



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SÄHKÖN PIENTUOTANNON TUTKIMUSJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

TEKIJÄ: Jani Miettinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jani Miettinen	
Työn nimi Sähkön pientuotannon tutkimusjärjestelmän modernisointi	
Päiväys 15.5.2016	Sivumäärä/Liitteet 28/3
Ohjaaja(t) lehtori Jari Ijäs, yliopettaja Juhani Rouvali	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli modernisoida Savonia-ammattikorkeakoululla oleva sähkön pientuotannon tutkimusjärjestelmä. Järjestelmän teko oli aloitettu jo vuonna 2005 ja jatkettu kehitystyötä vuonna 2009. Työn lähtökohtana oli erottaa sähkön pienvoimatuotannon saareke vieressä olevasta rullaajasta. Saarekkeella ja rullaajalla oli yhteinen PLC ja valvomo.</p> <p>Työn tavoitteena oli uuden logiikan etsiminen ja tilaaminen. Lisäksi tavoitteena oli tehdä laitteistolle toimintakuvaus, dokumentointi, ohjelmointi sekä laitteiston käyttöönotto.</p> <p>Työn keskeisimpänä osiona oli tehdä toimintakuvaus ja ohjelmointi. Toimintakuvaus tehtiin apuna käyttäen Henry Lehdon vuonna 2009 tekemää opinnäytetyötä. Toimintakuvauksessa kerrotaan järjestelmän toiminnan periaate ja se, miten laitteet toimivat. Ohjelmoinnin perustoiminta saatiin tehtyä vanhan ohjelmoinnin pohjalta. Apuna käytettiin myös valmistajien laitekohtaisia manuaaleja.</p> <p>Lopputuloksena saatiin järjestelmä, jota voidaan käyttää opetuskäytössä. Järjestelmää voidaan myös kehittää ja parantaa toimivuutta.</p>	
Avainsanat ohjelmoitava logiikka, sähkön pientuotanto, toimintakuvaus	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Jani Miettinen			
Title of Thesis Modernization of Research in Small-Scale Electricity Production			
Date	May 15, 2016	Pages/Appendices	28/3
Supervisor(s) Mr. Jari Ijäs, Senior Lecturer and Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The objective of this thesis was to modernize the distributed power generation emulator in small-scale, which was made in Savonia University of Applied Sciences in 2005 and was extended in 2009. The basis of the thesis was to separate the island network from the winder. The winder and the island network had a common PLC and monitoring system. The purpose of this thesis was to specify and purchase a new PLC. This included making the functional description, documentation, programming and commissioning of the system.</p> <p>The focus of this thesis was on the functional description and programming. A former thesis was used as help when making the functional description. The functional description explains the principle of operation of the system and how each device works. The old programming code was the basis for the programming. System specific manuals provided by the manufacturer were also used.</p> <p>The final result was a system which can be used in educational purposes. The system can also be developed further to get better functionality.</p>			
Keywords programmable logic, small-scale production of electricity, functional description			
public			

ESIPUHE

Tämä työ tehtiin Savonia-ammattikorkeakoululle, joka tarjosi haastavan opinnäytetyön aiheen. Työssä tarvittiin sähkötekniikan ja ohjelmoinnin osaamista. Opinnäytetyössä käsitellään sähkön pienvoimatuotannon tutkimuslaitosta.

Haluan kiittää lehtori Jari Ijätä opinnäytetyön ohjauksesta sekä työssä auttamisesta. Kiitän myös Siemensillä työskentelevää tuttavaani Petri Pulliaista, joka neuvoi ohjelmoinnissa ja Siemensin laitteiden valinnassa.

Haluan myös kiittää avopuolisoani Linda Kuivalaista, joka jaksoi auttaa koko opinnäytetyön ajan.

Kuopiossa 15.5.2016

Jani Miettinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	LAITTEISTO.....	7
3	TOIMINTAKUVAUS	8
4	OHJAUSJÄRJESTELMÄ.....	12
4.1	Logiikka ja ohjelmistot.....	13
4.2	Profibus.....	13
4.3	Ohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus	14
5	OHJELMOINTI.....	16
5.1	Ohjelmoinnin aloitus	16
5.2	Ohjelma	18
6	PIIRUSTUSTEN PÄIVITYS.....	21
7	LAITTEISTON PÄÄLLEKYTKENTÄ	22
7.1	Taajuusmuuttajien välipiirin elvyttäminen	22
7.2	Ohjelmakoodin siirtäminen logiikkaan.....	23
8	YHTEENVETO.....	24
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	25
	LIITE 1: KESKUSLAYOUT.....	26
	LIITE 2: PIIRIKAAVIO	27
	LIITE 3: LOGIIKAN KAAPELOINTI	28

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on modernisoida aikaisemmin toteutettu sähkön pientuotannon saarekkeen tutkimusjärjestelmä. Työ tehdään Savonia-ammattikorkeakoululle. Työn tavoitteena on saada vanhentunut järjestelmä päivitettyä ajan tasalle, jotta se saadaan takaisin opetuskäyttöön. Sähkölaboratoriossa sijaitsevalla rullaajalla ja saarekkeella on yhteinen PLC ja valvomo. Tässä työssä on tarkoituksena saada erotettua rullaaja ja saareke toisistaan. Järjestelmästä on aikaisemmin tehty opinnäytetyö, jota käytetään tämän opinnäytetyön apuna. Opinnäytetyön on tehnyt Henry Lehto vuonna 2009 aiheesta tehoelektroniikan tutkimussolun kehitystyö.

Työhön kuuluu järjestelmän sähköistyksen ja ohjauksen määrittely. Lisäksi tavoitteena on tehdä tarvittavat komponentti- ja ohjelmistovalinnat ja laitehankinnat sekä ohjauksen ja valvomon ohjelmointi. Tämän tekemiseksi voidaan hyödyntää vanhaa ohjelmointia. Tavoitteena on myös tehdä laitteistolle tarvittavat asennustyöt sekä testata laitteiston toiminta ja laatia testaussuunnitelma. Testaussuunnitelman avulla järjestelmä testataan ja tehdään laitteiston käyttöönotto. Laitapäivitysten yhteydessä myös dokumentaatiota täydennetään ja päivitetään ajan tasalle.

