toteutettua monella halutulla tavalla. Laitetta voidaan halutessa kehittää jatkossa helposti ja haluttuja muutoksia testauksiin voi tehdä millaisia haluaa. Tuote tulee heti ABB Oy:n pienjännitekojeet-yksikön elektroniikkatiimille käyttöön.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

MERKIT JA LYHENTEET	6
KUVIOLUETTELO	8
TAULUKKOLUETTELO	10
LIITELUETTELO	11
1 JOHDANTO	12
1.1 ABB Oy:n esittely	12
1.1.1 Historia	12
1.1.2 Pienjännitekojeet	13
1.2 OMD:n esittely	14
1.3 Systemitestauksesta yleensä	15
1.4 Modbus-protokolla	18
1.5 Yhteys PC – AC 800M – OMD/ATS	20
2 PROJEKTIN ESITTELY	22
2.1 Tavoitteet	22
2.1.1 Toivotut testimuodot	22
2.2 Aikataulu	23
2.3 Laitteet	23
2.3.1 AC 800M – PM 861	23
2.3.2 DI810 ja DO810	25
2.3.3 OMD800	29
2.3.4 ATS022	31
2.3.5 Tehonlähde ja releet	32
2.3.6 ADAM-4520	34
2.3.7 Sovellan säätövaunu ja PC	35
2.4 Ohjelmat	36
2.4.1 Compact Control Builder	36
2.4.2 OPC Server for AC 800M / Softing OPC Toolbox Client	40
2.4.3 Modbus Poll / Serial Port Monitor	41

3	TOTEUTUS	43
3.1	Väylän toimintaansaaminen.....	43
3.2	OMD800-laitteen toimintaympäristön simuloiminen	46
3.3	Kojeiden kytkennät	49
4	TULOKSET	50
4.1	Kuvia testauslaitteesta	50
4.2	Parannusehdotuksia	51
5	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET	53
	LIITTEET	

MERKIT JA LYHENTEET

A	Ampeeri, virran yksikkö
AC	Alternating Current, vaihtovirta.
ADU	Application Data Unit, sovellusdata yksikkö.
ATS022	Automaattisen verkonvaihtokytkimen ohjausyksikkö. Kehittynyt versio, jossa on kommunikointi ja näyttö.
CCB	Compact Control Builder, ohjelmointityökalu.
CRC	Cyclical Redundancy Checking, RTU:n virheentarkistus.
DC	Direct Current, tasavirta.
DIN-kisko	Standardoitu kisko, jota käytetään sähköasennuksissa. Useat laitteet tehdään myös DIN-kiskoon sopivaksi.
EIA	Electronics Industries Association
FB	Function Block, toimintolohko.
FBD	Function Block Diagram, toimintolohkokaavio.
HMI	Human Machine Interface, ihmisen ja koneen välinen toiminto.
I/O	Input/Output, sisääntulo/ulostulo. Rajapinta älykkäiden laitteiden välillä.
Internet	Maailmanlaajuinen tietoverkko. Yhdistää paikallisia tietoverkkoja toisiinsa.
IP-osoite	Internetin Protokollaosoite. Numerosarja, joka yksilöi jokaisen Internetverkkoon kytketyn tietokoneen.
LRC	Longitudinal Redundancy Check, ASCII:n virheentarkistus.

MB	ModBus-protokolla, sarjaliikenneprotokolla.
OMD	Automaattisen verkonvaihtokytkimen ohjausyksikkö. ABB:n antama lajimerkki.
OMD100	Automaattinen kytkinohjausyksikkö. Yksinkertainen versio yksinkertaistetuilla toiminnoilla.
OMD200	Automaattinen kytkinohjausyksikkö, standardiversio.
OMD300	Automaattinen kytkinohjausyksikkö, standardiversio, jossa on lisäksi moottoroidun vaihtosähkökytkimen virransyötön varmistus.
OMD800	Automaattinen kytkinohjausyksikkö. Kehittynein versio OMD-tuoteperheestä, jossa on väyläkommunikaatio ja näyttö.
OPC	Open Connectivity, avoin liitettävyyys.
OSI	Open Systems Interconnection
PDU	Protocol Data Unit, datayksikköprotokolla.
PC	Personal Computer, tietokone.
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka.
RS-232	232-Standardi tietokonekommunikaatiota varten. EIA:n luoma.
RS-485	485-Standardi. EIA:n luoma kommunikaatorajapintastandardi.
V	Voltti. Jännitteen yksikkö.

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Koteloituja turvakytkimiä	13
Kuvio 2. OMD-tuoteperhe	14
Kuvio 3. Modbus-kommunikaatio periaatteessa	19
Kuvio 4. Yleinen Modbuskehys	19
Kuvio 5. Modbusin kysely ja vastaus ilman vikaa	20
Kuvio 6. Yhteys: PC - AC 800M- OMD/ATS	21
Kuvio 7. Esimerkki tyypillisestä Compact Products 800- asetuksista.....	24
Kuvio 8. AC 800M - PM 861	25
Kuvio 9. DI810 ja DO810	26
Kuvio 10. OMD800	29
Kuvio 11. OMD800:n ohjauspiirit.....	30
Kuvio 12. OMD800:n liittimien merkitys.....	30
Kuvio 13. Modbusväylällä näkyvät tilatiedot	31
Kuvio 14. ATS022	32
Kuvio 15. SPD244801-teholähde	32
Kuvio 16. MISH1-24V-releitä.....	33
Kuvio 17. MAT4-24CDZ-releet.....	33
Kuvio 18. ADAM-4520-muunnin	34
Kuvio 19. Sovellan säätövaunu	36

Kuvio 20. CCB:n laitteiston asetukset	38
Kuvio 21. Esimerkki muuttujan I/O-osoitteesta	39
Kuvio 22. I/O:n merkitseminen muuttujalle.....	40
Kuvio 23. OPC Server-ikkuna.....	40
Kuvio 24. OPC-palvelimen kokoonpano järjestelmässä.....	41
Kuvio 25. MBConnect-toimintolohko	44
Kuvio 26. CCB MBRead-toimintolohko	45
Kuvio 27. Toimintokäskeyjen määrätymislista.....	45
Kuvio 28. ATS022:n ja OMD800:n ohjausikkunat	46
Kuvio 29. ATS022:n ja OMD800:n tilatietoikkunat	47
Kuvio 30. Testi-ikkuna	48
Kuvio 31. Pulssigeneraattorin ulostulo	48
Kuvio 32. Kytkeäesimerkki.....	49
Kuvio 33. Testauslaitteen yläosa	50
Kuvio 34. Testauslaitteen keskiosa.....	51

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Toivotut toiminnot.....	22
Taulukko 2. DI810, tekninen tieto /4/.....	27
Taulukko 3. DO810, tekninen tieto /4/.....	28
Taulukko 4. ADAM-4520 tekninen tieto.....	35
Taulukko 5. CCB-järjestelmän toiminnot ja esimerkit.....	37
Taulukko 6. AC 800M, COM 3-portin kytkennät (RJ45).....	43
Taulukko 7. 9-napaisen RS-232 liittimen kytkennät.....	44

LIITELUETTELO

LIITE 1. Kytentätaulukko

LIITE 2. Kytentäkaavio

1 JOHDANTO

Varmalla sähkönsyötöllä on kasvava merkitys. Maailma on täynnä erilaisia sovelluksia, joissa sähkökatkoksia varten tehtyjä automaattisia kytkimiä vara-sähkön käyttöönottoa varten tarvitaan. Mitä tärkeämpi käyttö on, sitä varmempi täytyy automaattisten sähkökytkinlaitteiden olla. Varasähköllä varmistettuja ja sitä tarvitsevia sovelluksia ovat esimerkiksi teollisuus, tietoliikenne, lentokentät, satamat ja maataloudet.

1.1 ABB Oy:n esittely

1.1.1 Historia

ABB syntyi vuonna 1988 tammikuussa, kun ruotsalainen Asea ja sveitsiläinen Brown Boveri sulautti sähkötekniset liiketoiminnot yhteen. Tänä päivänä ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiaryhmä. Nykyään ABB:llä on palveluksessa yli 124 000 henkilöä noin 100 maassa. Tämän kaiken sai alulle Gottfrid Stömberg.

Gottfrid Stömberg (1863–1938) perusti sähköliikkeen Helsingin Kamppiin 1889. Liiketoimintana olivat pääosin asuin- ja liikekiinteistöjen valaistuskeskukset sekä asennukset ja tasavirtakoneet. 1910–20-luvulla Oy Strömberg Ab sähköisti maaseutua ja rakensi kaupunkisähkölaitoksia. Muuntajavalmistus alkoi teollisesti. Vaihtovirta löi läpi. Tärkeimmät asiakkaat olivat puuhiomot ja sellutehtaat. 1930–40-luvulla tuotanto siirtyi Pitäjänmäen teollisuusalueelle Sörnäisistä. Stömberg nousi kymmenen suurimman joukkoon teollisuusyrityksistä. Tehtaiden toiminta Vaasassa alkoi vuonna 1944.

Vesivoimalaitoksia rakennettiin paljon 1950-luvulla, joihin Strömberg räätälöi isoja generaattoreita. Vaasan ja Pitäjänmäen tehtaiden yhteyteen rakennetuissa tutkimuslaboratorioissa alkoi suurjännitekojeiden ja kojeistojen tuotekehitys. 1960–70-luvulla tuotekehitykseen tuli tehoelektroniikka mukaan. Vaihtosähköteknologiaa tutkittiin ja kehitettiin aktiivisesti. Taajuusmuuttajat saatiin oikosulkumoottoreiden nopeuden säätöön. 1980-luvulla Strömberg kehitti sähköverkko-

jen ohjaukseen ja suojaukseen mikroprosessoripohjaisen suojausjärjestelmän sekä täysin digitaaliset sähkökäytöt teollisuudelle. 1990–2000-luvulla Suomen ABB:n vienti kasvoi pääasiassa sähkövoima- ja automaatioteknologian ansiosta. Tuotanto-, energiatehokkuus ja sähköverkköjen luotettavuus korostuivat tuotteissa, järjestelmissä ja palveluissa. /1/

1.1.2 Pienjännitekojeet

Pienjännitekojeet-yksikkö on kytkintuotteiden markkinajohtaja maailmassa, päätuotteinaan kuormankytkimet, vaihtokytkimet, koteloitunut kytkimet, kytkinvarokkeet ja nokkakytkimet. Yksikkö valmistaa myös elektroniikkaa älykkäisiin kojeistoihin. Vaasassa tämä yksikkö työllistää yli 230 osajaa. /1/



Kuvio 1. Koteloituja turvakytkimiä

Kuviossa 1 on esimerkkejä pienjännitekojeet-yksikön tuotteista. Tuotteisiin kuuluu myös OMD-tuoteperhe, joka esitellään seuraavassa kappaleessa.

1.2 OMD:n esittely

ABB Oy on valmistanut OMD-tuoteperheen, joka on ohjausyksikkö automaattiseen verkonvaihtokyttimeen. Moottoroitu vaihtosähkökytkin ja OMD ovat erillisiä tuotteita, mutta yhdistettynä ne ovat automaattisia kytkimiä. Automaattiset kytkimet on suunniteltu monille sovelluksille valitsemaan ja vaihtamaan kahden sähkölähteen välillä. Automaattisia kytkimiä voi ohjata sähköisesti valitsemalla automaattinen tai manuaalinen tila. Manuaalisesti niitä voi käyttää kahvan avulla. Automaattisia ohjausyksiköitä on saatavilla neljä eri versiota eri tarkoituksiin.



Kuvio 2. OMD-tuoteperhe

Kuviossa 2 on OMD-tuoteperheen kaikki eri versiot, joihin kuuluu OMD100, OMD200, OMD300 ja OMD800. Kaikilla versioilla on samat perustoiminnot. OMD:t tarkkailee jännitettä, taajuutta ja vaiheiden tasapainoja.

OMD100 on yksinkertainen versio automaattisten kytkimien ohjausyksiköistä. Siinä on kaksi jännitteen mittaustuloa, jotka tarkkailevat kahta kolmevaiheista sähkölinjaa, kummatkin anturit voivat toimia myös yksivaiheisina. OMD100:lla on mahdollisuus tarkkailla kahta sähkölähdettä ja ohjata yhtä vaihtokytintä. Nollajohdin täytyy olla aina kytkettynä, koska laite ottaa toimintasähkönsä vaiheesta ja nollasta.

OMD200 on standardiversio automaattisten kytkimien ohjausyksiköistä. Siinä on myös kaksi jännitteen mittaustuloa, jotka tarkkailevat kahta kolmevaiheista sähkölinjaa, kummatkin anturit voivat toimia myös yksivaiheisina. OMD200:lla on mahdollisuus tarkkailla kahta sähkölähdettä ja ohjata yhtä vaihtokytkintä. Laite sisältää generaattorin käynnistys- ja pysäytyskäskyn (Start/Stop). DIP-kytkimillä voidaan valita onko mitattava jännite pääjännitemittausta vai vaihejännitemittausta. Jos nollajohdinta ei käytetä, laite tarvitsee ulkoisen muuntajan, josta saadaan vaihe ja nolla toimintasähköä varten.

OMD300 on standardiversio automaattisten kytkimien ohjausyksiköistä. Siinä on myös kaksi jännitteen mittaustuloa, jotka tarkkailevat kahta kolmevaiheista sähkölinjaa, kummatkin anturit voivat toimia myös yksivaiheisina. OMD300:lla on mahdollisuus tarkkailla kahta sähkölähdettä ja ohjata yhtä vaihtokytkintä. Laite sisältää generaattorin käynnistys- ja pysäytyskäskyn (Start/Stop). OMD300:an on integroitu kytkimen moottorin jännitteensyötön varmistus. Nollajohdin täytyy olla aina kytkettynä, koska laite ottaa toimintasähkönsä vaiheesta ja nollasta.

OMD800 on kehittynein versio automaattisten kytkimien ohjausyksiköistä. Siinä on kaksi jännitteen mittaustuloa, jotka tarkkailevat kahta kolmevaiheista sähkölinjaa, kummatkin anturit voivat toimia myös yksivaiheisina. OMD800:lla on mahdollisuus tarkkailla kahta sähkölähdettä ja ohjata yhtä vaihtokytkintä. Laite sisältää generaattorin käynnistys- ja pysäytyskäskyn (Start/Stop). Tähän laitteeseen voi syöttää apusähkö erillisestä sähkölähteestä. OMD800:n tilaa voidaan tarkkailla Modbus RTU-protokollalla, käyttämällä RS-485 standardia. OMD800:ssa on graafinen näyttö, josta käyttäjä voi tarkistaa laitteen asetukset ja katsoa kaiken tiedon OMD800:n tilasta. /11/

1.3 Systemitestauksesta yleensä

Systemitestauksessa testataan tiettyä laitetta tai kokonaista järjestelmää sen käyttötarkoitusta vastaavassa ympäristössä. Testauslaitteen tekijöiksi ja testaajiksi ei kannata valita ohjelmoijia, vaan testaajina on oltava henkilöitä, joilla ei ole ollut tekemistä kehitystyön kanssa. Näin testaajilla on suurempi kiinnostus havaita virheitä, kuin itse koodin kirjoittajilla, jotka mieluiten osoittavat koodinsa toimivaksi

ja he eivät pyri tekemään testejä koodia myötäileväksi. Systeemitestauksessa ei ole kyse tietyn funktion testaamisesta, vaan pääasiassa yritetään osoittaa laitteessa poikkeavuuksia. Saatuja tuloksia verrataan dokumenttiin, johon on määritelty sen vaatimukset. Siihen kuuluu myös laitteen teknisten ominaisuuksien testaaminen.

Systeemitestauksella halutaan selvittää sovelluksen sekä siihen liittyvien osa-alueiden toiminta ja keskinäinen kommunikointi erilaisten käyttöjen aikana esiintyvissä tilanteissa. Valmis ohjelmisto testataan sille määriteltyjen vaatimusten suhteen. Systeemitestaus suoritetaan mahdollisimman aidossa ympäristössä tai erityisesti testaamista varten pystytetyssä testiympäristössä. Testiympäristön käytössä etuna on mahdollisuus tehdä erilaisia kuormitus- ja suorituskykytestejä häiritsemättä kehittäjiä tai systeemiä käyttävien henkilöiden toimintaa. Haittapuolella on mahdollinen lisätyö, joka tulee testiympäristön luonnista ja ylläpidosta.

Systeemitestauksessa halutaan paljastaa sellaisia vikoja, joita ei ole vielä tullut esille. Tähän on eri toteutustapoja, joihin luetaan mukaan systeemin teknisten ominaisuuksien testaus, kuten asennus-, käytettävyy- ja kuormitustestit. Näiden lisäksi voidaan testata systeemin luotettavuutta, toipumiskykyä ja turvallisuutta. Tarpeelliseksi luetaan myös regressio- eli uudelleentestaus. Systeemitestauksessa korjatut toiminnallisuudet voivat aiheuttaa virheitä muualla.

Käytettävyydestestauksen tarkoituksena on testata sovelluksen sopivuutta, hyödyllisyyttä, helppokäyttöisyyttä ja toimivuutta järjestelmän tuleville käyttäjryhmille. Tämä testaus on suurimmaksi osaksi käyttöliittymätestausta. Yleensä käytettävyydestestausta varten ei kirjoiteta erillistä suunnitelmaa, vaan se kuuluu olennaisesti jo systeemitestaukseen. Jos erilaisia testitoimintoja tähän tarvitaan, ne voidaan liittää systeemitestausdokumentaatioon.

Toipumistestauksessa tietokonesovellusten tulee selviytyä virhetilanteista ja jatkaa suoritusta ennalta määritellyn ajan kuluessa. Sovelluksen tulee olla virhesietoinen tietyissä tapauksissa. Virheiden syntyminen ei saisi vaikuttaa koko sovelluksen toimintaan, vaan sen pitää pysyä paikallisena häiriönä. Joissain sovelluksissa toipuminen virhetilanteista ei ole automaattista, jolloin vaatimuksena on mahdolli-

suus ja kyky korjata virhetilanteet nopeasti, jotta taloudellista vahinkoa syntyisi mahdollisimman vähän.

Tässä testissä järjestetään tilanteita, joissa sovellus saadaan kaatumaan usein ja monissa erilaisissa tilanteissa, kaikkien mahdollisten tapahtumien seurauksena. Sovelluksen kaaduttua tarkkaillaan sen toipumiskykyä. Jos sovellus pystyy itse toipumaan automaattisesti, tilanteita tarkkaillaan alustuksesta, tietojen saannista takaisin ja uudelleenkäynnistyksestä. Jos sovellus ei pysty toipumaan automaattisesti ja henkilön pitää palauttaa sovellus kunnolliseen toimivaan tilaan manuaalisesti, on arvioitava tehtävään kuluva aika, jonka tulee olla hyväksyttävissä rajoissa.

Kokoonpanotestaus on yksi osa systeemitestausta, jolla halutaan testata kehitetyn sovelluksen kykyä kommunikoida muiden tietokoneen sisäisten ja ulkoisten laitteiden kanssa. Tarvitut testit voivat liittyä muutamaasi asiakkaan määrittelemään kokoonpanoon. Huonoimmassa tapauksessa lopullista toimintaympäristöä ei voida määrittellä, vaan sovelluksen pitäisi periaatteessa toimia kaikissa mahdollisissa kokoonpanoissa.

Mikäli sovellusta tullaan käyttämään erilaisissa laitteistokokoonpanoissa, sovelluksen toimivuutta täytyy testata kaikissa kyseisissä kokoonpanoissa. Testausta suunniteltaessa on mietittävä, mitä ulkoisia laitteita sovelluksen kanssa tullaan käyttämään, mitä malleja ja versioita laitteista on saatavilla sekä mitä sovelluksessa hyödynnettäviä ominaisuuksia laitteistot tukevat. Mahdollisia kokoonpanoja voi olla tuhansittain, joten kaikkia yhdistelmiä ei voida testata.

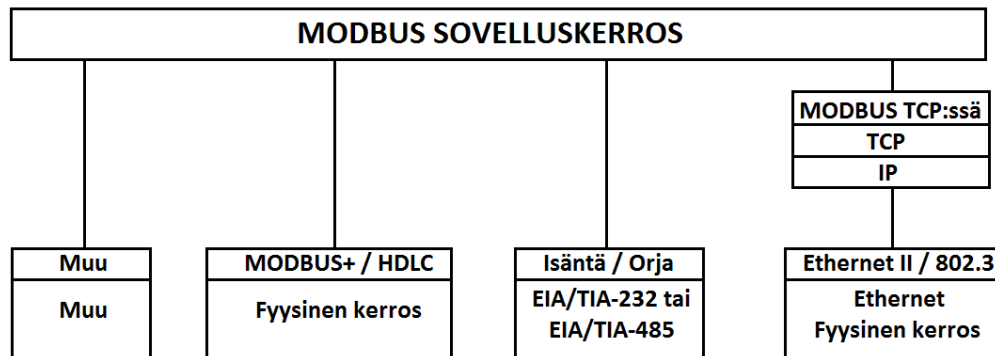
Regressiotestauksessa ohjelmisto testataan uudestaan sen jälkeen, kun siitä löytyneitä virheitä on korjattu tai toiminnallisuutta on lisätty tai muutettu. Tällä testauksella halutaan varmistaa sovelluksen toiminta korjausten jälkeenkin alkuperäisten vaatimusten mukaisesti. Testausta tarvitaan myös varmistamaan, ettei uusia virheitä ole ilmennyt aiemmin toimiviin toimintoihin. Regressiotestausta suoritetaan sekä ohjelmiston kehitysvaiheessa että erityisesti ohjelmiston ylläpitovaiheessa.

Suorituskykytestaus on usein osa systeemitestausta, jolloin koko integroitu järjestelmä on käytössä. Tarkoituksen on näyttää, että sovellus ei selviä tehtävistään oletetussa ajassa. Hiukan samanlainen testaus on myös luotettavuustestaus, jonka aikana pyritään tarkistamaan järjestelmälle asetettujen luotettavuusvaatimusten pitävyys. Suorituskykytestauksella halutaan selvittää sovelluksen toiminta ympäristössään, kun taas luotettavuustestauksella pyritään tarkistamaan sovelluksen toiminta ympäristössään pitkällä aikavälillä. Luotettavuustestaus suoritetaan yleensä tavanomaista käyttöä ankarammin. Sovellukselle annetaan suuri määrä tavanomaisia käskyjä ja luotettavuus lasketaan siitä, kuinka monta väärää käskyä saadaan. /2/

1.4 Modbus-protokolla

Modicon, tänä päivänä Schneider Electric, esitti Modbus-protokollan (MB) markkinoille vuonna 1979, joka on hyvin avoin sovellustason viestintäprotokolla, joka on sijoitettu seitsemännelle tasolle OSI-mallissa. MB on sarjaliikenneprotokolla, jota käytetään isäntä-orja- tai asiakas-palvelinviestinnässä älykkäiden laitteiden välillä. Se on ”de facto” standardi, joka on hyvin avoin ja yleisimmin käytetty verkkoprotokolla teollisen tuotannon ympäristössä. Sadat tuottajat ovat ottaneet Modbus-protokollan käyttöön tuhansiin laitteisiin siirtämään erillisiä ja analogisia I/O:ta ja rekisteritietoja laitteiden välillä.

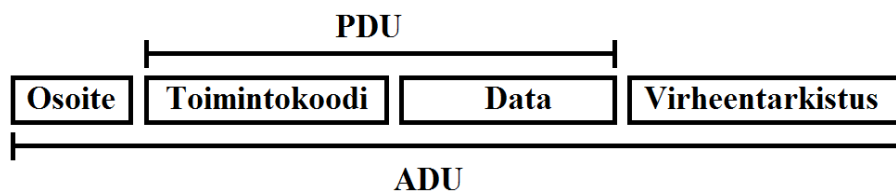
Modbus-protokollaa käytetään useissa isäntä-orja-sovelluksissa tarkkailemaan ja ohjelmoimaan laitteita; keskustelemaan älykkäiden laitteiden ja antureiden välillä, tarkkailemaan kenttälaitteistoa käyttämällä tietokonetta (PC) ja ihmisen ja koneen välistä toimintoa (HMI). MB on myös ideaalinen protokolla RTU-sovelluksia varten, jossa tarvitaan langatonta yhteyttä. Tästä syystä MB:a käytetään numerottomissa bensa-, öljy- ja sähköasemasovelluksissa. MB ei ole ainoastaan teollinen protokolla. Rakennus-, infrastruktuuri-, kuljetus- ja energiasovellukset käyttävät hyväksi Modbus-protokollaa. Kuviossa 3 on Modbus-protokolla-kommunikaatio esitetty periaatteellisesti.



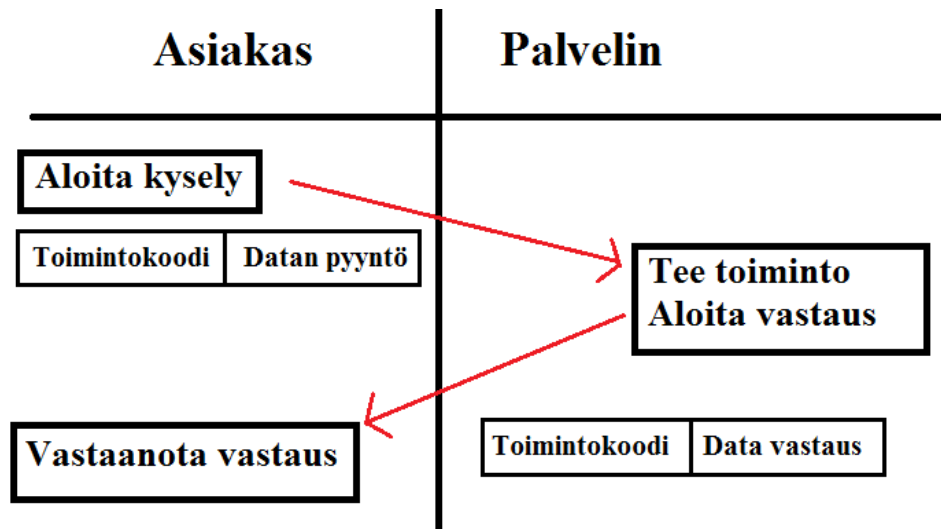
Kuvio 3. Modbus-kommunikaatio periaatteessa

On olemassa kaksi erilaista numeerisen datan esitysmuotoa sarjamuotoiselle liikenteelle, hiukan erilaisilla protokollayksityiskohdilla. Modbus RTU on binääriinen ja Modbus ASCII on tekstipohjainen esitysmuoto. Molemmat esitysmuodot käyttävät sarjaliikennettä. RTU-esitysmuodossa käytetään tiedon tarkistukseen CRC-tarkistussummaa. ASCII-esitysmuodossa käytetään LRC-tarkistussummaa.

Modbus-protokolla (MB) on pyyntö-/vastausprotokolla, joka tarjoaa palveluja, jotka määrittellään toimintokodeilla. MB määrittelee yksinkertaisen datayksikkö protokollan (PDU), joka koostuu toimintokoodista ja datasta. MB:n kartoitus tiettyillä väylillä tai verkoissa tehdään lisäämällä joitain lisätietoja, kuten osoite- ja virheentarkistus (CRC). Näistä koostuu sovellus datayksikkö (ADU). Näistä koostuu kuviossa 4 oleva yleinen Modbuskehys.



Kuvio 4. Yleinen Modbuskehys



Kuvio 5. Modbusin kysely ja vastaus ilman vikaa

Kuviosta 5 näkee kyselyn ja vastauksen, kuinka MB:ssa tieto etenee ilman vikaa. Jos palvelin huomaisi vian toiminnossa, se lähettäisi asiakkaalle vikakoodin. /3/

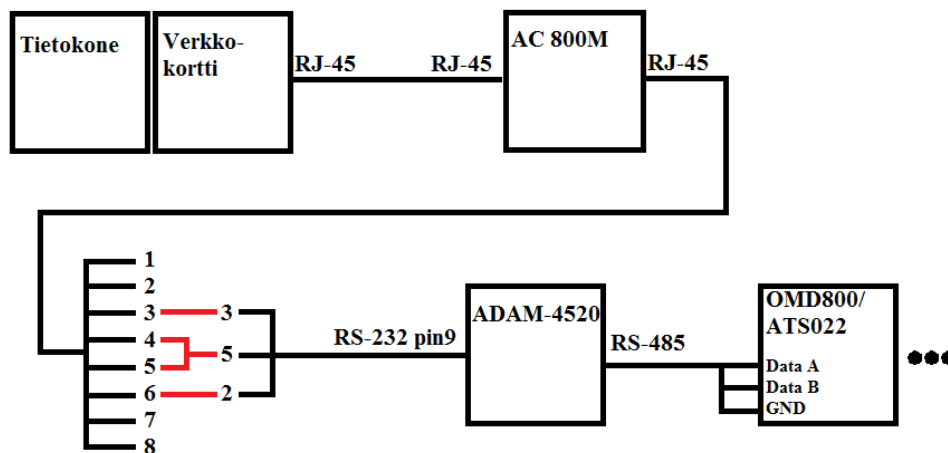
1.5 Yhteys PC – AC 800M – OMD/ATS

Laitteiston yhteydet on tehty seuraavasti:

Tietokoneen (PC) ja AC 800 M:n välinen kaapeli on suora Ethernet-kaapeli, jossa on kummassakin päässä urospuolinen RJ-45-liitin. Tietokoneella liitin liitetään verkkokortille ja AC 800M:llä liitin liitetään CN1-porttiin.

OMD800 tai ATS022 toimii RS-485 väylällä. AC 800M tarjoaa vain RS-232, joten väliin tarvitaan muunnin, joka muuttaa RS-232-väylän RS-485:ksi. Tämän muutoksen pystyy tekemään ADAM-4520. AC 800M ja ADAM-4520 välinen kaapeli on tehty Ethernet-kaapelista ja RS-232 9-pinnisestä liittimestä. RS-232-väylästä tarvittiin lähetys (Tx), vastaanotto (Rx) ja signaalin maa (Sign). GND). Tämä kaapeli selvitettiin työn aikana. Kaapelin kytkennät on selvitetty kappaleessa 3.1. ADAM-4520 ja kaikkien OMD800 ja ATS022 välinen kaapeli on tehty kolmella johtimella, jotka on kierretty kaapeliksi. Yksi johdin, kolmen johtimen kaapelista liitetään ADAM-4520:n ”Data +”-liittimeen ja OMD800:n tai ATS022 X51:1 ”Data A”-liittimeen. Toinen johdin liitetään ”Data -”liittimeen ja X51:2

”Data B”-liittimeen. Kolmannella johtimella liitetään OMD800:n ja ATS022:n X52:3 yhteen.



Kuvio 6. Yhteys: PC - AC 800M- OMD/ATS

Tässä työssä käytetään MB:aa. AC 800M on isäntä ja orjina ovat testattavat laitteet (5 OMD800:a ja 5 ATS022:a). PC ohjaa AC 800M:ää, jonka kautta saadaan haluttu testi päälle.

2 PROJEKTIN ESITTELY

2.1 Tavoitteet

Aluksi tavoitteena oli yleisesti tehdä systeemitestauslaite koko OMD-tuotepiheelle. Systeemin käyttöliittymästä haluttiin helppokäyttöinen sekä helposti ylläpidettävä.

2.1.1 Toivotut testimuodot

Testeihin toivottiin taulukon 1 mukaisia toimintoja:

Taulukko 1. Toivotut toiminnot

Normaalit ohjaustilanteet AUTO-tilassa
-Vaihto -Hälytystilat -Normaalin toiminnan vasteajat
Käsinohjaus
Suorituskyky
-Suuri määrä ohjauksia lyhyellä aikavälillä -Nopeita ohjauksia
Luotettavuudesta
-Ohjauksia tasaiseen tahtiin, esimerkiksi viikonlopun yli -Ohjauksia vaihtelevin välein, esimerkiksi viikonlopun yli
Kommunikaatio
-Katkokset Modbus-väylällä -Modbus-liittimen irrottaminen ja takaisinkytkentä -Väylän kuormitus -Väärät viestit -Häiriöt
Jännitekatkokset ja nopeat muutokset
-Toipumisajat -Vasteajat -Pienimmän normaalitoiminnan aikajakso
Parametrisointi väylältä
Salasanojen vaihto/tarkistus
Mittaustietojen luku

2.2 Aikataulu

Opinnäytetyö alkoi syyslomalla 21.10.2010. Silloin sovittiin, että pidetään palaveri 27.10.2010. Palaverissa käytiin aihe läpi, jonka jälkeen päästiin aloittamaan projekti. Aluksi aikataulu oli vain, että tammikuussa 2011 sisällysluettelo on valmis ja koko opinnäytetyö valmis huhtikuun lopussa 2011.