2 LAITTEISTO

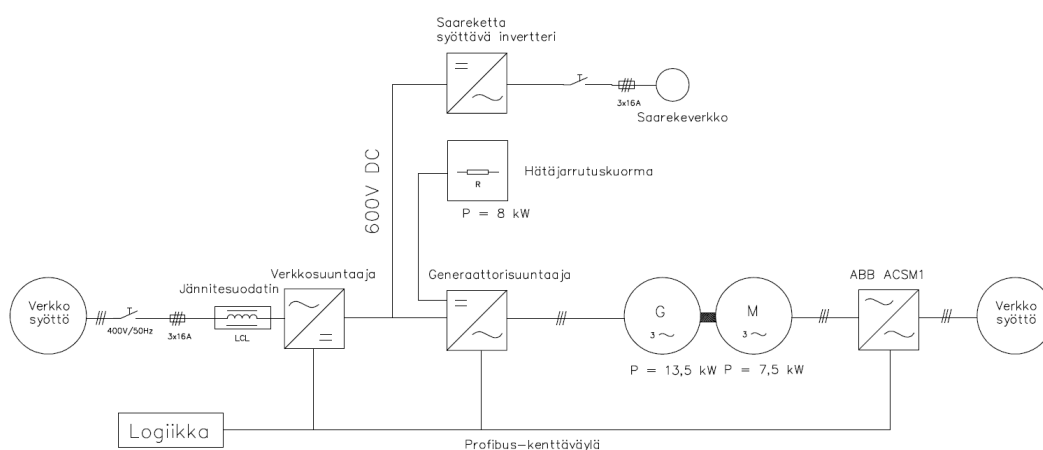
Työ alkoi tutustumisella aikaisemmin tehtyyn laitteistoon. Henrik Sikanen teki vuonna 2005 staattiseen verkkoonliittymislaitteistoon tehdyn tutkimuksen, josta Henry Lehto jatkoi tekemällä vuonna 2009 opinnäytetyön tehoelektronikan tutkimussolun kehitystyöstä. Lehdon tekemässä työssä kerrottiin paljon teoriaa tehoelektronikasta ja itse työhön liittyvästä laitteistosta. Sen avulla sai hyvän käsityksen laitteiston toiminnoista ja siitä, miten työssä käytetyt laitteet toimivat. Tämän työn yksi keskeisimmistä osuuksista oli ohjausjärjestelmä, jota ei juurikaan käsitelty Sikasen tekemässä tutkimuksessa eikä Lehdon opinnäytetyössä.

Tietoa etsittiin koulun verkkolevyiltä, josta löytyi tarvittavaa materiaalia vanhasta ohjelmoinnista ja logiikasta. Sähkölaboratoriossa olevan rullaimen ja saarekkeen ohjelmointi oli toteutettu samassa ohjelmassa. Ohjelmaa täytyi tutkia paljon tarvittavan materiaalin löytämiseksi.

Sähkön pienvoimatuotannon tutkimusjärjestelmään kuuluvia laitteita ovat verkkosuuntaajana toimiva taajuusmuuttaja Vacon NXP/AFE, jonka avulla ohjataan sähköverkosta tulevaa sekä sähköverkkoon syötettävää tehoa ja kestopagneettigeneraattorin toimintaa.

Generaattorisuuntaajana toimii taajuusmuuttaja Vacon NXP, jonka avulla voidaan ohjata kestopagneettahtikonetta. Logiikkana, joka työssä oli tarkoituksena uusia, oli Telemecanique Modicon Premium -logiikka. Logiikasta siirrettiin tietoa profibus-väylän avulla taajuusmuuttajille. Generaattorina on Rotatek -kestopagneettahtikone, jonka nimellisteho on $P_n = 13,5$ kW. Saarekkeeseen saadaan muutettua tasasähkö välipiiristä vaihtosähköksi 3-vaiheisen DC-AC-invertterin avulla, joka on malliltaan Schaefer IV 5878G.5-11. Tahtigeneraattoria pyöritetään epätahtikoneen avulla ja epätahtikonetta ohjataan ABB ACSM1-sarjan taajuusmuuttajalla. Kuvassa 1 on esitetty laitteiden periaatekaavio.

Laitteisto oli tarkoitus jättää muuten ennalleen, mutta logiikan osuus täytyi uusia, jotta laitteisto saatiin uudelleen toimintaan.



KUVA 1. Sähkön pientuotannon tutkimusjärjestelmän periaatekaavio (Miettinen 2016.)

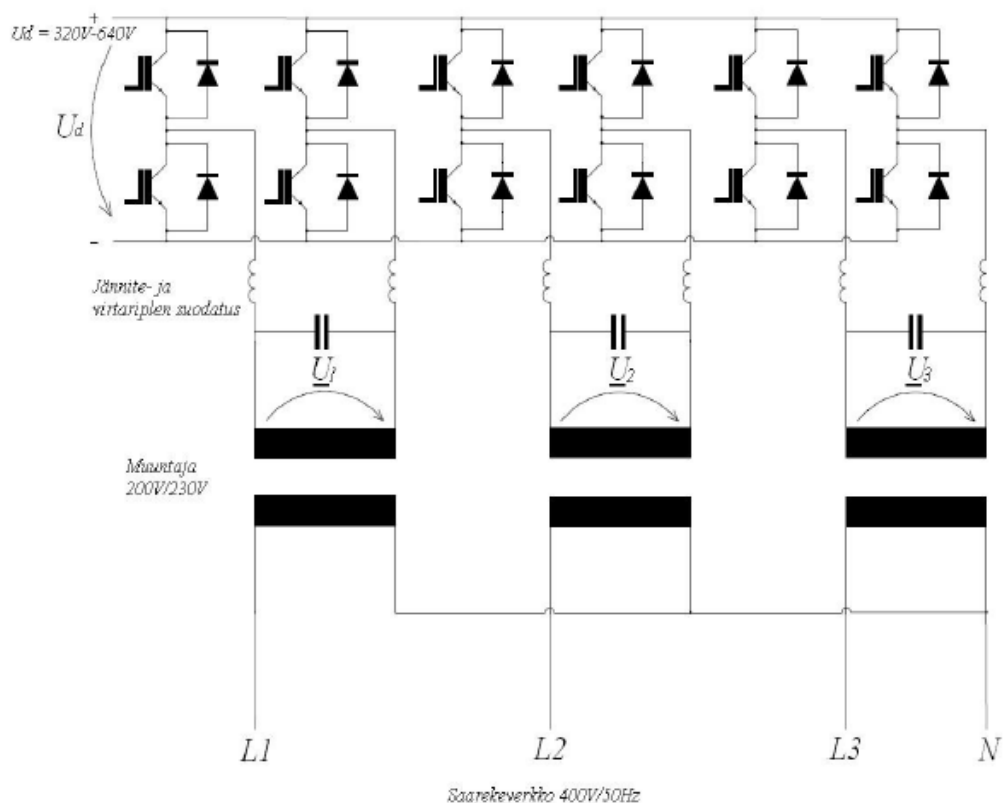
3 TOIMINTAKUVAUS

Järjestelmän tarkoitus on simuloida sähköverkkoa, jonka runkona on DC-jakelu. DC-jakeluun voidaan liittää sähköntuotantolaitteita, joita kuvaavat PMG ja verkkosuuntaaja sekä kuluttajia, jotka voidaan liittää DC-jakeluun joko suoraan tai DC-AC-invertterillä. Kuluttajia kuvaavat saarekeinvertteri ja verkkosuuntaaja. Saarekeikäytön aikana tapahtuva kuorman irtoaminen verkosta saattaa aiheuttaa DC-piirin ylijännitteen. Ylijännite pyritään estämään kytkemällä hätäjarrutuskuorma DC-piiriin. Järjestelmän ohjaus tapahtuu logiikan avulla.

Periaatekaaviosta, joka on esitetty kuvassa 1, nähdään, että laitteistoon tuotetaan tehoa kestopagneettigeneraattorin avulla, josta teho suunnataan AC/DC-generaattorisuuntaajalle. AC/DC-generaattorisuuntaajan avulla saadaan muutettua vaihtosähkö tasasähköksi DC-verkkoon. Toinen tapa on ottaa energia suoraan laboratorion sähköverkosta ja muuttaa verkkosuuntaajalla vaihtosähkö tasasähköksi välipiiriin. Toimintaideana tässä on se, että jos generaattori ei jaksa tuottaa tarpeeksi tehoa tai se irrotetaan verkosta, ei koko järjestelmä menetä toimintakykyään. Molempia suuntaajia ohjataan logiikalla profibus-kenttäväylän kautta. Välipiirin jännite on 600 VDC. Välipiiristä otetaan sähkö saarekeverkkoa syöttävälle invertterille.