Kappaleessa 3.1 esitettyyn väylän toimintaan saamiseen meni koko syksy. Vaikka lopputulos vaikuttaa yksinkertaiselta, aikaa siihen meni yli 50 tuntia. Asiaa piti tutkia monelta taholta, kun ei tiedetty, miksi yhteys ei toimi. Yhteys tuli toimintaan 21.1.2011. OMD-tuoteperheen tutustumisessa selvitettiin, kuinka OMD-laitteita voitaisiin simuloida AC 800M-ohjelmoitavan logiikan (PLC) avulla.

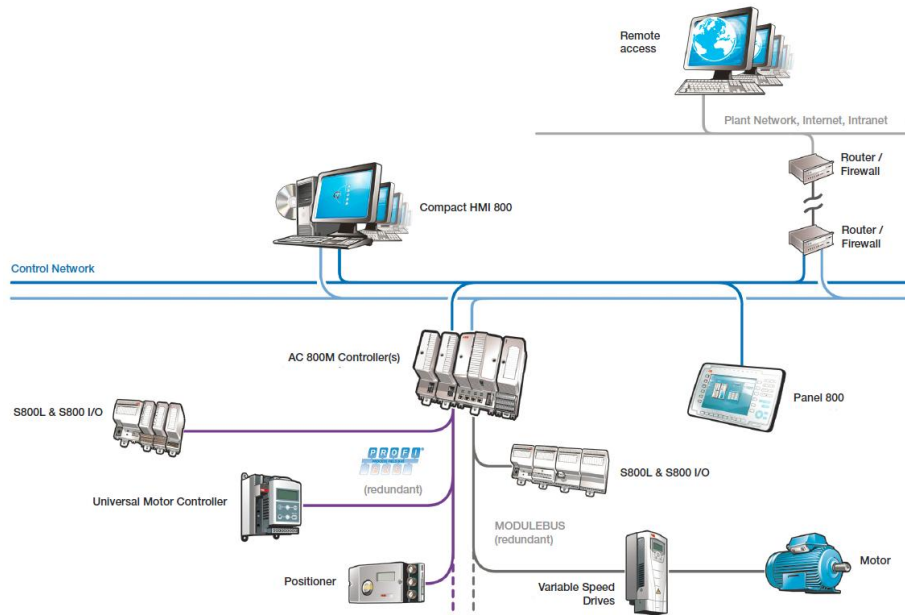
28.1.2011 valmiina oli pieni ohjausmoduuli, joka tehtiin Compact Control Builder ohjelmalla. 28.2.2011 testauslaitteen väylällä oli neljä OMD800-laitetta. Neljä OMD800-laitetta väylällä aiheutti ongelmia, joka sekoitti väylän. Tämän asian kanssa oltiin pitemmän aikaa jumissa. Lopuksi vika jätettiin elektroniikkatiimin tutkittavaksi, koska vika oli todennäköisesti OMD800-laitteessa. 29.3.2011 Sovellan runko saapui ja kytkennät voitiin aloittaa. 7.4.2011 testauslaite oli rakennettu valmiiksi.

2.3 Laitteet

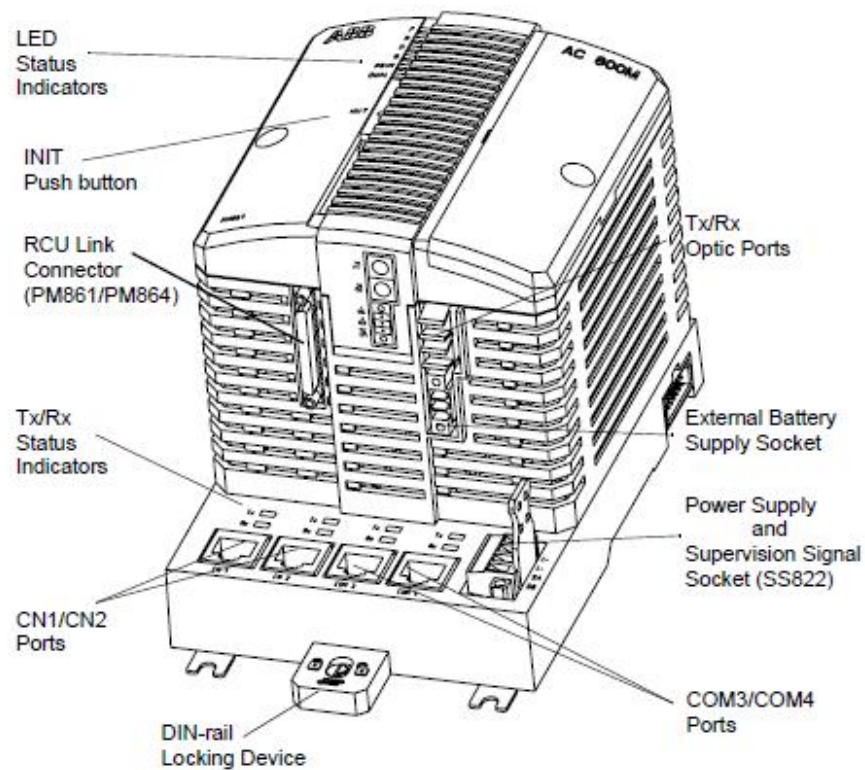
2.3.1 AC 800M – PM 861

AC 800M on ohjelmoitava logiikka (PLC), jota ohjelmoidaan Compact Control Builder-ohjelmalla. Se on täysin modulaarinen ja joustava kaikille ympäristöille. Monet asetukset tekevät AC 800M:stä poikkeuksellisen avoimen. Skaalautuva muotoilu helppoon laajennukseen. AC 800M laajentuu niin isoksi kuin ohjausjärjestelmän ohjaus vaatii, koska logiikkaan voi helposti lisätä ylimääräisiä laitteita. AC 800M:n tehokkaat ohjausratkaisut ja ohjelmistossa uudelleen käytettävät kirjastot tekevät logiikan tekemisestä mukavan. Compact Control Builder-ohjelma tarjoaa suuren valikoiman tehokkaita ohjausratkaisuja AC 800M:lle. Ohjelmiston kirjastoissa olevat ”heti-valmiina-käyttöön” -toiminnot tietää tehokasta ohjelmointia. AC 800M:n tueksi löytyy Compact Products 800, joka on valikoima yksinker-

taisia ja rahaa säästäviä ohjaus tuotteita. Kuviossa 7 on esimerkki tyypillisestä Compact Products 800- asetuksesta.



Kuvio 7. Esimerkki tyypillisestä Compact Products 800- asetuksesta

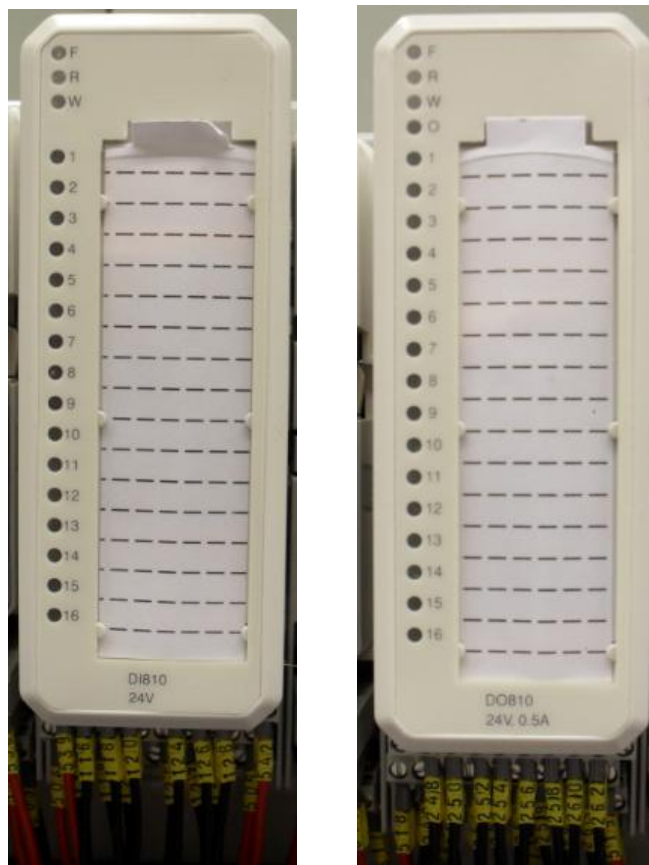


Kuvio 8. AC 800M - PM 861

Kuviosta 8 näkee AC 800M- ohjelmoitavan logiikan (PLC). Kuviossa on esitetty työssä tarvittuja liittimiä. /4/

2.3.2 DI810 ja DO810

DI810 on digitaalinen sisääntulomoduli. Moduulissa on 16 24 V:n tasajännitekanavaa, jotka on eristetty kahteen kahdeksan sisääntulon ryhmään. Näissä kahdessa ryhmässä on oma jännitevahti. Moduulin päällä on sisääntuloindikointi. Taulukosta 2 näkee työssä tarvittavia teknisiä tietoja. Kuviossa 9 on DI810 ja DO810.



Kuvio 9. DI810 ja DO810

DO810 on digitaalinen ulostulomoduuli. Moduulissa on 16 24 V:n tasajännitekanavaa, jotka on eristetty kahteen kahdeksan transistorilähdön ryhmään. Näissä kahdessa ryhmässä on oma jännitevahti. Moduulin päällä on jokaisen kanavan tilaindikointi. Taulukosta 3 näkee työssä tarvittavia teknisiä tietoja./4/

Taulukko 2. DI810, tekninen tieto /4/

Feature	DI810 Digital Input Module
Number of channels	16 (2 x 8), current sinking
Rated voltage (process power supply range)	24 V d.c. (18 to 30 V d.c.)
Input voltage range, "1"	15 to 30 V
Input voltage range, "0"	-30 to +5 V
Nominal input channel current	6 mA @ 24 V d.c.
Input Current "1"	>3.0mA
Input Current "0"	<1.0mA
Input Impedance	3.5 kΩ
Maximum field cable length	600 meters (656 yd.)
Filter times (digital, selectable)	2, 4, 8, 16 ms
Process voltage supervision	2 channels (1 per group)
Current consumption +5 V	50 mA
Power dissipation ⁽¹⁾	1.8 W
Maximum ambient temperature	55/40°C (131/104°F) ⁽²⁾
Isolation	Groupwise isolated from ground (RIV=50 V)
Module termination units	TU810, TU812, TU814, TU830, TU833, TU838 or TU850.
MTU keying code	AA
Equipment class	Class I according to IEC 61140; (earth protected)
Protection rating	IP20 according to IEC 60529
G3 compliant version	According to ISA-S71.04. Marked with "Z" in the type designation.
Rated insulation voltage	50 V
Dielectric test voltage	500 V a.c.
Width	45 mm (1.77")
Depth	97 mm (3.8"), 106 mm (4.2") including connector

(1) Power dissipation is calculated with 70 percent of the channels activated at nominal voltage of 24 Volts.

(2) 40°C (104°F) applies to compact MTUs with I/O-modules or S800L-modules mounted on vertical DIN rail.

Taulukko 3. DO810, tekninen tieto /4/

Feature	DO810 Digital Output Module
Number of channels	16 (2 x 8)
Type of output	Transistor current sourcing, current limited
Voltage range	12 - 32 V d.c.
Load current, maximum	0.5 A
Short circuit current, maximum	2.4 A
Leakage current, maximum	<10 µa
Output impedance	<0.4 ohm
Maximum Field Cable Length	600 meters (656 yd.)
Current consumption +5 V	80 mA
Power dissipation ⁽¹⁾	2.1 W
Maximum ambient temperature	55/40°C (131/104°F) ⁽²⁾
Output Set as Predetermined (OSP) timer	256, 512, 1024 ms
Process voltage supervision	2 channels (1 per group)
Isolation	Groupwise isolated from ground (RIV=50 V)
Mounting termination units	TU810, TU812, TU814 or TU830
MTU keying code	AA
Equipment class	Class I according to IEC 61140; (earth protected)
Protection rating	IP20 according to IEC 60529
G3 compliant version	According to ISA-S71.04. Marked with "Z" in the type designation.
Rated insulation voltage	50 V
Dielectric test voltage	500 V a.c.
Width	45 mm (1.77")
Depth	97 mm (3.8"), 106 mm (4.2") including connector
Height	119 mm (4.7")
Weight	0.18 kg (0.4 lbs.)

(1) Power dissipation is calculated with 70 percent of the channels activated.

(2) 40°C (104°F) applies to compact MTUs with I/O-modules or S800L-modules mounted on vertical DIN rail.

2.3.3 OMD800

OMD800 on kehittynein versio automaattisten kytkimien ohjausyksiköistä. OMD800 ohjaa vaihtokytkintä. Laitteeseen syötettiin 24 Vdc:n apusähkö teholähteestä. OMD800:n tilaa voidaan tarkkailla Modbus RTU protokollalla, käyttämällä RS-485 standardia. OMD800:ssa on graafinen näyttö, mistä voitiin tarkistaa laitteen asetukset ja katsoa OMD800:n kaikki tilatiedot. Kuviossa 10 on OMD800.

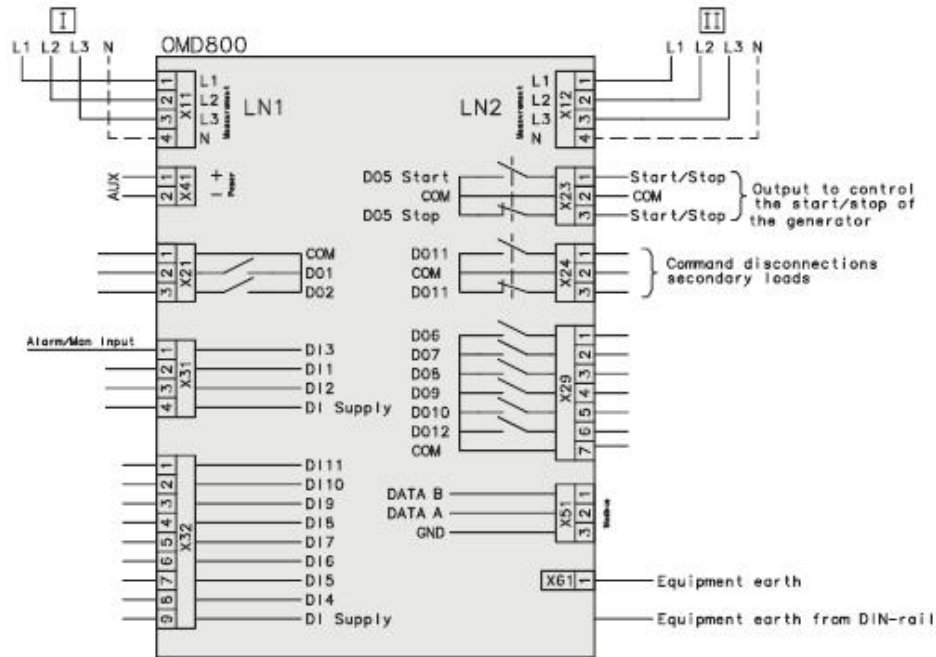


Kuvio 10. OMD800

Kuviosta 11 näkee liittimen X41:1 ja X41:2. Näihin liittimiin liitettiin apusähkö. Kuviosta 12 näkee laitteen liittimien tarkoitukset. OMD800-laitteen digitaalisista sisääntuloista testauslaitteessa on käytössä vain DI1, DI2, DI3 ja DI8, koska testauslaitteessa oltiin kiinnostuneita vain tuottamaan OMD800-laitteelle vikatilanteita tai vaihtamaan kytkimien tilaa.

X31:2(DI1) on linjan 1 tilatieto. Silloin, kun OMD800:n DI Supply- jännite yhdistää X31:2 liittimeen linjan 1 kytkin on kiinni. X31:3(DI2) on linjan 2 tilatieto. Silloin, kun OMD800:n DI Supply- jännite yhdistää X31:2 liittimeen linjan 2 kytkin on kiinni. X31:1(DI3) on pakotetun manuaalisen ohjauksen tilatieto. Silloin, kun OMD800:n DI Supply- jännite yhdistää X31:1 liittimeen OMD800 on pakotettu manuaaliseen tilaan. Jotta saadaan automaattinen ohjaus takaisin täytyy painaa OMD800:n AUTO-painiketta, jolloin Auto-ledin pitää syttyä. X32:4(DI8) on generaattorivian tilatieto. Silloin, kun OMD800:n DI Supply- jännite yhdistää X32:4

liittimeen, OMD800 tietää, että generaattorissa on vikaa. Tämä tieto estää OMD800:a vaihtamasta linjalle 2, jossa on generaattori.



Kuvio 11. OMD800:n ohjauspiirit

Con-connector	Description	Con-connector	Description
X11:1	Supply I: L1	X29:1	Signalling emergency / alarm, NO
X11:2	Supply I: L2	X29:2	Reserved
X11:3	Supply I: L3	X29:3	Reserved
X11:4	Supply I: N	X29:4	Signalling device alarm, NO
X12:1	Supply II: L1	X29:5	Signalling OMD_ manual mode, NO
X12:2	Supply II: L2	X29:6	Reserved
X12:3	Supply II: L3	X29:7	Common
X12:4	Supply II: N	X31:1	Manual / Alarm input from handle
X41:1	AUX +	X31:2	Position of change-over switch I
X41:2	AUX -	X31:3	Position of change-over switch II
X21:1	Voltage supply from motor operator OME_ Common	X31:4	Voltage supply from the automatic control unit
X21:2	Output to close switch I or open switch II NO	X32:1	Bus-tie status
X21:3	Output to close switch II or open switch I NO	X32:2	Command to start-up to generator
X23:1	Output to control the start of the generator, NO	X32:3	Command to force commutation
X23:2	Common	X32:4	Generator alarm input
X23:3	Output to control the stop of the generator, NC	X32:5	Reserved
X24:1	Command disconnection secondary loads, NO	X32:6	Reserved
X24:2	Common	X32:7	Reserved
X24:3	Command disconnection secondary loads, NC	X32:8	Reserved
		X32:9	Supply
		X51:1	Modbus DATA B
		X51:2	Modbus DATA A
		X52:3	Modbus GND
		X61	Equipment earth

Kuvio 12. OMD800:n liittimien merkitys

Nämä kaikki tilat nähdään Modbus-väylällä. Kuviosta 13 näkee mitä tietoa tulee väylän, kustakin osoitteesta.

Description	Address	Values
LN1 - Switch I -line status	2000	0 = Voltage OK 1 = No voltage 2 = Undervoltage 3 = Overvoltage 4 = Phase missing 5 = Voltage unbalance 6 = Incorrect phase sequence 7 = Invalid frequency
LN2 - Switch II -line status	2001	0 = Voltage OK 1 = No voltage 2 = Undervoltage 3 = Overvoltage 4 = Phase missing 5 = Voltage unbalance 6 = Incorrect phase sequence 7 = Invalid frequency
Switching status	2002	0 = Sequence not required (line used = primary) 1 = Sequence in progress (primary ► secondary) 2 = Sequence completed (line used = secondary) 3 = Sequence rev in progress (secondary ► primary) 4 = Sequence failed
Change-over switch status	2005	1 = I 2 = O 3 = II
Generator status	2006	1 = Started 2 = Stopped 3 = ALARM
Alarms (bit mask)	2007	0x000 = No Alarms 0x0001 = Open 1 Failure 0x0002 = Open 2 Failure 0x0008 = Close 1 Failure 0x0010 = Close 2 Failure 0x0100 = Force manual (handle attached) 0x0200 = External fault 0x1000 = Generator alarm

Kuvio 13. Modbusväylällä näkyvät tilatiedot

2.3.4 ATS022

ATS022 on hyvin samanlainen laite kuin OMD800. ATS022 ohjaa kytkimen sijaan kahta erillistä katkaisijaa. Se on kehitetty yksi- ja kolmevaiheisille jakelujärjestelmille. Se ohjaa kahden sähkösyötön vaihtoa. ATS022 mittaa jännitettä normaalissa verkossa ja tarvittaessa vaihtaa varasähkönsyötölle, jos normaalin verkon jännite alenee liian paljon tai katkeaa kokonaan. Kaikki toiminnot, mitä OMD800:sta kerrottiin, on myös ATS022:ssa. Laitteeseen kytkettiin myös muita ohjaustoimintoja, mutta niitä ei otettu vielä tässä vaiheessa käyttöön. Kuviossa 14 on ATS022.



Kuvio 14. AT5022

2.3.5 Tehonlähte ja releet

Teholähteenä oli Carlo Gavazzi- nimisen valmistajan hakkuriteholähde. Teholähteen syöttöjännitteeksi kävi 90–264 voltia (V) vaihtovirta (AC) tai 120–370 V tasavirta (DC). Antojännite teholähteellä oli 24 Vdc ja antovirta oli 20 ampeeria (A). Teholähde oli DIN-kiskokiinnitteinen, jossa on ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus. Lähteessä on myös merkkivalot sekä normaali- että alijännitteelle. Kuviossa 15 on kuva teholähteestä.



Kuvio 15. SPD244801-teholähde

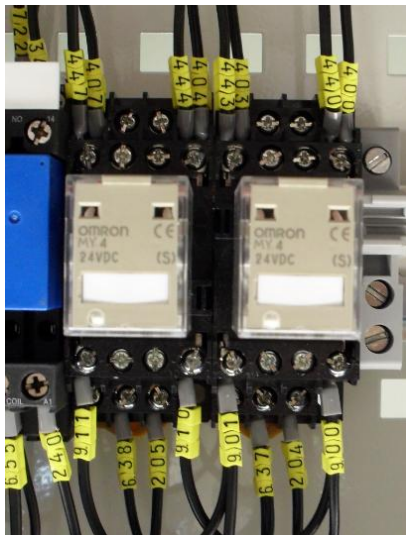
Releinä käytettiin MISH1-24V piirikorttirelettä. Niissä on 1-vaihtokosketin. Kelan jännitteeksi tarvittiin 24 voltia tasavirtaa (Vdc). Releen mekaaninen elinikä on noin 10 miljoonaa kytkentää. Piirikorttirele tarvitsi relekannan, että rele saadaan

DIN-kiskoon. Tähän valittiin PI-35BE relekanta, joka sopii useallekin mallille. Maksimi johdinkoko siihen on 4 mm^2 . Laitteen kytkennät tehtiin $0,75 \text{ mm}^2$ johdoilla, joten relekanta oli sopiva. Kuviossa 16 on kuva MISH1-24V piirikorttireleitä.



Kuvio 16. MISH1-24V-releitä

Työssä tarvittiin myös neljän vaihtokoskettimen releitä, johon valittiin MAT4-24VDC tehoreleet, koska tässäkin releessä kelan jännite oli 24 Vdc. Tehoreleen mekaaniseksi eliniäksi on luvattu noin 50 miljoonaa kytkentää. Tämän releen relekannaksi valittiin MAT4-SK relekanta. Kuviossa 17 on kuva MAT4-24VDC tehoreleistä.



Kuvio 17. MAT4-24CDZ-releet

2.3.6 ADAM-4520

ADAM-4520 on RS-232/RS-485 muunnin. Sillä pystyy muuttamaan normaalin RS-232 signaalin suoraan RS-485 signaaliksi. Tämä muunnin voi automaattisesti ohjata RS-485 väylän suuntaa ilman erillisiä kättelysignaaleja, kuten RS-232 signaalissa tarvitaan. Muunnin sisältää erotuksen, jolla suojataan isäntäkonetta mahdollisilta ylijännitteiltä vikatapauksissa RS-485 väylässä. Kuviossa 18 on kuva ADAM-4520-muuntimesta. Taulukossa 4 on ADAM-4520:n tekninen tieto.



Kuvio 18. ADAM-4520-muunnin

Taulukko 4. ADAM-4520 tekninen tieto

Communication
RS-485 (2-wire) to host
Speeds: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bps
Max. Communication distance: 4000feet (1.2km)
Power and communication LED indicator
ASCII command/response protocol
Communication error checking with checksum
Asynchronous data format: 1 start bit, 8 data bits, 1 stop bit, no parity
Up to 256 multidrop modules per serial port
On-line module insertion and removal
Transien suppression on RS-485 communication lines
Power Requirements
Unregulated +10 +30 VDC
Protected against reversal
Mechanical
Case: ABC with captive mounting hardware
Plug-in screw terminal block: Accepts 0.5 mm ² to 2.5 mm ² 1-#12 or 2-#14 to #22 AWG
Environment
Operating temperature: 14 to 158°F (-10 to 70°C)
EMI: Meets FCC Class A
Storage temperature: -13 to 185°F (-25 to 85°C)
Humidity: 5 to 95%, non-condensing
General
Input: RS-232 (4-Wire)
RS-232 interface connector: Female DB-9
RS-422/RS-485 interface connector: plug-in screw terminal
Baudrate (bps): 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2 K, 38.4 K, RTS control (switchable)
Isolation voltage: 500 VDC
Power consumption: 1.2 W

2.3.7 Sovellan säätövaunu ja PC

Sovella on yksi johtavista teollisuuskalusteiden ja työpisteiden valmistajista. Sovella toimittaa räätälöityjä työympäristöratkaisuja merkittävimmille teollisuuden aloille eri puolilla maailmaa. Mitoituksien jälkeen päädyttiin Sovellan säätövaunuun.

Säätövaunun perusideana oli ergonomisen työpisteen siirrettävyys. Säätövaunuja on saatavana kolmea eri leveyttä: M500, M750 ja M900, joista päädyttiin leveimpään eli M900:an.



Kuvio 19. Sovellan säätövaunu

Säätövaunussa oli neljä kääntyvää pyörää, joista kaksi oli jarrullista. Näiden ansiosta testauslaitetta oli helppo siirrellä paikasta toiseen ja sen sai helposti pysymään myös paikallaan. Laitteiston siirtomahdollisuus ja sen paikallaan pysyminen oli yksi työn vaatimuksista. /6/

Tietokone (PC) testauslaitteessa oli Asus-merkkinen kannettava. Muistia PC:ssä on 2 Gb. Prosessorina PC:ssä toimii Pentium T3200. PC:n käyttöjärjestelmänä toimii Windows XP.

2.4 Ohjelmat

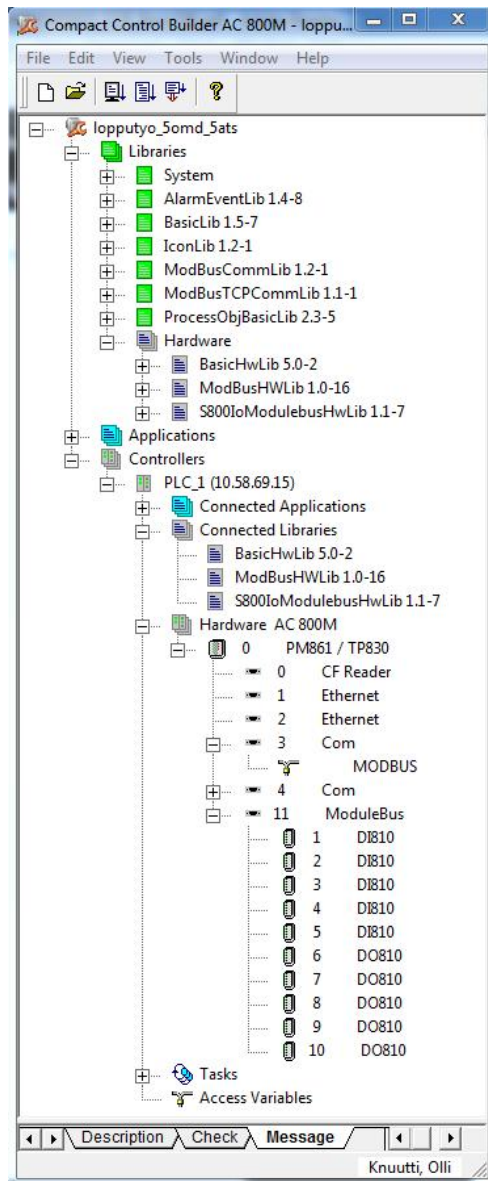
2.4.1 Compact Control Builder

Compact Control Builder-ohjelma (CCB) on ohjelmointityökalu, joka sisältää kääntäjän, ohjelmointimuokkaajan, ohjaimen kehittämiseen tehtyjä standardoituja kirjastoja ja ohjaimen asetuksiin tarvittavia laitteistokirjastoja. Ohjelma sisältää myös yleisiä toimintoja, kuten ohjausjärjestelmämalleja ja toimintotarkkailun. Taulukossa 5 on ohjelmoinnissa tarvittavia toimintoja ja niiden esimerkkejä.

Taulukko 5. CCB-järjestelmän toiminnot ja esimerkit

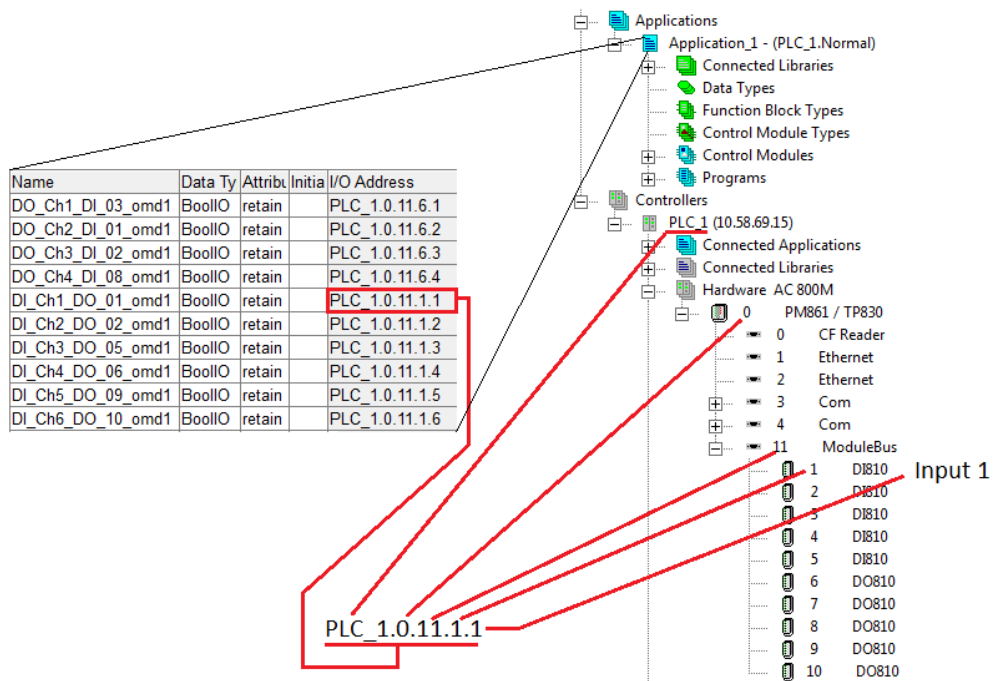
System Functions	Examples
Simple Data Types	bool, dint, int, uint, dword, word, real, etc.
Structured Data Types	time, Timer, date_and_time, etc.
Common Library Data Types	Open structured data types like, BoolIO, DintIO, DwordIO, RealIO, HWStatus, SignalPar, etc.
Bit String Operations	and, or, xor, etc.
Relational and Equality Functions	Equal to, Greater than, etc.
Mathematical Functions	Trigonometric, Logarithmic, Exponential and Arithmetic Functions.
Data Type Conversion	Conversion of bool, dint, etc.
String Functions	Handles strings like, inserts string into string, deletes part of a string, etc.
Exception Handling	Functions for handling zero division detection integer and real values.
Task Functions	SetPriority, GetPriority, etc.. Handles the priority of the current task.
System Time Functions	Exchanging time information between different systems.
Timer Functions	Functions to Start, Stop and Hold Timers.
Random Generation Functions	Functions for generating random numbers or values.
Variable Handling Functions	Reads and writes variable values.
Array Functions	Handles arrays.
Queue Functions	Handles queues.