Saarekettä syöttävänä invertterinä työssä toimii jo aikaisemmin mainittu Schaefer IV 5878G.5-11. Se on 3-vaiheinen DC-AC-invertteri, joka on tehty kolmesta 1-vaiheisesta vaihtosuuntaajasta. Kuvassa 2 on nähtävillä DC-AC-invertterin ja blokkimuuntajan kytkennät. Vaihtosuuntaajat on toteutettu IGBT-moduuleilla. Vaihtosuuntaajan tarkoituksena on muodostaa oma 3-vaiheinen saarekeverkko blokkimuuntajan toisioon. Invertterin avulla pystytään saamaan symmetrinen 3-vaiheinen sähkönsiirto, eli jokaisen vaihtosuuntaajan ohjaukset tahdistetaan ylemmän tason säädössä 120°:n vaihesiirtoon toisiinsa nähden. (Lehto 2009, 46)

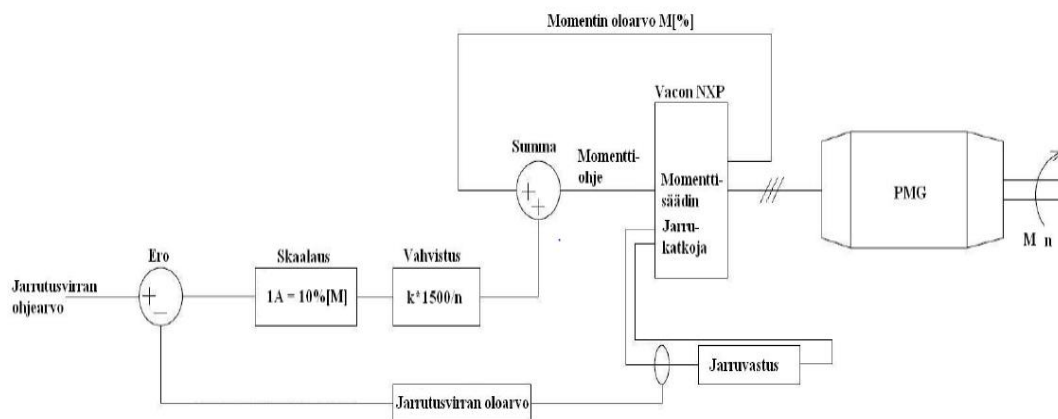
Invertteri erotetaan galvaanisesti sähköverkosta blokkimuuntajan avulla. Blokkimuuntajan ensiökäämit ovat kytkennässä erillään ja toisiokäämit kytketään tähteen. Muuntosuhde on 200/230 V, jolloin blokkimuuntajan tehtävänä on oikeastaan vain galvaaninen erotus ja saadaan tehtyä tähtipiste saarekeverkolle. Lähtöjännitteen ja -virran suodatus saadaan aikaiseksi vaihtosuuntaajakohtaisella LC-suodatuksella. Tämä koostuu kahdesta kuristimesta ja puolijohdehaarojen välisestä kondensaattorista. Suodatuksen ja korkean taajuuden avulla pystytään saamaan muuntajan toisioon sinimuotoiset jännitteet. Muuntajan ensiökäämeillä ei ole yhteistä tähtipistettä, joten niitä ei saa missään tapauksessa maadoittaa samaan järjestelmään. Tästä syntyy tilanne, jossa invertterin dc-syötön plussa ja miinus -kiskot oikosulkeutuisivat vaihtosuuntaajien kautta. (Lehto 2009, 46)



KUVA 2. 3-vaiheinen DC-AC-invertteri ja muuntaja (Lehto 2009.)

Generaattoria pyöritetään epätahtimoottorilla, jota ohjataan ABB ACSM1 -sarjan taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajaa ohjattiin erillisellä tietokoneella, koska aikaisemmin ei ole ollut mahdollista ohjelmistopuolella saada ABB-taajuusmuuttaja toimimaan samassa väylässä Vaconin taajuusmuuttajien kanssa. Tämä johtui siitä, että ABB-taajuusmuuttaja suostui toimimaan vain masterina ja ohjelmoitaessa se pitäisi saada toimimaan slave-muodossa. Logiikan uusimisen yhteydessä yritetään saada tämä ongelma ratkaistua ja saada kaikki ohjaukset toimimaan yhdestä valvomosta.

Laitteistoa ohjataan jarrutusvirran avulla ja jarrutusvirran mittausta toteutetaan mittausanturilla, josta tulee analoginen viesti logiikalle. Logiikalla toteutetaan laskenta, jolla saatu momenttiohje lähetetään takaisin profibus-väylää pitkin generaattorisuuntaajan momenttisäätimelle. Jarruvastuksen mittausta käytetään DC-verkon säätöön. Kuvassa 3 on näkyvillä jarrutusvirran säätö.



KUVA 3. Jarrutusvirran säätö (Lehto 2009.)

Jarrukatkojan toimintaperiaate perustuu siihen kun energiaa kerääntyy DC-välipiiriin kondensaattoreille, jonka seurauksena niiden jännite nousee. DC-välipiirin jännite on toteutettu ohjaamalla ylimääräinen teho jarrukatkojan kautta vastuskuormaan. Mitä enemmän jännite nousee, sitä enemmän energiaa joudutaan ohjaamaan vastuskuormaan, sitä suuremmaksi kasvaa vastuksen virta. Näin ollen mittauskortin avulla saadaan mitattua jarrutusvirran oloarvo. Jarrutusvirran oloarvo vähennetään jarrutusvirran ohjearvosta, joka määritellään valvomossa. Tätä arvoa ryhdytään skaalaamaan ja vahvistamaan ohjelmassa tehdyllä laskennalla. Skaalattu ja vahvistettu jarrutusvirran ohjearvo lisätään momentin oloarvoon, joka on määritelty generaattorisuuntaajalla, jolloin saadaan aikaiseksi momenttiohje generaattorisuuntaajan momenttisäätimelle. Mitä suurempi jarrutusvastukselle kulkeva virta on, sitä pienempi momenttiohje annetaan taajuusmuuttajalle. Jarruvastuksella kulkevaan virtaan vaikuttaa se, kuinka suuri kuorma saarekkeessa on. Jos saarekkeesta irtoaa kuormaa tai siinä ei käytetä paljon laitteita, joudutaan virtaa ajamaan enemmän jarruvastukselle, jolloin momenttiohjetta pienennetään ja sen seurauksena välipiirin jännite saadaan laskemaan.

Liitteessä 2 on esitetty piirikaavio, josta näkyy verkkokontaktor K1. Verkkokontaktorin tilatieto määrittää onko laitteisto rinnankäytössä verkon kanssa vai tuotetaanko tarvittava teho pelkästään saarekekäyttöä varten. Verkkokontaktorin ollessa kiinni käytetään laitteistoa rinnankäytössä verkon kanssa, eli saareke käyttää tarvitsemansa tehon ja ylijäävä osuus ajetaan sähköverkkoon. Verkkokontaktorin ollessa auki asennossa tehoa tuotetaan saarekkeen kulutuksen mukaan, ettei DC-jännite ylitä tai alita sallittuja arvoja.