Logiikan laitteisto pitää ohjelmoida CCB:n asetuksiin. Kuviosta 20 näkee tämän työn laitteistoa varten tarvittavat kirjastot ja ohjelmoidun asetuksen. Ensin pitää tutustua työhön, jonka jälkeen voi tutustua kirjastoihin. Kirjastoista pitää saada tarvittavat laitteistoasetukset. Sen jälkeen, kun kirjasto on haettu työlle, se pitää yhdistää laitteistoasetuksiin. Kun kirjasto on laitteistoasetuksissa, voidaan valita oikeille paikoille oikeat laitteet, kuten kohdan ”3 Com” alle on laitettu Modbus-väylä, koska sitä tarvitaan. Modbus-väylä löytyi ”ModBusHWLib 1.0-16”- kirjastosta. Kohdan ”11 ModuleBus” alle on laitettu kaikki DI810 ja DO810 kortit, jotka löytyivät ”S800IoModulebusHwLib 1.1-7”-kirjastosta.



Kuvio 20. CCB:n laitteiston asetukset

DI810 ja DO810-korttien tulevat ja lähtevät I/O-osoitteet pitää merkitä omiin muuttujiin. Kuviossa 21 on esimerkki, millaisen I/O-osoitteen muuttuja saa. DI810-kortilla on 18 sisääntuloa, joten I/O-osoitteen viimeinen numero tarkoittaa esimerkissä sisääntuloa 1. /10/



Kuvio 21. Esimerkki muuttujan I/O-osoitteesta

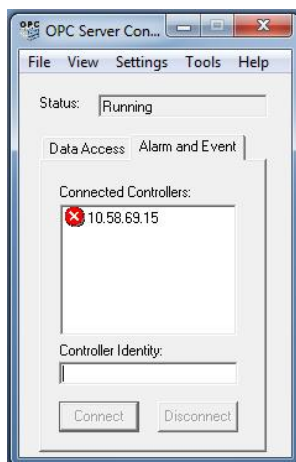
Itse merkintä tehdään laitteistoasetuksiin. Kun muuttuja on tehty, klikataan ”1 DI810” auki, josta avautuu kuvion 22 mukainen ikkuna, jonne merkitään muuttuja. Muuttujan eteen tulee osoite, mistä muuttuja on otettu. Tässä tapauksessa osoite on ”Application_1” Kuviossa 21 oleva muuttuja on ”DI_Ch1_DO_01_omd1”. Merkitsemiseen tarvittava osoite on ”Application_1. DI_Ch1_DO_01_omd1”, joka kirjoitetaan kuvion 22 Input 1:n kanssa samalle riville sarakeeseen ”Variable”.

Channel	Name	Type	Variable	I/O Description
IX0.11.1.1	Input 1	BoolIO	Application_1.DI_Ch1_DO_01_omd1	
IX0.11.1.2	Input 2	BoolIO	Application_1.DI_Ch2_DO_02_omd1	
IX0.11.1.3	Input 3	BoolIO	Application_1.DI_Ch3_DO_05_omd1	
IX0.11.1.4	Input 4	BoolIO	Application_1.DI_Ch4_DO_06_omd1	
IX0.11.1.5	Input 5	BoolIO	Application_1.DI_Ch5_DO_09_omd1	
IX0.11.1.6	Input 6	BoolIO	Application_1.DI_Ch6_DO_10_omd1	
IX0.11.1.7	Input 7	BoolIO		
IX0.11.1.8	Input 8	BoolIO		
IX0.11.1.9	Input 9	BoolIO	Application_1.DI_Ch1_DO_01_omd2	
IX0.11.1.10	Input 10	BoolIO	Application_1.DI_Ch2_DO_02_omd2	
IX0.11.1.11	Input 11	BoolIO	Application_1.DI_Ch3_DO_05_omd2	
IX0.11.1.12	Input 12	BoolIO	Application_1.DI_Ch4_DO_06_omd2	
IX0.11.1.13	Input 13	BoolIO	Application_1.DI_Ch5_DO_09_omd2	
IX0.11.1.14	Input 14	BoolIO	Application_1.DI_Ch6_DO_10_omd2	
IX0.11.1.15	Input 15	BoolIO		
IX0.11.1.16	Input 16	BoolIO		
IW0.11.1.17	All Inputs	DwordIO		
IW0.11.1.18	Channel status	DwordIO		
IW0.11.1.19	UnitStatus	HwStatus		

Kuvio 22. I/O:n merkitseminen muuttujalle.

2.4.2 OPC Server for AC 800M / Softing OPC Toolbox Client

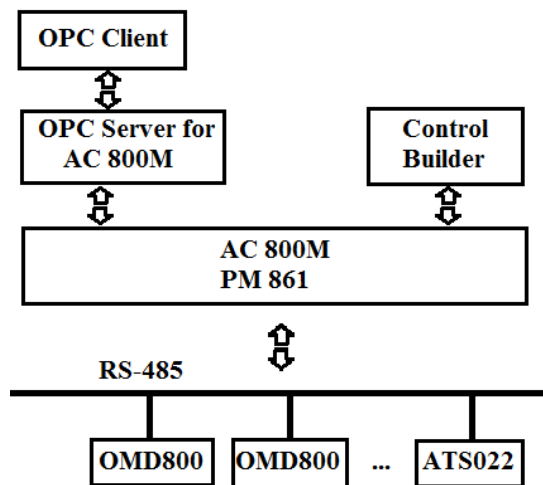
OPC Server for AC 800M-ohjelma (OPC palvelin) käytetään, että voitaisiin lukea tapahtuvaa dataa ja/tai hälytyksiä ja tapahtumia logiikassa OPC-ohjelman kautta.



Kuvio 23. OPC Server-ikkuna

Kuviossa 23 on OPC palvelimen ikkuna. ”X”, punaisella pohjalla tarkoittaa, että yhteys ei ole kunnossa. Kun X:n tilalla on hymiö, yhteys on kunnossa. Siinä nä-

kyyy myös asetus mitä ohjelmassa pitää olla aina, kun halutaan käyttää Toolbox Client-ohjelmaa (OPC asiakas). AC 800M-ohjelmoitavan logiikan (PLC) IP-osoite on 10.58.69.15. Tässä järjestelmässä PLC:llä tehdään vain tapahtumia, joten IP-osoite pitää lisätä vain hälytys- ja tapahtumapuolelle (Alarm and Event).



Kuvio 24. OPC-palvelimen kokoonpano järjestelmässä

Kuviosta 24 näkee OPC-palvelimen paikka tämän työn järjestelmässä. Kuviosta 24 näkee myös kaikkien muiden ohjelmien ja laitteiden paikka tässä järjestelmässä. Kuviosta 24 näkee myös mitkä ohjelmat/laitteet keskustelevat kenenkin kanssa. OPC-palvelin tarkkailee PLC:tä. Softing OPC Toolbox Client-ohjelma (OPC asiakas) on yhteydessä OPC-palvelimeen, josta voidaan tarkkailla onko PLC tehnyt käsketyt ohjauksen ja onko testattavat laitteet tehneet toiminnon mitä niiden pitäisi. Control Builder keskustelee ainoastaan PLC:n kanssa.

2.4.3 Modbus Poll / Serial Port Monitor

Modbus Poll-ohjelma on ollut tässä työssä vertailukohde, jos väylän kanssa on ollut jotain ongelmia. Elektroniikkatiimi on käyttänyt tätä ohjelmaa OMD800 ja ATS022 tuotteiden testauksissa.

Modbus Poll on Modbus isäntäsimulaattori, joka on kehitetty pääasiassa auttamaan Modbus-orjalaitteiden kehittäjiä tai muita, jotka haluavat testata ja simuloida Modbus-protokollaa. Monipuolisella käyttöliittymällä voi tarkkailla useaa

Modbus-orjaa ja/tai data-alueita samaan aikaan. Jokaista ikkunaa varten yksinkertaisesti määritellään Modbus-orjan ID-osoite, toiminto, datan osoite, koko ja kyselyväli. Rekistereitä voi lukea ja kirjoittaa mistä tahansa ikkunasta. Jos halutaan muuttaa useita rekistereitä, yksinkertaisesti kaksoisklikataan arvoa. Poikkeusvirheet näkyvät tilaviivalla. Jos orjalaitteen kehittäjä voi kirjoittaa ja lähettää omat tekstikoodit ”testauskeskukseen” ja tarkistaa tulokset orjalaitteelta hexa numeroina. Modbus Poll-ohjelma tukee monia Modbus-protokolla-toimintoja, OMD800-laitte käyttää vain toimintokäskyä 3 ”lue hallussa olevat rekisterit (03: Read Holding Registers)”. /7/

Serial Port Monitor-ohjelma on kernel-käyttäjäsovellus, suunnattu Win32 kehittäjille, joiden työ on yhdistetty sarjaportteihin. Sarjaportin tarkkailu antaa käyttäjille mahdollisuuden muuttaa sarjaportin oletustoimintoja Win32-pohjaisiin käyttöjärjestelmiin, joissa vain yksi sovellus voi käyttää sarjaporttia samaan aikaan. Serial Port Monitor-ohjelma onnistuu siinä tarjoamalla tarkkailun laitteen ohjaimelle, joka sijaitsee sarjalaitte ohjaimilla Windows NT, Windows 2000 ja Windows XP käyttöjärjestelmissä. Tämä ohjain kerää kaikki tiedot, sisältäen luetun ja kirjoitetun datan sekä toimintokoodit, jotka on vastaanotettu ja lähetetty. /8/

3 TOTEUTUS

Työ aloitettiin yhteyden luomisella seuraavien komponenttien välille: PC – AC 800M – OMD. PC ja AC 800M välinen kaapeli oli tavallinen Ethernet-kaapeli. AC 800M:n ja OMD:n kaapeli piti tehdä itse.

Tässä työssä käytettiin ohjelman teossa toimintolohkokaavio ”Function Block Diagram” (FBD)-kieltä.

3.1 Väylän toimintaansaaminen

Ensimmäiseksi piti tehdä kaapeli, jolla saatiin yhteys AC 800M:n ja OMD 800:n välille. AC 800M:n liittimestä COM 3 lähti RS-232 yhteys. Kaapelia ei pystynyt ostamaan suoraan liikkeestä, koska COM 3-portti oli RJ45 standardilla tehty liitin. Toimivaan kaapeliin kytkettiin datan lähetysnavat yhteen, datan vastaanottonavat yhteen ja signaalinaamat yhteen. Taulukosta 6 näkee portin kytkennät, joista yhteyden toimimiseen tarvittiin liittimet 3-6. Taulukossa 7 on 9 pinnisen RS-232 liittimen kytkennät, joista tarvittiin RD, TD ja SG. Kummastakin päästä RD:t liitettiin yhteen, TD:t ja SG:t liitettiin yhteen.

Taulukko 6. AC 800M, COM 3-portin kytkennät (RJ45).

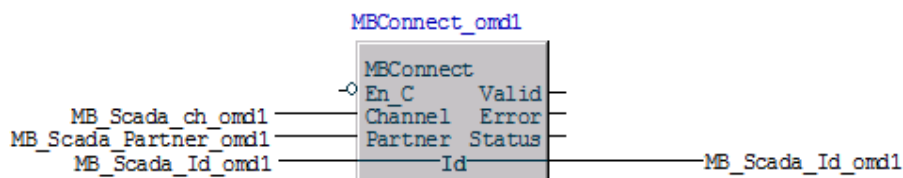
Pin	Designation	Direction	Description
1	RTS	Out	Request To Send
2	DTR	Out	Data Terminal Ready
3	TD	Out	Transmit Data
4	0V	-	Signal ground
5	0V	-	Signal ground
6	RD	In	Receive Data
7	DCD	In	Data Carrier Detect
8	CTS	In	Clear To Send
Housing	Shield	-	Shield

Taulukko 7. 9-napaisen RS-232 liittimen kytkennät.

D-Type-9 Pin No.	Abbreviation	Full Name
Pin 1	CD	Carrier Detect
Pin 2	RD	Receive Data
Pin 3	TD	Transmit Data
Pin 4	DTR	Data Terminal Ready
Pin 5	SG	Signal Ground
Pin 6	DSR	Data Set Ready
Pin 7	RTS	Request To Send
Pin 8	CTS	Clear To Send
Pin 9	RI	Ring Indicator

Yhteys ei toiminut suoraan kun kaapeli saatiin valmiiksi. Aluksi luultiin, että OMD 800:n Modbus-väyläyhteys oli RTU RS-232:ta, mutta yhteys olikin RTU RS-485:ta. Tieto saatiin ABB:n elektroniikkatiimiltä. Yhteyden muuttamiseksi RS-232:sta RS-485:een piti käyttää edellä mainittua ADAM-4520 muunninta. Lopullinen kytkentä kaapelille AC800M:n ja OMD 800:n välille näkyy kuviossa 6 kappaleessa 1.7 ja kytkentäkaaviossa liitteessä 2.

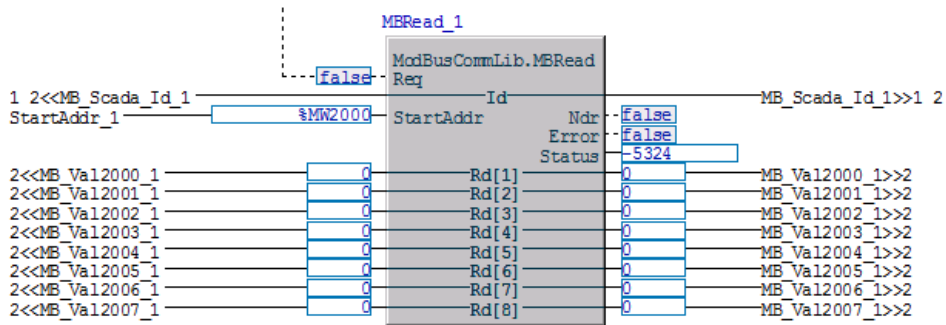
Ohjelmaan kuului kuviossa 25 näkyvä MBConnect toimintolohko. ”Channel”-kohtaan laitetaan paikallinen kommunikointikanava, jota käytetään yhdistyksessä. ”Partner”-kohtaan laitetaan orjalaitteen ID-osoite. ”Id”-kohtaan laitetaan muuttuja, jolla yhdistetään MBConnect ja MBRead tai MBWrite. Tässä työssä yhdistettiin MBConnect-toimintolohkot ainoastaan MBRead-toimintolohkoihin.



Kuvio 25. MBConnect-toimintolohko

Ongelmana oli saada väylä toimimaan ohjelmallisesti OMD800:n ja AC 800M:n välillä. Free serial port monitor-ohjelmalla huomattiin, että aloitusosoite ei vaihtunut suoraan online-tilassa, vaan osoitteen muuttamisen jälkeen tiedot piti ladata

logiikalle alas. Aloitusosoite näkyy kuviossa 26 StartAddr_1-muuttujana. Vikana oli väärän toimintokäskyn käyttö. Kuviossa 26 StartAddr_1-muuttuja on ”%MW2000”, joka tarkoittaa toimintokäskyn 3 käyttämistä. Toimintokäskey 3 on oikein OMD800 rekisterin lukuun. Toimintokäskey 3 on seuraavaa: ”lue hallussa olevat rekisterit” (03: Read Holding Registers). Aluksi StartAddr_1-muuttujan arvo oli ”%IW2000”, joka tarkoittaa toimintokäskyn 4 käyttämistä. Toimintokäskey 4 tarkoittaa seuraavaa: ”lue syöttötiedoissa oleva rekisteri” (04: Read Input Registers). MBRRead Rd[1]...Rd[n] piti määrittellä itse. Rd tarkoittaa osoitteiden määrää. OMD800 ja ATS022-laitteissa osoitteita on 2000–2007, eli toimintolohkoon kirjoitetaan ensimmäiseksi osoitteeksi 2000 ja luetaan kahdeksan osoitetta. Toimintokäskeyjen määrätyminen MW:llä ja IW:llä näkyy kuviosta 27.



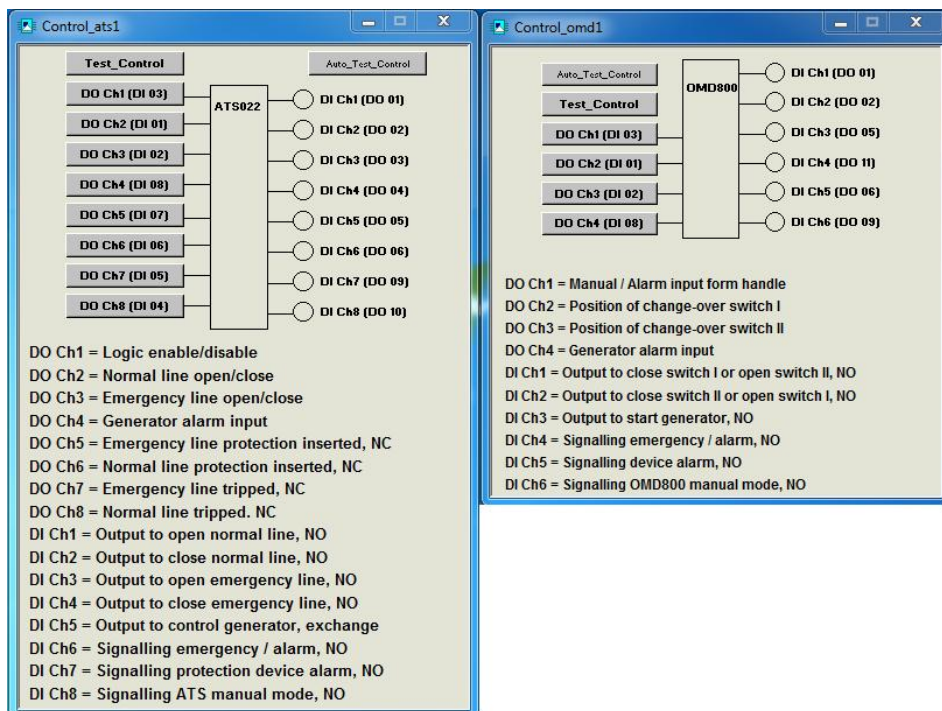
Kuvio 26. CCB MBRRead-toimintolohko

Protocol command	Connect Bloc	Exception Block	Read single variables	Read Multiple Variables	Write Single variables	Write Multiple Variables	Applicable Function Blocks
FC1			QX	QX			MBRead
FC2			IX	IX			MBRead
FC3			Q, M W	Q, M W			MBRead
FC4			I W	I W			MBRead
FC5					QX		MBWrite
FC6					Q, M W		MBWrite
FC7		Yes					MBException
FC8	Yes						MBCConnect
FC15						QX	MBWrite
FC16						Q, M W	MBWrite

Kuvio 27. Toimintokäskeyjen määrätymislista

3.2 OMD800-laitteen toimintaympäristön simuloiminen

Kuviossa 28 on ATS022:n ja OMD800:n ohjausikkunat, joista näkee vihrein valoin, kun jokin DI-kanavista on aktiivisena. Logiikan DO-kanavia voidaan ohjata silloin, kun ”Test_Control” nappi on painettuna.



Kuvio 28. ATS022:n ja OMD800:n ohjausikkunat

Kuviossa 29 on ATS022:n ja OMD800:n tilatiedot. Näistä ikkunoista voi manuaalisesti seurata mitä automaattisilla ohjauskytkimillä tapahtuu.

Status_Info_ats1		Status_Info_omd1	
Normal line status (Address 2000)	Voltage OK	LN1-Switch I -line status (Address 2000)	Voltage OK
Emergency line status (Address 2001)	Voltage OK	LN2-Switch II -line status (Address 2001)	Voltage OK
Switching status (Address 2002)	Sequence not required (line used = N)	Switching status (Address 2002)	Sequence not required (line used = primary)
Normal line status (Address 2003)	Close	Change-over switch status (Address 2005)	I
Emergency line status (Address 2004)	Open	Generator status (Address 2006)	Stopped
Generator status (Address 2006)	(emerg. line voltage = 0) stopped OFF	Alarms (Address 2007)	No Alarms
Alarms (Address 2007)	No Alarms		

Kuvio 29. ATS022:n ja OMD800:n tilatietoikkunat

Kuviossa 30 on laitteen testauksen määrittelyikkuna. ”Test Time”-kohtaan laite-
 taan testiajan pituus. ”Test Time Left” ilmaisee ajan, paljonko testiajasta on jäljel-
 lä. ”Period Time” ja ”Pulse Time” määritellään seuraavan esimerkin mukaisesti.
 Kuvioista 31 näkee pulssin ulostulon ”True/False”, kun ”Period Time” on neljä ja
 ”Pulse Time” on yksi. Tämän mukaan ”Actions”-kohdasta valitut toiminnot me-
 nevät päälle ja pois. ”Delay Between MBread” määrää viiveen MBRead-lukujen
 välissä.

TEST

Test on Test Time 0d0h0m30s0ms

Test Time Left 0d0h0m25s601ms

Period time 0d0h0m2s0ms

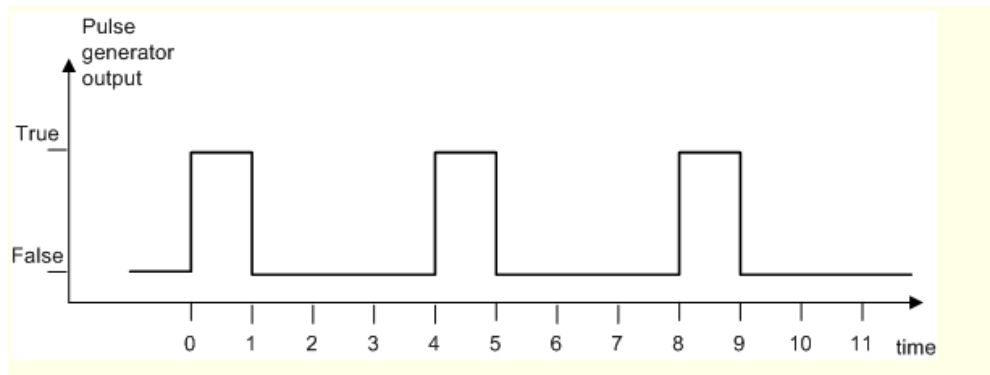
Pulse time 0d0h0m1s0ms

Delay Between MBRead 0d0h0m0s200ms

Actions

<input checked="" type="checkbox"/> 1. OMD Attach handle on/off	<input checked="" type="checkbox"/> 1. ATS Attach handle on/off
<input type="checkbox"/> 1. OMD Gen Alarm on/off	<input type="checkbox"/> 1. ATS Gen Alarm on/off
<input checked="" type="checkbox"/> 2. OMD Attach handle on/off	<input checked="" type="checkbox"/> 2. ATS Attach handle on/off
<input type="checkbox"/> 2. OMD Gen Alarm on/off	<input type="checkbox"/> 2. ATS Gen Alarm on/off
<input checked="" type="checkbox"/> 3. OMD Attach handle on/off	<input checked="" type="checkbox"/> 3. ATS Attach handle on/off
<input type="checkbox"/> 3. OMD Gen Alarm on/off	<input type="checkbox"/> 3. ATS Gen Alarm on/off
<input checked="" type="checkbox"/> 4. OMD Attach handle on/off	<input checked="" type="checkbox"/> 4. ATS Attach handle on/off
<input type="checkbox"/> 4. OMD Gen Alarm on/off	<input type="checkbox"/> 4. ATS Gen Alarm on/off
<input checked="" type="checkbox"/> 5. OMD Attach handle on/off	<input checked="" type="checkbox"/> 5. ATS Attach handle on/off
<input type="checkbox"/> 5. OMD Gen Alarm on/off	<input type="checkbox"/> 5. ATS Gen Alarm on/off

Kuvio 30. Testi-ikkuna



Kuvio 31. Pulssigeneraattorin ulostulo

3.3 Kojeiden kytkennät

Kojeiden kytkentälistan näkee liitteestä 1. Liitteessä 2 on kytkentäkaavio. Suurin osa kytkennöistä on tehty $0,75 \text{ mm}^2$ monisäikeisillä kytkentäjohtoilla. Johtimien materiaali on kupari, jossa on eristemateriaalina polyvinylikloridi (PVC). Jokainen kytketty johto on merkitty kytkentälistan mukaisella johdinnumerolla. Johdinmerkinnöissä on käytetty Partex-nimisen valmistajan johdinmerkintärengasta. Johtimien päissä on käytetty puristettavia eristettyjä pääteholkkeja, joiden liitäntämateriaalina on tinattu kupari. Suurin osa johtimista on kytketty mustilla johtimilla, mutta tasavirran plusjännite (+) on kytketty punaisella värillä. Työssä olevat riviliittimet on Phoenix Contact-nimisen valmistajan riviliittimiä, jotka voidaan kytkeä DIN-kiskoon. Runkomateriaalina riviliittimissä on polyamidi. Jännitekesto on 800 V ja virtakesto on 24 A. Teholähde pystyi antamaan 20 A, joten riviliittimien pitäisi kestää. Maksimijohdinkoko riviliittimiin on $2,5 \text{ mm}^2$, joten teholähteeltä jännitteenjakorimalle olevat johtimet kytkettiin 2 kertaa $2,5 \text{ mm}^2$ johtimilla. Teholähteelle syötetään 230 vaihtovirtajännite (Vac) suoraan pistorasialta. Kuviossa 32 näkee esimerkin kytkennästä ja johdinmerkinnästä.

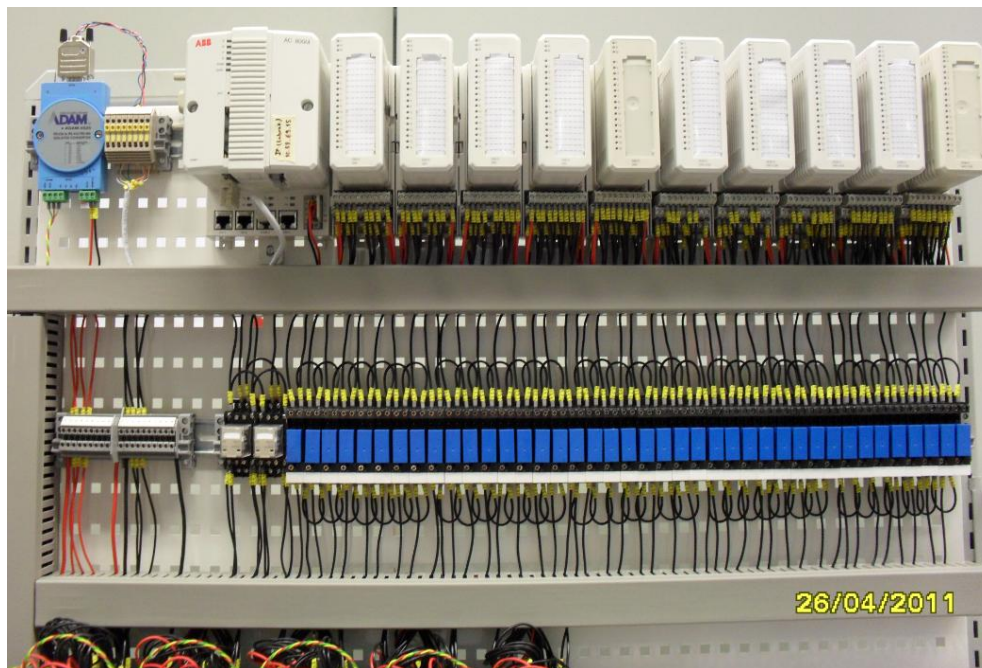


Kuvio 32. Kytkentäesimerkki

4 TULOKSET

4.1 Kuvia testauslaitteesta

Kuviossa 33 on kuva testauslaitteen yläosasta, jossa näkyy ADAM-4520, AC800M, 5 x DI810:tä, 5 x DO810:tä, 24 V:n jännitteenjakelurima, MAT4-24VDC tehoreleet ja 40 x MISH1-24V piirikorttirelettä.



Kuvio 33. Testauslaitteen yläosa

Kuviossa 34 on kuva testauslaitteen keskiosasta, jossa on 5 x OMD800:a ja 5 x ATS022:ta.



Kuvio 34. Testauslaitteen keskiosa

Testauslaitteen alaosassa on tehonlähde ja lisää releitä.

4.2 Parannusehdotuksia

OMD:n ja ATS:n käyttöjännitteet voisi kytkeä releiden kautta. Silloin saisi halutun OMD800:n tai ATS022:n kytkettyä logiikan kautta päälle.

OPC Client-ohjelma oli ensimmäinen vastaantuleva vaihtoehto, joten tämänkaltaisia ohjelmia voisi tutkia enemmän, jos löytyisi parempi vaihtoehto. Ohjelmaa voisi parantaa siten, että vikatiedot erottuisivat paremmin. Silloin ei tarvitsisi mennä kaikkia tapahtumia läpi.

5 YHTEENVETO

Raportissa on selvitetty työn tärkeimmät osiot. ABB Oy sai testauslaitteen, jota voi kehittää jatkossa paljonkin. Itse jään vielä kehittämään testauslaitetta ABB:lle, mutta koulun ja valmistumisen kannalta aika loppui kesken, joten raportissa esitellään tämänhetkinen tilanne.

Systeemitestauslaite tullaan ottamaan käyttöön tuotekehityksessä uusiin projekteihin sekä ylläpitotehtäviin. Luotu järjestelmä loi hyvän pohjan systeemitestaukselle, jota on helppo kehittää eteenpäin vaihtuvissa tuotekehityksen tarpeissa.

Opinnäytetyö oli erittäin opettavainen. Koko AC 800M-logiikka oli minulle uutta, kuin myös Compact Control Builder-ohjelman käyttö. En ole ennen suunnitellut näin laajaa automaatiojärjestelmää. Modbus-protokolla oli minulle myös uutta. Työ oli mielenkiintoinen, koska itse työtä oli paljon. Systeemitestauslaitteesta voisi tehdä monella tavoin paremman, jos aikaa olisi enemmän.

Kiitokset haluan antaa erityisesti ohjaajalleni lehtori Olli Tuoviselle, joka opetti Compact Control Builder-ohjelman käyttöä ja avusti aina vaikeimmissa ongelmatilanteissa. Kiitokset myös ABB Oy:n pienjännitekojeet-osaston elektroniikkatiimille, joka auttoi minua tilaamaan tarvittavat osat ja kannusti minua työssä eteenpäin.