Järjestelmän turvallisuuden takia, täytyy siinä olla käytössä hätäseispainike. Järjestelmään otettiin käyttöön hätäseispainike, missä on avautuva sekä sulkeutuva kosketin. Molemmat koskettimet on kytketty logiikan digitaaliseen tuloon. Hätäseispainikkeen toiminta on toteutettu logiikassa avautuvalla ja sulkeutuvalla koskettimella ja hätäseispainiketta painettaessa ohjataan järjestelmä alas. Hätäseispainiketta painettaessa valvomoon ohjelmoitu merkkivalo muuttuu punaiseksi.

Keskuksessa oleva verkkolaatikko on tehty sitä varten, että saadaan tehtyä mittauksia ja pystytään tekemään liitäntä DC-verkosta saarekettä syöttävälle invertterille. Saarekeinvertteriin liitytään verkkolaatikolta banaanijohtojen avulla. Muut liitännät on tarkoitettu mittauksia varten. Kuvassa 4 on nähtävillä verkkolaatikko.



KUVA 4. Verkkolaatikko (Miettinen 2016-1-16.)

4 OHJAUSJÄRJESTELMÄ

Laitteistoa valittaessa käytiin läpi vaihtoehtoja Siemensiltä ja Beckhoffilta. Koululla on pääasiallisesti käytössä Siemensin laitteistoa ja työn ohjeistuksessakin oli otettu esille, että käytettäisiin mielellään Siemensin logiikkaa. Järjestelmän laitemääritykset tehtiin Siemensin asiantuntijoiden avustuksella.

Laitemäärityksiä varten määritettiin I/O-rajapinnat. Mittauskortin ja logiikan välillä on käytössä analoginen jänniteviesti jarrutusvirran mittaukseen. Mittauskortille tarvitaan 24 V:n tasajännitesyöttö. Digitaalisina eli on/off-tyyppisenä on toteutettu seuraavat:

- verkkokontaktorin tilatieto
- generaattorisuuntaajan käyntiohje
- external fault eli ulkoinen virhe
- fRef eli taajuuden ohjearvo
- hätäseispainike

Suurin osa tarvittavasta tiedonsiirrosta tapahtuu profibusväylässä. Laitemäärityksen yhteydessä huomattiin, että logiikoissa ei ole enää käytössä profibuskytkentää, koska profinet tiedonsiirto on syrjäyttänyt uusissa laitteistoissa profibusin. Tätä varten valittiin erillinen profibus kommunikaatiomoduli. Jotta laitteisto toimisi, tarvitaan myös erillinen virtalähde. Virtalähteellä saadaan syötettyä CPU:lle tarvittava 24 V tasajännite.

Toimintojen ja rajapintamäärittelyn perusteella valittiin tarkoitukseen sopiva ohjausjärjestelmä. Ohjausjärjestelmän laitteisto ja ohjelmisto on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Valittu laitteisto ja ohjelmisto. (Miettinen 2015.)

Laitteisto ja ohjelmistot
Power supply PM1207, 120/230V AC, output: 24V DC
CPU 1214C (14 DI 24V DC; 10 DO 24VDC ; 2 AI), PS 24V DC
ANALOG I/O SM 1234, 4 AI / 2 AO, +/-10V, 14 BIT RESOLUTION OR 0(4) - 20 MA, 13 BIT RESOLUTION
SIMATIC STEP 7 Basic Floating License
Communication module CM 1243-5 PROFIBUS DP master

4.1 Logiikka ja ohjelmistot

Siemensin SIMATIC S7-1200 on ohjelmoitava logiikka. Se on pienikokoinen automaatiolaite, jolla pystytään ohjaamaan erilaisia toimilaitteita. SIMATIC S7-1200 logiikoita voidaan varsinkin käyttää pienien tai keskisuurien laitteiden ohjelmointiin. Logiikkaa voidaan käyttää myös osana laajempia ohjauksjärjestelmiä. Logiikalla pystytään korvaamaan releohjaukset, mutta sillä voidaan toteuttaa myös vaativampia toimintoja, esimerkiksi PID-säätö. PID-säädöllä ja liikkeenohjaustoiminnoilla pystytään toteuttamaan helposti monimutkaisempiakin ohjauksia. SIMATIC S7-1200 –tuotteista löytyy nykyään myös kaksi turvalogiikkaa, joiden avulla pystytään toteuttamaan standardiohjaukset sekä turvaohjauksen/-valvonnan samassa logiikassa. (Siemens 2016a.)

Totally Integrated Automation (TIA) Portal -ohjelman avulla voidaan valita, konfiguroida ja tilata Siemens-tuotteita. SIMATIC STEP 7 ja WinCC ovat osa TIA Portal-ohjelmistokehystä. SIMATIC STEP 7 on suunnitteluohjelmisto, joka on perustana kaikkien SIMATIC-ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmoinnissa. WinCC on valvomo-ohjelmisto ja sen avulla pystytään tekemään laitteistoille vaativampiakin valvomo-ohjelmia. Molemmat ohjelmat ovat erikseen tilattavia ja näiden pitää olla versioiltaan samat toimiakseen yhdessä. (Siemens 2016b.)

4.2 Profibus

Profibus on avoin kenttäväyläjärjestelmä, jota käytetään liittämään kenttälaitteita, kuten taajuusmuuttajia ja automaatiojärjestelmiä. Se soveltuu suurinopeuksiin ja nopeisiin tiedon välityksiin. Yhteen segmenttiin pystytään liittämään enimmillään 32 laitetta, jotka voivat olla joko isäntiä tai orjia. Väylä terminoidaan aktiivisilla päätevastuksilla joka segmentin alussa ja lopussa. Väylällä on maksimipituudet, mitkä riippuvat halutusta tiedonsiirtonopeudesta ja kaapelityypistä. Mikäli on tarvetta siirtää pitkiä matkoja väylätietoa, voidaan pituutta kasvattaa toistimien avulla. Taulukossa 3 on esitetty maksimipituudet taulukossa 2 nähtävillä parametreilla. (Vacon 2006, 5.)

TAULUKKO 2. Linjaparametrit (Vacon 2006, 5.)

Parametri	Linja A	Linja B
Impedanssi	135 ... 165 Ω (3...20 Mhz)	100 ... 130 Ω (f > 100kHz)
Kapasitanssi	< 30 pF/m	< 60 pF/m
Vastus	< 110 Ω / km	-
Johtimen halkaisija	> 0,64 mm	> 0,53 mm
Johtimen poikkipinta-ala	> 0,34 mm ²	> 0,22 mm ²

TAULUKKO 3. Enimmäiskaapelipituudet eri tiedonsiirtonopeuksille (Vacon 2006, 5.)

Tiedonsiirtonopeus (kbit/s)	9.6	19.2	93.75	187.5	500	1500	3000-12000
Linja A:n pituus (m)	1200	1200	1200	1000	400	200	100
Linja B:n pituus (m)	1200	1200	1200	600	200	-	-

Taulukosta nähdään, että suurimman pituuden pystyy saavuttamaan 9,6 kbit/s siirtonopeudella. Matkat lyhenevät selvästi, mitä suuremmaksi väylänopeus halutaan.