LÄHTEET

/5/ Adam-4510/4510S/4520 Startup Manual (2005), [viitattu 10.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:http://origindownload.advantech.com//productFile/1-1Z943M/ADAM-4510_4510S_4520_Startup_ed%204.pdf>

/11/ Automatic transfer switches, OTM_C_D_, Installation and operating instructions, 1SCC303003M0204, rev D. [viitattu 22.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:[http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6549e1c11808dd14c125764700138637/\\$file/1scc303003m0204.pdf](http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6549e1c11808dd14c125764700138637/$file/1scc303003m0204.pdf)>

/10/ Compact Control Builder AC 800M Version 5.0, Basic Control Software, Introduction and configuration (2006) [viitattu 20.4.2011] Saatavilla internetissä: <URL:[http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot354.nsf/veritydisplay/dde39bc530d2b877c12578570041d9f0/\\$file/3bse040935r201_-_a_en_compact_control_builder_ac_800m__version_5.0__basic_control_software__introduction_and_configura.pdf](http://abblibrary.abb.com/global/scot/scot354.nsf/veritydisplay/dde39bc530d2b877c12578570041d9f0/$file/3bse040935r201_-_a_en_compact_control_builder_ac_800m__version_5.0__basic_control_software__introduction_and_configura.pdf)>

/4/ Compact Control Builder AC 800M, Version 5.0.2/2 (Build 5.0.2008.29) System Version 5.0 SP2-ohjelman mukana tulleet manuaalit [viitattu 20.4.2011]

/8/ Free Serial Port Monitor version 3.31- Serial Port Monitor help [viitattu 15.4.2011]

/3/ Modbus-IDA (2006) Modbus Application Protocol Specification V 1.1b [viitattu 13.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf>

/7/ Modbus Poll-ohjelma [viitattu 15.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:<http://www.modbustools.com/>>

/6/ Sovella Product catalogue (2010-2011) [viitattu 10.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.sovella.com/content/pdf/catalogue_10_EN/EN2010CAT.pdf?from=-14892480146184826>

/2/ Tiina Tersa (2002). Testausmenetelmien käyttö sovelluksen systeemitestausvaiheessa, [viitattu 18.4.2011] Saatavilla Internetissä: <URL:http://www.mit.jyu.fi/opetus/opinnayte/gradu/systeemitestaus/Tiina_Tersa.pdf>

/1/ <URL:<http://fi.inside.abb.com/>> [viitattu 13.4.2011]

/9/ <URL:<http://www.vekoy.com/>> [viitattu 11.4.2011]

Koje	KytKentäpaikka	Liitin Nro	Johdin Nro	Koje	KytKentäpaikka	Liitin Nro
AC 800M	COM3	RJ-45	1	-X3		1
AC 800M	COM3	RJ-45	2	-X3		2
AC 800M	COM3	RJ-45	3	-X3		3
AC 800M	COM3	RJ-45	4	-X3		4
AC 800M	COM3	RJ-45	5	-X3		5
AC 800M	COM3	RJ-45	6	-X3		6
AC 800M	COM3	RJ-45	7	-X3		7
AC 800M	COM3	RJ-45	8	-X3		8
-X3		3	9	ADAM-4520		3
-X3		4	10	-X3		5
-X3		5	11	ADAM-4520		5
-X3		6	12	ADAM-4520		2
AC 800M	1. DI 810	C1	100	1. OMD800	X21	2
AC 800M	1. DI 810	B1	101	1. OMD800	X21	3
AC 800M	1. DI 810	C2	102	1. OMD800	X23	1
AC 800M	1. DI 810	B2	103	1. OMD800	X29	1
AC 800M	1. DI 810	C3	104	1. OMD800	X29	4
AC 800M	1. DI 810	B3	105	1. OMD800	X29	5
			106			
			107			
AC 800M	1. DI 810	C5	108	2. OMD800	X21	2
AC 800M	1. DI 810	B5	109	2. OMD800	X21	3
AC 800M	1. DI 810	C6	110	2. OMD800	X23	1
AC 800M	1. DI 810	B6	111	2. OMD800	X29	1
AC 800M	1. DI 810	C7	112	2. OMD800	X29	4
AC 800M	1. DI 810	B7	113	2. OMD800	X29	5
			114			
			115			
AC 800M	2. DI 810	C1	116	3. OMD800	X21	2
AC 800M	2. DI 810	B1	117	3. OMD800	X21	3
AC 800M	2. DI 810	C2	118	3. OMD800	X23	1
AC 800M	2. DI 810	B2	119	3. OMD800	X29	1
AC 800M	2. DI 810	C3	120	3. OMD800	X29	4
AC 800M	2. DI 810	B3	121	3. OMD800	X29	5
			122			
			123			

AC 800M	2. DI 810	C5	124	4. OMD800	X21	2
AC 800M	2. DI 810	B5	125	4. OMD800	X21	3
AC 800M	2. DI 810	C6	126	4. OMD800	X23	1
AC 800M	2. DI 810	B6	127	4. OMD800	X29	1
AC 800M	2. DI 810	C7	128	4. OMD800	X29	4
AC 800M	2. DI 810	B7	129	4. OMD800	X29	5
			130			
			131			
AC 800M	3. DI 810	C1	132	5. OMD800	X21	2
AC 800M	3. DI 810	B1	133	5. OMD800	X21	3
AC 800M	3. DI 810	C2	134	5. OMD800	X23	1
AC 800M	3. DI 810	B2	135	5. OMD800	X29	1
AC 800M	3. DI 810	C3	136	5. OMD800	X29	4
AC 800M	3. DI 810	B3	137	5. OMD800	X29	5
			138			
			139			
AC 800M	3. DI 810	C5	140	1. ATS022	X21	2
AC 800M	3. DI 810	B5	141	1. ATS022	X21	3
AC 800M	3. DI 810	C6	142	1. ATS022	X22	2
AC 800M	3. DI 810	B6	143	1. ATS022	X22	3
AC 800M	3. DI 810	C7	144	1. ATS022	X23	1
AC 800M	3. DI 810	B7	145	1. ATS022	X29	1
AC 800M	3. DI 810	C8	146	1. ATS022	X29	4
AC 800M	3. DI 810	B8	147	1. ATS022	X29	5
AC 800M	4. DI 810	C1	148	2. ATS022	X21	2
AC 800M	4. DI 810	B1	149	2. ATS022	X21	3
AC 800M	4. DI 810	C2	150	2. ATS022	X22	2
AC 800M	4. DI 810	B2	151	2. ATS022	X22	3
AC 800M	4. DI 810	C3	152	2. ATS022	X23	1
AC 800M	4. DI 810	B3	153	2. ATS022	X29	1
AC 800M	4. DI 810	C4	154	2. ATS022	X29	4
AC 800M	4. DI 810	B4	155	2. ATS022	X29	5
AC 800M	4. DI 810	C5	156	3. ATS022	X21	2
AC 800M	4. DI 810	B5	157	3. ATS022	X21	3
AC 800M	4. DI 810	C6	158	3. ATS022	X22	2
AC 800M	4. DI 810	B6	159	3. ATS022	X22	3

AC 800M	4. DI 810	C7	160	3. ATS022	X23	1
AC 800M	4. DI 810	B7	161	3. ATS022	X29	1
AC 800M	4. DI 810	C8	162	3. ATS022	X29	4
AC 800M	4. DI 810	B8	163	3. ATS022	X29	5
AC 800M	5. DI 810	C1	164	4. ATS022	X21	2
AC 800M	5. DI 810	B1	165	4. ATS022	X21	3
AC 800M	5. DI 810	C2	166	4. ATS022	X22	2
AC 800M	5. DI 810	B2	167	4. ATS022	X22	3
AC 800M	5. DI 810	C3	168	4. ATS022	X23	1
AC 800M	5. DI 810	B3	169	4. ATS022	X29	1
AC 800M	5. DI 810	C4	170	4. ATS022	X29	4
AC 800M	5. DI 810	B4	171	4. ATS022	X29	5
AC 800M	5. DI 810	C5	172	5. ATS022	X21	2
AC 800M	5. DI 810	B5	173	5. ATS022	X21	3
AC 800M	5. DI 810	C6	174	5. ATS022	X22	2
AC 800M	5. DI 810	B6	175	5. ATS022	X22	3
AC 800M	5. DI 810	C7	176	5. ATS022	X23	1
AC 800M	5. DI 810	B7	177	5. ATS022	X29	1
AC 800M	5. DI 810	C8	178	5. ATS022	X29	4
AC 800M	5. DI 810	B8	179	5. ATS022	X29	5
AC 800M	1. DO810	C1	200	1K1		A1
AC 800M	1. DO810	B1	201	1K2		A1
AC 800M	1. DO810	C2	202	1K3		A1
AC 800M	1. DO810	B2	203	1K4		A1
AC 800M	1. DO810	C3	204	OK1		A1
AC 800M	1. DO810	B3	205	OK2		A1
			206			
			207			
AC 800M	1. DO810	C5	208	2K1		A1
AC 800M	1. DO810	B5	209	2K2		A1
AC 800M	1. DO810	C6	210	2K3		A1
AC 800M	1. DO810	B6	211	2K4		A1
			212			
			213			
			214			
			215			

AC 800M	2. DO810	C1	216	3K1		A1
AC 800M	2. DO810	B1	217	3K2		A1
AC 800M	2. DO810	C2	218	3K3		A1
AC 800M	2. DO810	B2	219	3K4		A1
			220			
			221			
			222			
			223			
AC 800M	2. DO810	C5	224	4K1		A1
AC 800M	2. DO810	B5	225	4K2		A1
AC 800M	2. DO810	C6	226	4K3		A1
AC 800M	2. DO810	B6	227	4K4		A1
			228			
			229			
			230			
			231			
AC 800M	3. DO810	C1	232	5K1		A1
AC 800M	3. DO810	B1	233	5K2		A1
AC 800M	3. DO810	C2	234	5K3		A1
AC 800M	3. DO810	B2	235	5K4		A1
			236			
			237			
			238			
			239			
AC 800M	3. DO810	C5	240	6K1		A1
AC 800M	3. DO810	B5	241	6K2		A1
AC 800M	3. DO810	C6	242	6K3		A1
AC 800M	3. DO810	B6	243	6K4		A1
AC 800M	3. DO810	C7	244	6K5		A1
AC 800M	3. DO810	B7	245	6K6		A1
AC 800M	3. DO810	C8	246	6K7		A1
AC 800M	3. DO810	B8	247	6K8		A1
AC 800M	4. DO810	C1	248	7K1		A1
AC 800M	4. DO810	B1	249	7K2		A1
AC 800M	4. DO810	C2	250	7K3		A1
AC 800M	4. DO810	B2	251	7K4		A1
AC 800M	4. DO810	C3	252	7K5		A1

AC 800M	4. DO810	B3	253	7K6		A1
AC 800M	4. DO810	C4	254	7K7		A1
AC 800M	4. DO810	B4	255	7K8		A1
AC 800M	4. DO810	C5	256	8K1		A1
AC 800M	4. DO810	B5	257	8K2		A1
AC 800M	4. DO810	C6	258	8K3		A1
AC 800M	4. DO810	B6	259	8K4		A1
AC 800M	4. DO810	C7	260	8K5		A1
AC 800M	4. DO810	B7	261	8K6		A1
AC 800M	4. DO810	C8	262	8K7		A1
AC 800M	4. DO810	B8	263	8K8		A1
AC 800M	5. DO810	C1	264	9K1		A1
AC 800M	5. DO810	B1	265	9K2		A1
AC 800M	5. DO810	C2	266	9K3		A1
AC 800M	5. DO810	B2	267	9K4		A1
AC 800M	5. DO810	C3	268	9K5		A1
AC 800M	5. DO810	B3	269	9K6		A1
AC 800M	5. DO810	C4	270	9K7		A1
AC 800M	5. DO810	B4	271	9K8		A1
AC 800M	5. DO810	C5	272	10K1		A1
AC 800M	5. DO810	B5	273	10K2		A1
AC 800M	5. DO810	C6	274	10K3		A1
AC 800M	5. DO810	B6	275	10K4		A1
AC 800M	5. DO810	C7	276	10K5		A1
AC 800M	5. DO810	B7	277	10K6		A1
AC 800M	5. DO810	C8	278	10K7		A1
AC 800M	5. DO810	B8	279	10K8		A1
1K1		14	300	1. OMD800	X31	1
1K2		14	301	1. OMD800	X31	2
1K3		14	302	1. OMD800	X31	3
1K4		14	303	1. OMD800	X32	4
			304			
			305			
			306			
			307			
2K1		14	308	2. OMD800	X31	1

2K2		14	309	2. OMD800	X31	2
2K3		14	310	2. OMD800	X31	3
2K4		14	311	2. OMD800	X32	4
			312			
			313			
			314			
			315			
3K1		14	316	3. OMD800	X31	1
3K2		14	317	3. OMD800	X31	2
3K3		14	318	3. OMD800	X31	3
3K4		14	319	3. OMD800	X32	4
			320			
			321			
			322			
			323			
4K1		14	324	4. OMD800	X31	1
4K2		14	325	4. OMD800	X31	2
4K3		14	326	4. OMD800	X31	3
4K4		14	327	4. OMD800	X32	4
			328			
			329			
			330			
			331			
5K1		14	332	5. OMD800	X31	1
5K2		14	333	5. OMD800	X31	2
5K3		14	334	5. OMD800	X31	3
5K4		14	335	5. OMD800	X32	4
			336			
			337			
			338			
			339			
6K1		14	340	1. ATS022	X31	1
6K2		14	341	1. ATS022	X31	2
6K3		14	342	1. ATS022	X31	3
6K4		14	343	1. ATS022	X32	4
6K5		12	344	1. ATS022	X32	5
6K6		12	345	1. ATS022	X32	6

6K7		12	346	1. ATS022	X32	7
6K8		12	347	1. ATS022	X32	8
7K1		14	348	2. ATS022	X31	1
7K2		14	349	2. ATS022	X31	2
7K3		14	350	2. ATS022	X31	3
7K4		14	351	2. ATS022	X32	4
7K5		12	352	2. ATS022	X32	5
7K6		12	353	2. ATS022	X32	6
7K7		12	354	2. ATS022	X32	7
7K8		12	355	2. ATS022	X32	8
8K1		14	356	3. ATS022	X31	1
8K2		14	357	3. ATS022	X31	2
8K3		14	358	3. ATS022	X31	3
8K4		14	359	3. ATS022	X32	4
8K5		12	360	3. ATS022	X32	5
8K6		12	361	3. ATS022	X32	6
8K7		12	362	3. ATS022	X32	7
8K8		12	363	3. ATS022	X32	8
9K1		14	364	4. ATS022	X31	1
9K2		14	365	4. ATS022	X31	2
9K3		14	366	4. ATS022	X31	3
9K4		14	367	4. ATS022	X32	4
9K5		12	368	4. ATS022	X32	5
9K6		12	369	4. ATS022	X32	6
9K7		12	370	4. ATS022	X32	7
9K8		12	371	4. ATS022	X32	8
10K1		14	372	5. ATS022	X31	1
10K2		14	373	5. ATS022	X31	2
10K3		14	374	5. ATS022	X31	3
10K4		14	375	5. ATS022	X32	4
10K5		12	376	5. ATS022	X32	5
10K6		12	377	5. ATS022	X32	6
10K7		12	378	5. ATS022	X32	7
10K8		12	379	5. ATS022	X32	8
OK1		5	400	1. OMD800	X11	1
			401			

			402			
OK1		8	403	1. OMD800	X11	4
OK2		5	404	1. OMD800	X12	1
			405			
			406			
OK2		8	407	1. OMD800	X12	4
1. OMD800	X11	1	408	2. OMD800	X11	1
			409			
			410			
1. OMD800	X11	4	411	2. OMD800	X11	4
1. OMD800	X12	1	412	2. OMD800	X12	1
			413			
			414			
1. OMD800	X12	4	415	2. OMD800	X12	4
2. OMD800	X11	1	416	3. OMD800	X11	1
			417			
			418			
2. OMD800	X11	4	419	3. OMD800	X11	4
2. OMD800	X12	1	420	3. OMD800	X12	1
			421			
			422			
2. OMD800	X12	4	423	3. OMD800	X12	4
3. OMD800	X11	1	424	4. OMD800	X11	1
			425			
			426			
3. OMD800	X11	4	427	4. OMD800	X11	4
3. OMD800	X12	1	428	4. OMD800	X12	1
			429			
			430			
3. OMD800	X12	4	431	4. OMD800	X12	4
4. OMD800	X11	1	432	5. OMD800	X11	1
			433			
			434			
4. OMD800	X11	4	435	5. OMD800	X11	4
4. OMD800	X12	1	436	5. OMD800	X12	1
			437			
			438			

4. OMD800	X12	4	439	5. OMD800	X12	4
OK1		5	440	1.ATS022	X11	1
			441			
			442			
OK1		8	443	1.ATS022	X11	4
OK2		5	444	1.ATS022	X12	1
			445			
			446			
OK2		8	447	1.ATS022	X12	4
1.ATS022	X11	1	448	2.ATS022	X11	1
			449			
			450			
1.ATS022	X11	4	451	2.ATS022	X11	4
1.ATS022	X12	1	452	2.ATS022	X12	1
			453			
			454			
1.ATS022	X12	4	455	2.ATS022	X12	4
2.ATS022	X11	1	456	3.ATS022	X11	1
			457			
			458			
2.ATS022	X11	4	459	3.ATS022	X11	4
2.ATS022	X12	1	460	3.ATS022	X12	1
			461			
			462			
2.ATS022	X12	4	463	3.ATS022	X12	4
3.ATS022	X11	1	464	4.ATS022	X11	1
			465			
			466			
3.ATS022	X11	4	467	4.ATS022	X11	4
3.ATS022	X12	1	468	4.ATS022	X12	1
			469			
			470			
3.ATS022	X12	4	471	4.ATS022	X12	4
4.ATS022	X11	1	472	5.ATS022	X11	1
			473			
			474			