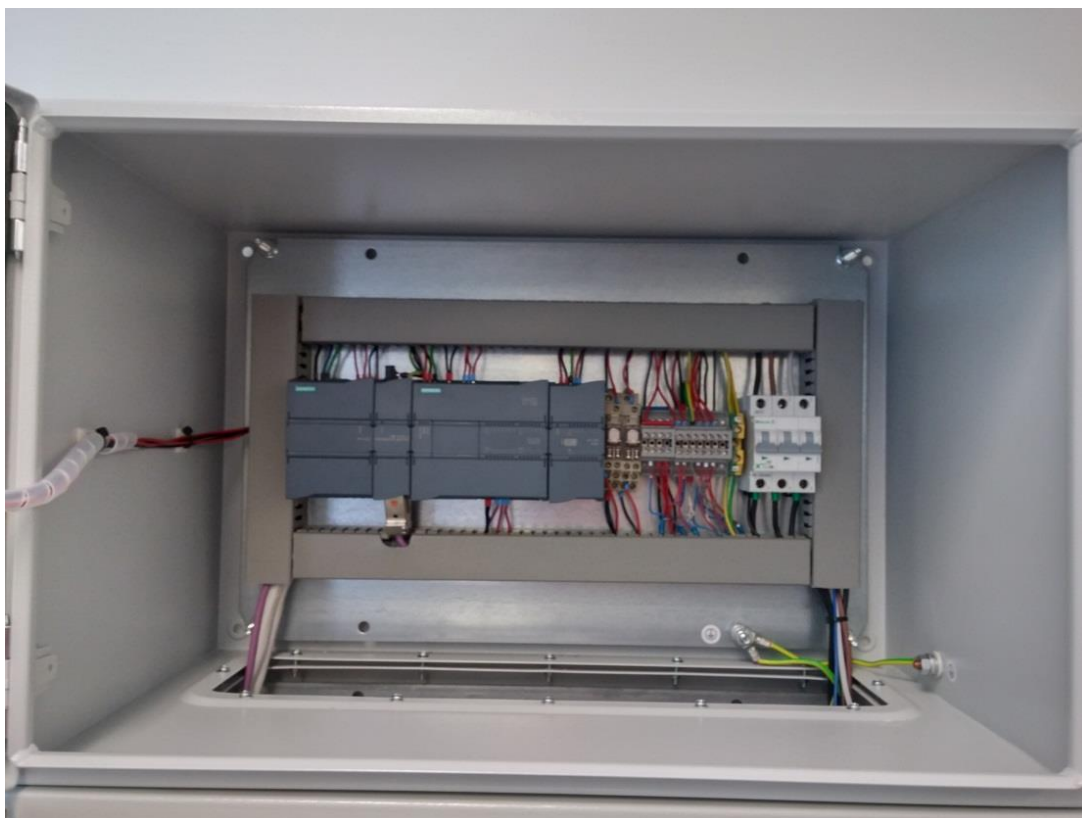
Profibus-tuoteperhe koostuu kolmesta eri versiosta, jotka ovat keskenään yhteensopivia. Profibus DP on tarkoitettu nopeaan tiedonsiirtoon ja laitteiden edulliseen yhteenkytkentään. Eli se on tarkoitettu varsinkin automaatiojärjestelmän ja hajautetun laitetason välille. Toisena käytössä on profibus PA, joka on tarkoitettu käytettäväksi prosessiautomaatiossa. Siihen voidaan liittää yhteiseen väylään antureita ja toimilaitteita. Kolmantena voidaan käyttää versiota profibus FMS (Fieldbus Message Specification), joka on monikäyttöinen ratkaisu kommunikointitehtäviin. FMS sopii moneen sovellukseen ja on hyvin joustava. Tätä voidaan siis käyttää monimutkaisiin tiedonsiirtotehtäviin. (Vacon 2006, 7.)

Profibus määrittää laitteet joko isäntälaitteeksi tai orjalaitteeksi. Isäntälaitteet määrittävät väylällä kulkevan tiedonsiirron. Isäntälaitte voi lähettää väylällä viestejä ilman ulkoista pyyntöä, mikäli sille on määritelty väyläkäyttöoikeudet. Orjalaitteet taas lähettävät viestejä ainoastaan isäntälaitteen pyytäessä ja kuittaavat saapuvia viestejä. Orjalaitteita ovat yleensä I/O-laitteet, venttiilit ja mittauslähettimet. (Vacon 2006, 7.)

4.3 Ohjausjärjestelmän suunnittelu ja toteutus

Seuraavana vaiheena oli miettiä minkälaisen keskuksen logiikka vaatii. Keskuksen valinnassa päädyttiin saman levyiseen ja syvyiseen keskukseseen kuin laitteistossa on valmiina, mutta keskuksen ei tarvitse olla yhtä korkea. Joten valinnaksi tuli Rittalin AE-kytkentäkaappi, joka on kooltaan 380x600x350 mm. Sekä vanhassa että uudessa keskuksessa on samalla kohtaa olevat läpivientiaukot ja näiden vieressä kiertää ruuvien paikat, joten keskuksen kiinnittäminen vanhan päälle onnistui helposti liittämällä keskuksen yhteen laippalevyn kohdalta.

Keskukseseen sijoitettiin logiikka, kaksi relettä, riviliittimet ja 3-vaiheinen johdonsuojakatkaisija. Laitteet tarvitsivat pienen tilan, joten sijoittaminen keskuksessa onnistui yhdelle DIN-kiskolle ja johdotukset tehtiin tätä kiertävälle johtokourulle. Keskuksen layout suunniteltiin ja mitoitettiin ensin paperille, minkä jälkeen se rakennettiin piirustuksen mukaiseksi. Liitteessä 1 on Cads Planner –ohjelmalla tehty layout. Kuvassa 5 on nähtävissä asennukset.



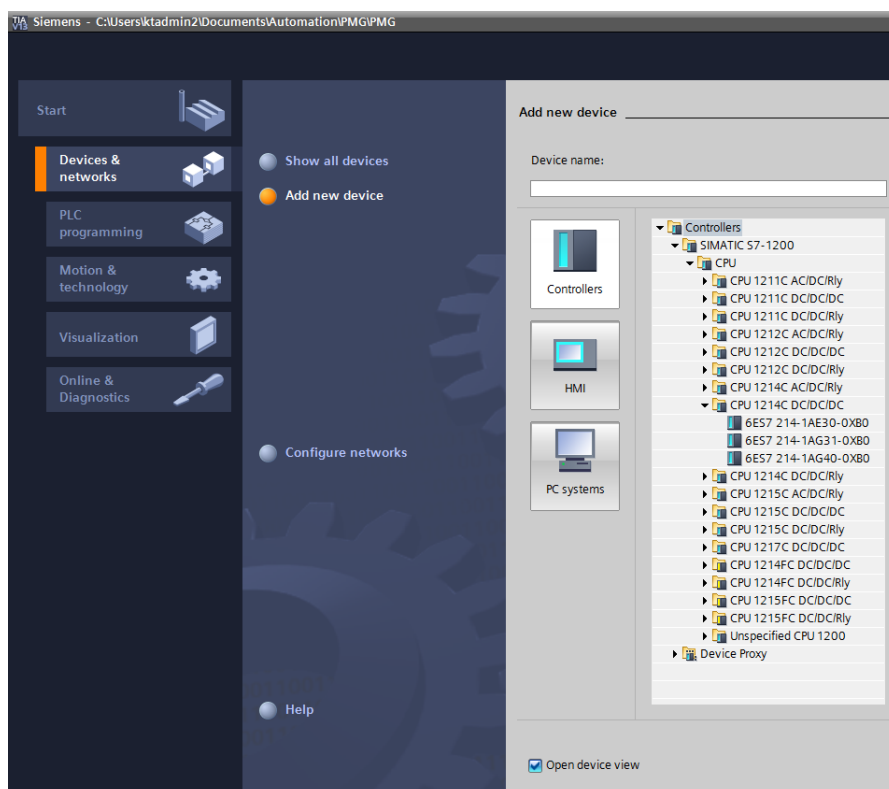
KUVA 5. Rakennettu keskus (Miettinen 2016-5-18.)

Keskuksen asennuksen jälkeen irrotettiin vanhat kaapelit, jotka tulivat uudelle keskukselle. Vanhoja kaapeleita olivat verkkovaihtosuuntaajan syöttö, kaksi jamak-instrumentointikaapelia ja profibus-väyläkaapeli. Vanhojen kaapeleiden lisäksi keskukselle vedettiin myös 3-vaiheinen syöttökaapeli pistorasialta. Vanhassa keskuksessa, jonka läpi kaapelit vedettiin, ei ollut yhtään ylimääräistä läpivientipaikkaa. Vanhan keskuksen pohjaan täytyi siis tehdä kaapeleille uudet läpiviennit. Keskuksen kanteen asennettiin myös hätäseispainike. Hätäseispainikkeen avulla pystytään pysäyttämään järjestelmä mikäli käytössä tapahtuu jotain ongelmia.

5 OHJELMOINTI

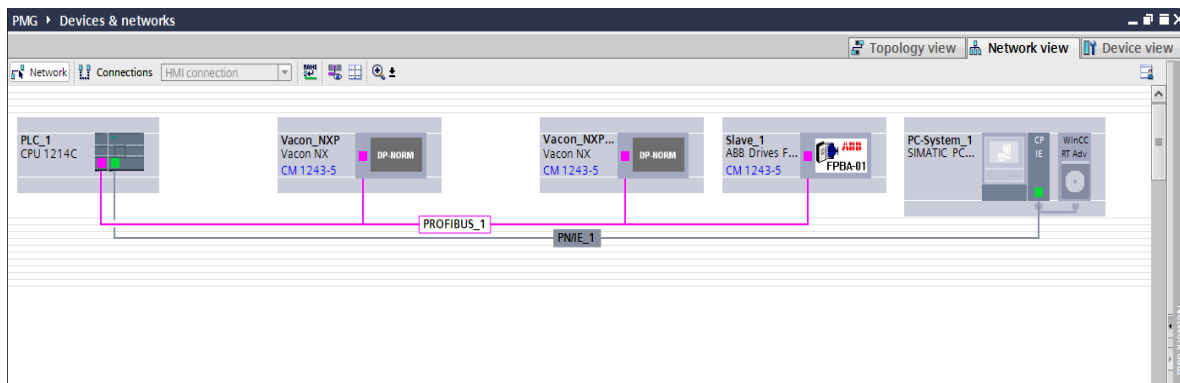
5.1 Ohjelmoinnin aloitus

Ensimmäisenä vaiheena oli tutustua TIA Portalin toimintaan ja saada määritettyä oikea laitekongfiguraatio. Kuvassa 6 on esitetty ohjelmoinnin aloitus. Tässä vaiheessa TIA Portaliin valittiin listalta toteutuksessa käytettävä CPU. Tässä työssä on käytössä yksi analogiakortti ja profibus-kommunikaatiomoduli, jotka valittiin myös listalta. Tarvittavat digitaalitulot ja -lähdet ovat CPU:ssa.



KUVA 6. CPU:n valinta TIA Portal ohjelmaan (Miettinen 2016.)

Laitteiston valinnan jälkeen valittiin valvomo-ohjelman tekoon käytettävä tapa. Tähän valittiin käytössä olevan SIMATIC HMI application alta löytyvä WinCC RT Advanced, joka on tietokonepohjainen valvomo. Kun oli valittu tarvittavat laitteet ja ohjelmat, täytyi ne liittää toisiinsa. Valvomo liitettiin HMI-liitännällä logiikkaan. Taajuusmuuttajia varten täytyi etsiä GSD-tiedostot valmistajien sivuilta, jotta taajuusmuuttajat saatiin määriteltyä ja liitettyä. Taajuusmuuttajia ohjataan ja valvotaan profibus-väylän avulla. Liitännät näkyvät kuvassa 7.



KUVA 7. Logiikan väyläliitännät (Miettinen 2016.)

Kun liitännät oli tehty, täytyi taajuusmuuttajille valita osoitteet. Näitä varten täytyi katsoa taajuusmuuttajan ohjeista, mikä profibusväylätyyppi valitaan ja kuinka monta osoitetta on käytössä. Kuvassa 8 nähdään kunkin PPO-tyytin toiminnot. Tässä työssä siirretään niin paljon väylädataa, että järkevimäksi tuli valita PPO 5.

PROFIBUS-VACON NX INTERFACE VACON • 25

7.3 PPO types

PPOs (Parameter/Process Data Object) are the communication objects in PROFIBUS DP.

The PPOs in Vacon NX:

	Parameter Field			Process Data Field									
	ID	IND	VALUE	CW	REF	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8
				SW	ACT	PD1	PD2	PD3	PD4	PD5	PD6	PD7	PD8
PPO 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PPO 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PPO 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PPO 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PPO 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Descriptions:

- Byte
- ID Parameter type and number
- IND Parameter subindex
- VALUE Parameter value
- CW Control Word
- SW Status Word
- REF Reference Value 1
- ACT Actual Value 1
- PD Process Data

KUVA 8. PPO-tyypit (Vacon 2012, 25.)

Kun tarvittavat tiedot oli saatu, ohjelmistoon voitiin alkaa tehdä PLC-tageja. Jokaiselle profibus-väylää pitkin kulkevalle viestille täytyi määritellä oma osoite. Kuvasta 8 näkyy, että jokaiselle väylää pitkin kulkevalle datalle pitää varata 2 bittiä. Kun profibusväylää pitkin kulkevat prosessidatat oli määritelty, tehtiin program blocks -kohdan alle erillinen apumuuttujat-kohta. Apumuuttujiin pystyi määrittelemään ohjelmassa olevat muuttujat, joita ohjelmoitaessa tarvittiin. Apumuuttujina oli esimerkiksi taajuusmuuttajalta tulevan tiedon real-arvoksi haluttavien suureiden määrittely. Esimerkiksi kun tässä ohjelmassa haluttiin lukea PMG-koneen virta, jouduttiin virta skaalaamaan ja muuttamaan int-datatyypistä real-arvoon. Tämän muutoksen jälkeen arvon pystyi ohjelmoimaan valvomoon ja se saadaan generaattorin toimiessa luettua valvomosta.