4.ATS022	X11	4	475	5.ATS022	X11	4
4.ATS022	X12	1	476	5.ATS022	X12	1
			477			
			478			
4.ATS022	X12	4	479	5.ATS022	X12	4
SPD24480		+	500		-X1	1
	-X1	1	501	AC 800M	PM861	L+
	-X1	2	502	AC 800M	1. DI 810	L1+
AC 800M	1. DI 810	L1+	503	AC 800M	1. DI 810	L2+
AC 800M	1. DI 810	L2+	504	AC 800M	2. DI 810	L1+
AC 800M	2. DI 810	L1+	505	AC 800M	2. DI 810	L2+
AC 800M	2. DI 810	L2+	506	AC 800M	3. DI 810	L1+
AC 800M	3. DI 810	L1+	507	AC 800M	3. DI 810	L2+
AC 800M	3. DI 810	L2+	508	AC 800M	4. DI 810	L1+
AC 800M	4. DI 810	L1+	509	AC 800M	4. DI 810	L2+
AC 800M	4. DI 810	L2+	510	AC 800M	5. DI 810	L1+
AC 800M	5. DI 810	L1+	511	AC 800M	5. DI 810	L2+
	-X1	3	512	AC 800M	1. DO 810	L1+
AC 800M	1. DO 810	L1+	513	AC 800M	1. DO 810	L2+
AC 800M	1. DO 810	L2+	514	AC 800M	2. DO 810	L1+
AC 800M	2. DO 810	L1+	515	AC 800M	2. DO 810	L2+
AC 800M	2. DO 810	L2+	516	AC 800M	3. DO 810	L1+
AC 800M	3. DO 810	L1+	517	AC 800M	3. DO 810	L2+
	-X1	4	518	AC 800M	4. DO 810	L1+
AC 800M	4. DO 810	L1+	519	AC 800M	4. DO 810	L2+
AC 800M	4. DO 810	L2+	520	AC 800M	5. DO 810	L1+
AC 800M	5. DO 810	L1+	521	AC 800M	5. DO 810	L2+
	-X1	2	522	1. OMD800	X41	1
1. OMD800	X41	1	523	2. OMD800	X41	1
2. OMD800	X41	1	524	3. OMD800	X41	1
3. OMD800	X41	1	525	4. OMD800	X41	1
4. OMD800	X41	1	526	5. OMD800	X41	1
	-X1	3	527	1.ATS022	X41	1
1.ATS022	X41	1	528	2.ATS022	X41	1
2.ATS022	X41	1	529	3.ATS022	X41	1
3.ATS022	X41	1	530	4.ATS022	X41	1
4.ATS022	X41	1	531	5.ATS022	X41	1
	-X1	4	532	ADAM-4520		('R)+Vs

AC 800M	1. DI 810	L1+	533	1. OMD800	X23	2
1. OMD800	X23	2	534	1. OMD800	X29	7
1. OMD800	X29	7	535	1. OMD800	X21	1
AC 800M	1. DI 810	L2+	536	2. OMD800	X23	2
2. OMD800	X23	2	537	2. OMD800	X29	7
2. OMD800	X29	7	538	2. OMD800	X21	1
AC 800M	2. DI 810	L1+	539	3. OMD800	X23	2
3. OMD800	X23	2	540	3. OMD800	X29	7
3. OMD800	X29	7	541	3. OMD800	X21	1
AC 800M	2. DI 810	L2+	542	4. OMD800	X23	2
4. OMD800	X23	2	543	4. OMD800	X29	7
4. OMD800	X29	7	544	4. OMD800	X21	1
AC 800M	3. DI 810	L1+	545	5. OMD800	X23	2
5. OMD800	X23	2	546	5. OMD800	X29	7
5. OMD800	X29	7	547	5. OMD800	X21	1
AC 800M	3. DI 810	L2+	548	1.ATS022	X23	2
1.ATS022	X23	2	549	1.ATS022	X29	7
1.ATS022	X29	7	550	1.ATS022	X21	1
1.ATS022	X21	1	551	1.ATS022	X22	1
AC 800M	4. DI 810	L1+	552	2.ATS022	X23	2
2.ATS022	X23	2	553	2.ATS022	X29	7
2.ATS022	X29	7	554	2.ATS022	X21	1
2.ATS022	X21	1	555	2.ATS022	X22	1
AC 800M	4. DI 810	L2+	556	3.ATS022	X23	2
3.ATS022	X23	2	557	3.ATS022	X29	7
3.ATS022	X29	7	558	3.ATS022	X21	1
3.ATS022	X21	1	559	3.ATS022	X22	1
AC 800M	5. DI 810	L1+	560	4.ATS022	X23	2
4.ATS022	X23	2	561	4.ATS022	X29	7
4.ATS022	X29	7	562	4.ATS022	X21	1
4.ATS022	X21	1	563	4.ATS022	X22	1
AC 800M	5. DI 810	L2+	564	5.ATS022	X23	2
5.ATS022	X23	2	565	5.ATS022	X29	7
5.ATS022	X29	7	566	5.ATS022	X21	1
5.ATS022	X21	1	567	5.ATS022	X22	1
SPD24480		-	600		-X2	1
	-X2	1	601	AC 800M	PM861	L-

	-X2	2	602	AC 800M	1. DI 810	L1-
AC 800M	1. DI 810	L1-	603	AC 800M	1. DI 810	L2-
AC 800M	1. DI 810	L2-	604	AC 800M	2. DI 810	L1-
AC 800M	2. DI 810	L1-	605	AC 800M	2. DI 810	L2-
AC 800M	2. DI 810	L2-	606	AC 800M	3. DI 810	L1-
AC 800M	3. DI 810	L1-	607	AC 800M	3. DI 810	L2-
AC 800M	3. DI 810	L2-	608	AC 800M	4. DI 810	L1-
AC 800M	4. DI 810	L1-	609	AC 800M	4. DI 810	L2-
AC 800M	4. DI 810	L2-	610	AC 800M	5. DI 810	L1-
AC 800M	5. DI 810	L1-	611	AC 800M	5. DI 810	L2-
	-X2	3	612	AC 800M	1. DO 810	L1-
AC 800M	1. DO 810	L1-	613	AC 800M	1. DO 810	L2-
AC 800M	1. DO 810	L2-	614	AC 800M	2. DO 810	L1-
AC 800M	2. DO 810	L1-	615	AC 800M	2. DO 810	L2-
AC 800M	2. DO 810	L2-	616	AC 800M	3. DO 810	L1-
AC 800M	3. DO 810	L1-	617	AC 800M	3. DO 810	L2-
	-X2	4	618	AC 800M	4. DO 810	L1-
AC 800M	4. DO 810	L1-	619	AC 800M	4. DO 810	L2-
AC 800M	4. DO 810	L2-	620	AC 800M	5. DO 810	L1-
AC 800M	5. DO 810	L1-	621	AC 800M	5. DO 810	L2-
	-X2	2	622	1. OMD800	X41	2
1. OMD800	X41	2	623	2. OMD800	X41	2
2. OMD800	X41	2	624	3. OMD800	X41	2
3. OMD800	X41	2	625	4. OMD800	X41	2
4. OMD800	X41	2	626	5. OMD800	X41	2
	-X1	3	627	1.ATS022	X41	2
1.ATS022	X41	2	628	2.ATS022	X41	2
2.ATS022	X41	2	629	3.ATS022	X41	2
3.ATS022	X41	2	630	4.ATS022	X41	2
4.ATS022	X41	2	631	5.ATS022	X41	2
	-X1	4	632	ADAM-4520		(B) GND 10
AC 800M	1. DO 810	A1	633	1K1		A2
1K1		A2	634	1K2		A2
1K2		A2	635	1K3		A2
1K3		A2	636	1K4		A2
AC 800M	1. DO 810	A2	637	OK1		A2
OK1		A2	638	OK2		A2

AC 800M	1. DO 810	A5	639	2K1		A2
2K1		A2	640	2K2		A2
2K2		A2	641	2K3		A2
2K3		A2	642	2K4		A2
AC 800M	2. DO 810	A1	643	3K1		A2
3K1		A2	644	3K2		A2
3K2		A2	645	3K3		A2
3K3		A2	646	3K4		A2
AC 800M	2. DO 810	A5	647	4K1		A2
4K1		A2	648	4K2		A2
4K2		A2	649	4K3		A2
4K3		A2	650	4K4		A2
AC 800M	3. DO 810	A1	651	5K1		A2
5K1		A2	652	5K2		A2
5K2		A2	653	5K3		A2
5K3		A2	654	5K4		A2
AC 800M	3. DO 810	A5	655	6K1		A2
6K1		A2	656	6K2		A2
6K2		A2	657	6K3		A2
6K3		A2	658	6K4		A2
6K4		A2	659	6K5		A2
6K5		A2	660	6K6		A2
6K6		A2	661	6K7		A2
6K7		A2	662	6K8		A2
AC 800M	4. DO 810	A1	663	7K1		A2
7K1		A2	664	7K2		A2
7K2		A2	665	7K3		A2
7K3		A2	666	7K4		A2
7K4		A2	667	7K5		A2
7K5		A2	668	7K6		A2
7K6		A2	669	7K7		A2
7K7		A2	670	7K8		A2
AC 800M	4. DO 810	A5	671	8K1		A2
8K1		A2	672	8K2		A2
8K2		A2	673	8K3		A2

8K3		A2	674	8K4		A2
8K4		A2	675	8K5		A2
8K5		A2	676	8K6		A2
8K6		A2	677	8K7		A2
8K7		A2	678	8K8		A2
AC 800M	5. DO 810	A1	679	9K1		A2
9K1		A2	680	9K2		A2
9K2		A2	681	9K3		A2
9K3		A2	682	9K4		A2
9K4		A2	683	9K5		A2
9K5		A2	684	9K6		A2
9K6		A2	685	9K7		A2
9K7		A2	686	9K8		A2
AC 800M	5. DO 810	A5	687	10K1		A2
10K1		A2	688	10K2		A2
10K2		A2	689	10K3		A2
10K3		A2	690	10K4		A2
10K4		A2	691	10K5		A2
10K5		A2	692	10K6		A2
10K6		A2	693	10K7		A2
10K7		A2	694	10K8		A2
			695			
			696			
			697			
			698			
			699			
1. OMD800	X32	9	700	1K1		11
1K1		11	701	1K2		11
1K2		11	702	1K3		11
1K3		11	703	1K4		11
2. OMD800	X32	9	704	2K1		11
2K1		11	705	2K2		11
2K2		11	706	2K3		11
2K3		11	707	2K4		11
			708			
			709			

3. OMD800	X32	9	710	3K1		11
3K1		11	711	3K2		11
3K2		11	712	3K3		11
3K3		11	713	3K4		11
4. OMD800	X32	9	714	4K1		11
4K1		11	715	4K2		11
4K2		11	716	4K3		11
4K3		11	717	4K4		11
5. OMD800	X32	9	718	5K1		11
5K1		11	719	5K2		11
5K2		11	720	5K3		11
5K3		11	721	5K4		11
1.ATS022	X32	9	722	6K1		11
6K1		11	723	6K2		11
6K2		11	724	6K3		11
6K3		11	725	6K4		11
6K4		11	726	6K5		11
6K5		11	727	6K6		11
6K6		11	728	6K7		11
6K7		11	729	6K8		11
2.ATS022	X32	9	730	7K1		11
7K1		11	731	7K2		11
7K2		11	732	7K3		11
7K3		11	733	7K4		11
7K4		11	734	7K5		11
7K5		11	735	7K6		11
7K6		11	736	7K7		11
7K7		11	737	7K8		11
3.ATS022	X32	9	738	8K1		11
8K1		11	739	8K2		11
8K2		11	740	8K3		11
8K3		11	741	8K4		11
8K4		11	742	8K5		11
8K5		11	743	8K6		11
8K6		11	744	8K7		11

8K7		11	745	8K8		11
4.ATS022	X32	9	746	9K1		11
9K1		11	747	9K2		11
9K2		11	748	9K3		11
9K3		11	749	9K4		11
9K4		11	750	9K5		11
9K5		11	751	9K6		11
9K6		11	752	9K7		11
9K7		11	753	9K8		11
5.ATS022	X32	9	754	10K1		11
10K1		11	755	10K2		11
10K2		11	756	10K3		11
10K3		11	757	10K4		11
10K4		11	758	10K5		11
10K5		11	759	10K6		11
10K6		11	760	10K7		11
10K7		11	761	10K8		11
L1		2	900	OK1		9
N		2	901	OK1		12
L1		3	902	SPD24480		L
N		3	903	SPD24480		N
OK1		9	910	OK2		9
OK1		12	911	OK2		12

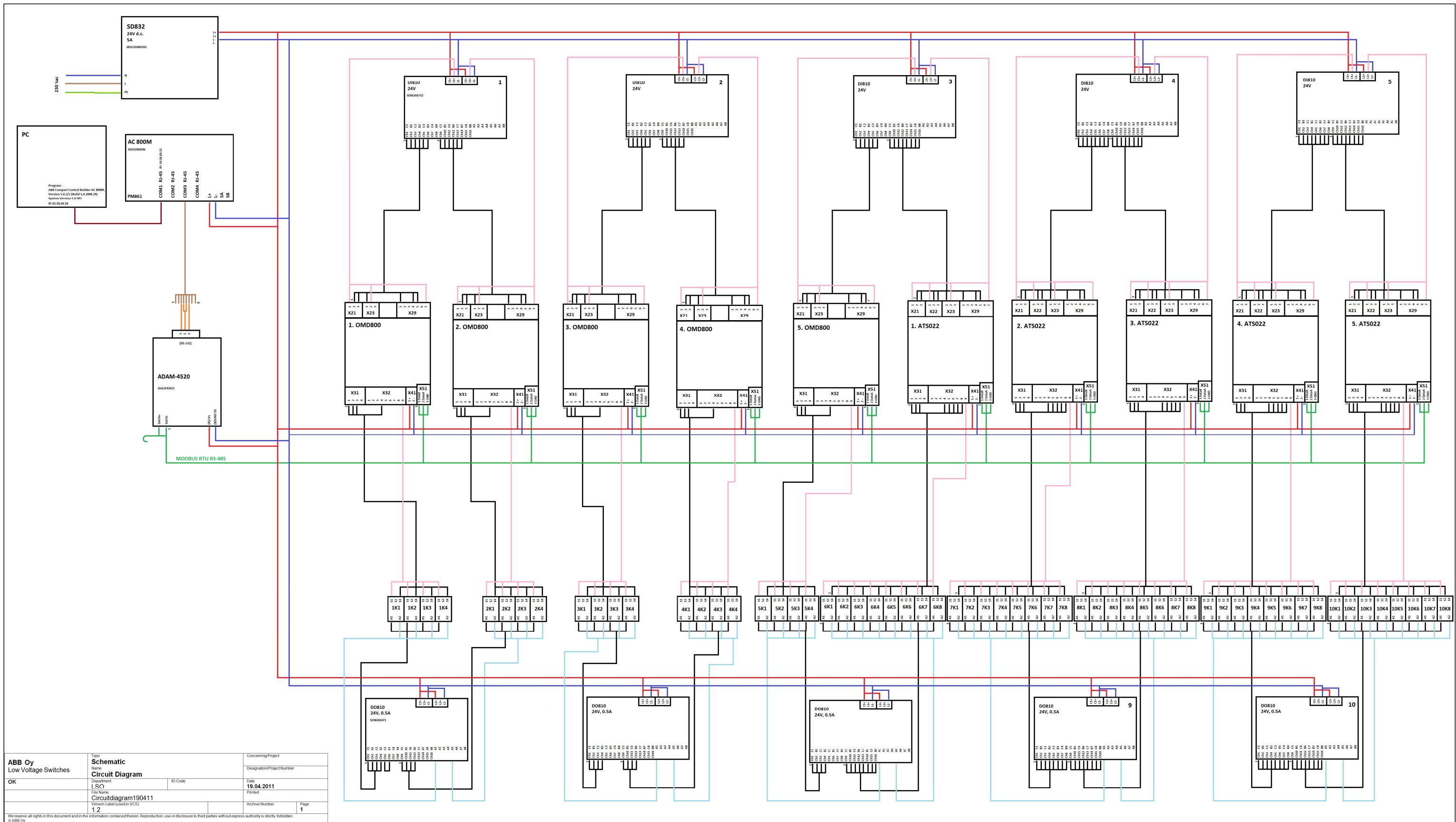


ABB Oy Low Voltage Switches	Type	Concerning/Project	
	Schematic	Designation/Project Number	
OK	Department	ID-Code	Date
	LSO		19.04.2011
	File Name	Printed	
	CircuitDiagram190411	Archive Number	Page
	Version Label (used in VCS)		1
	1.2		

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden.
© ABB Oy