5.2 Ohjelma

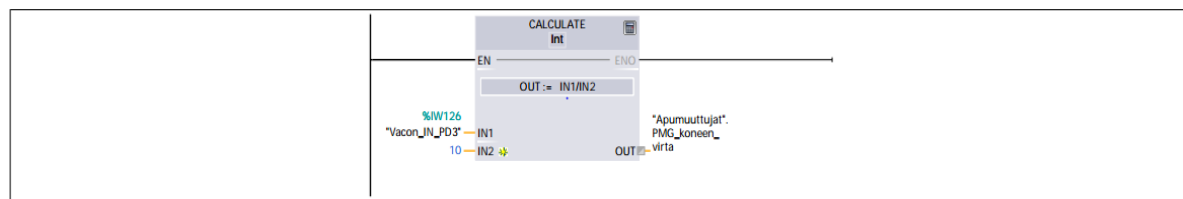
Tarvittavien PLC-tagien ja apumuuttujien tekemisen jälkeen oli mahdollista aloittaa ohjelman tekeminen. Ensimmäiseksi ohjelmoitiin verkkosuuntaajan ja generaattorisuuntaajan profibusväylätiedot. Väylätiedon lukemiseksi tuli tehdä laskentafunktioita. Tämä pystyttiin tekemään ohjelmasta löytyvällä calculate-toiminnolla. Vanhassa ohjelmakoodissa täytyi ensin muuttaa tuleva tieto int-datatyypistä real-datatyypiksi ja vasta tämän jälkeen pystyi tekemään tarvittavan skaalauksen. Siemensin ohjelmoinnilla tämä pystyttiin tekemään yksinkertaisemmin. Siemensillä ei tarvitse muuta kuin ottaa oikea PLC-tag ja liittää se laskennan IN1 tuloon ja IN2:seen voidaan liittää toinen PLC-tag tai sitten voidaan itse määritellä sille sopiva arvo. Väylätietoja skaalatessa täytyi etsiä arvo valmistajan taajuusmuuttajan manuaalista, millä saadaan väylätieto skaalattua oikeaan arvoon. Vaconin taajuusmuuttajalle ja ABB-taajuusmuuttajalle oli etsittävä omat arvot, koska eri valmistajat käyttävät eri suuruisia arvoja profibusväylätietona. Taulukossa 4 on näkyvillä Vaconin skaalauksen arvot.

TAULUKKO 4. Skaalattavat arvot. (Vacon 2012, 39.)

Data	Value	Unit	Accuracy
Process data OUT 1	Output Frequency	Hz	0,01 Hz
Process data OUT 2	Motor Speed	rpm	1 rpm
Process data OUT 3	Motor Current	A	0,1 A
Process data OUT 4	Motor Torque	%	0,1 %
Process data OUT 5	Motor Power	%	0,1 %
Process data OUT 6	Motor Voltage	V	0,1 V
Process data OUT 7	DC link voltage	V	1 V
Process data OUT 8	Active Fault Code	-	-

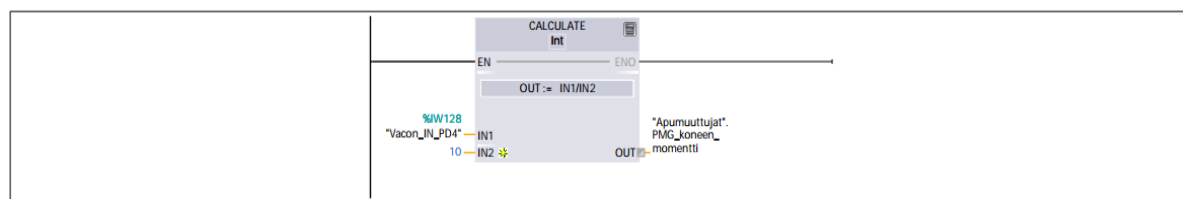
Aikaisemmin tehdyt apumuuttujat on tehty real-datatyypiksi, joten tätä muutosta ei tarvitse enää tehdä, vaan laskennasta tuleva arvo on valmiiksi real-datatyypinä. Kuvassa 9 on esitetty, kuinka skaalaus on toteutettu PMG-koneen virralle ja momentille.

Network 8: Vacon virta skaalaus



Symbol	Address	Type	Comment
"Apumuuttajat".PMG_koneen_virta		Real	
"Vacon_IN_PD3"	%IW126	Int	Process data 3 = Virta

Network 9: PMG_momentti



Symbol	Address	Type	Comment
"Apumuuttajat".PMG_koneen_momentti		Real	
"Vacon_IN_PD4"	%IW128	Int	Process data 4 = Momentti

KUVA 9. Profibusväylätiedon skaalaus (Miettinen 2016.)

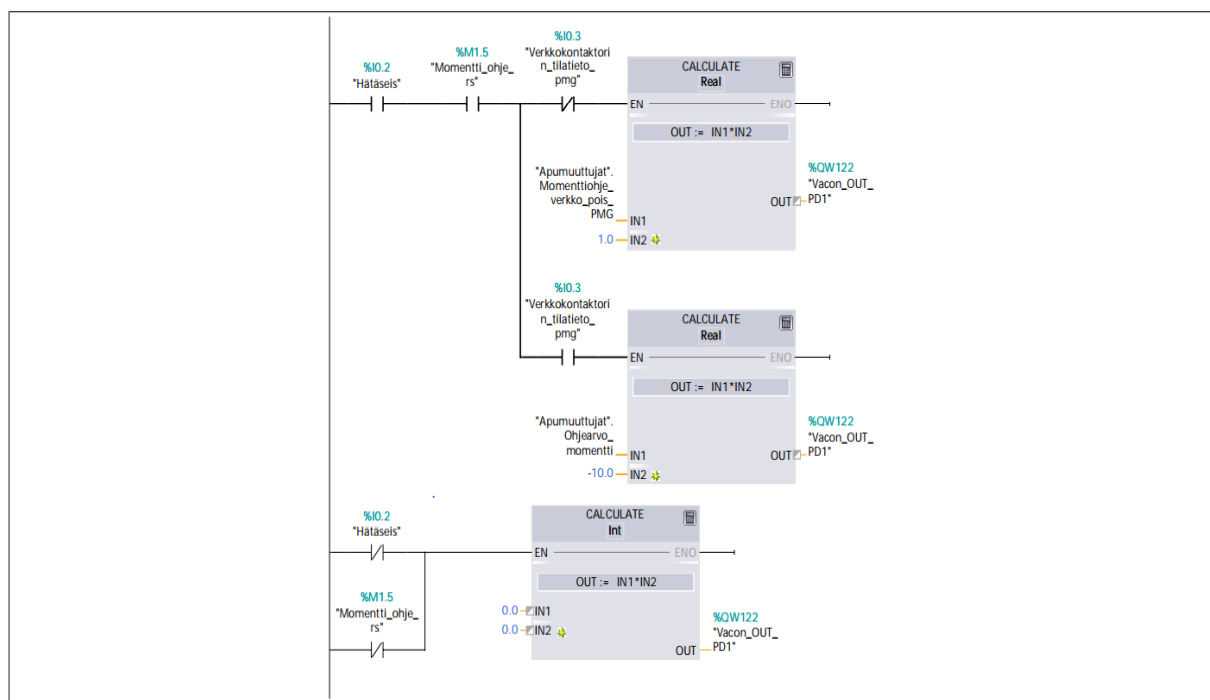
Kuvassa 9 olevassa network kahdeksassa nähdään, että IN1:seen on liitetty process data 3 = virta, eli profibusväylätieto virran osalta. Tämä arvo jaetaan IN2 määrittelyllä arvolla, joka tässä tapauksessa on 10. Tästä lähtevä tieto on apumuuttujaksi tehty PMG_koneen_virta.

Kun arvo on saatu skaalattua ja muutettua oikeaksi datatyyppiksi, se voidaan ohjelmoida valvomoon. Kuvassa 9 oleva apumuuttuja PMG_koneen_virta on liitetty valvomoon ja pystytään lukemaan valvomosta. Valvomoon saadaan liitettyä haluttu muuttuja vetämällä muuttuja valvomon näytölle. Tämän jälkeen muutetaan luettavien lukujen määrä sopivaksi.

Ohjelmassa toteutettiin kaikkien luettavien arvojen muunnos kokonaisluvuista reaalityypiksi laskennan avulla, vaikka arvo ei vaatisi skaalausta. Verkkosuuntaajalta luettavat tiedot, jotka halutaan pystyä lukemaan käytön aikana valvomosta, ovat taajuus, jännite, virta, pätovirta, loisvirta, DC-jännite sekä lämpötila. Generaattorisuuntaajalta luetaan melkein samat, mutta lisäksi halutaan myös generaattorin nopeus, teho ja momentti. Päto- ja loisvirtaa luetaan verkkosuuntaajalta. ABB-taajuusmuuttajalta halutaan vain nopeus, jännite, virta, teho ja momentti.

Profibusväylätietojen ohjelmoinnin jälkeen aloitettiin tekemään generaattorisuuntaajan momenttiohjausta. Momenttiohjauksen periaate on selitettyä toimintakuvaus-kappaleessa. Momenttiohjauksen tekeminen vaatii kuitenkin paljon mietintää, kuinka se saadaan toteutettua uudelle logiikalle helpoiten. Momenttiohjauksen toiminta perustuu ohjelmassa verkkokontaktorin tilatietoon. Tämä on toteutettu ohjelmassa avautuvalla ja sulkeutuvalla koskettimella. Verkkokontaktorin ollessa käytössä ajetaan ohjelmalla ohjearvo_momentti, joka syötetään valvomon kautta. Verkkokontaktorin ollessa poissa käytöstä ajetaan momenttiohje_verkko_pois_PMG

muuttujalla, joka määritellään ohjelmassa laskennan kautta. Momenttiohjeeseen vaikuttaa jarrutusvirran suuruus. Kuvassa 10 on ohjaustavan määrittelyn ohjelmointi.



Symbol	Address	Type	Comment
"Apumuuttujat".Momenttiohje_verkko_pois_PMG		Real	
"Apumuuttujat".Ohjearvo_momentti		Real	
"Hätäseis"	%I0.2	Bool	
"Momentti_ohje_rs"	%M1.5	Bool	
"Vacon_OUT_PD1"	%QW122	Int	Process data 1 = Momenttiohje
"Verkkokontaktorin_tilatieto_pmg"	%I0.3	Bool	

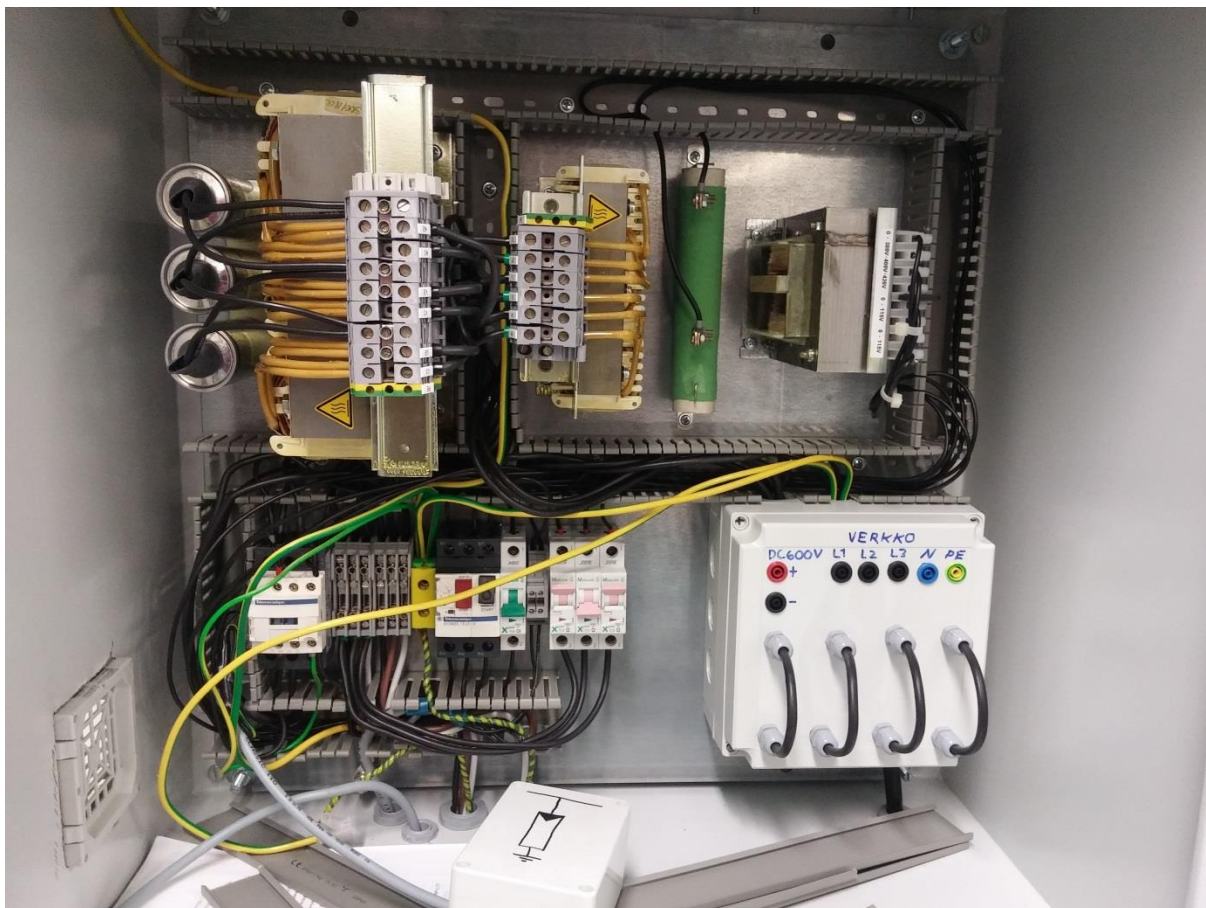
KUVA 10. Momenttiohjauksen ohjaustavan määrittely (Miettinen 2016.)

Momenttiohjauksen jälkeen toteutettiin energian laskenta käytön ajalta ja näiden lukeminen valvomosta. Haluttuja arvoja ovat jännite, virta, teho ja kuorma. Ohjelman teko onnistui helposti seuraamalla entistä ohjelmakoodia.

Tässä työssä valvomo on tehty pääasiallisesti ohjaukseen ja arvojen lukua varten. Muutama ohjearvoasettelu määritellään valvomosta käsin. Esimerkiksi ABB-taajuusmuuttajalle lähtevä kierrosnopeus pystytään määrittelemään näytöltä.

6 PIIRUSTUSTEN PÄIVITYS

Työhön kuului myös sähkökuvien piirtäminen vanhasta kesuksesta ja uudesta rakennetusta kesuksesta. Kesuksesta ei löytynyt tai siitä ei ole tehty minkäänlaisia sähköpiirustuksia, joten työn joutui aloittamaan vähäisillä tiedoilla. Dokumentaation puutteista johtuen piirikaavioiden päivitys tehtiin käänteisen suunnittelun menetelmällä: Keskuksen kytkennät selvitettiin johdotuksia seuraamalla, minkä jälkeen niistä tehtiin piirikaaviot. Kuvassa 11 on nähtävillä keskus ja siinä olevat asennukset.



KUVA 11. Vanha keskus (Miettinen 2016-1-16.)

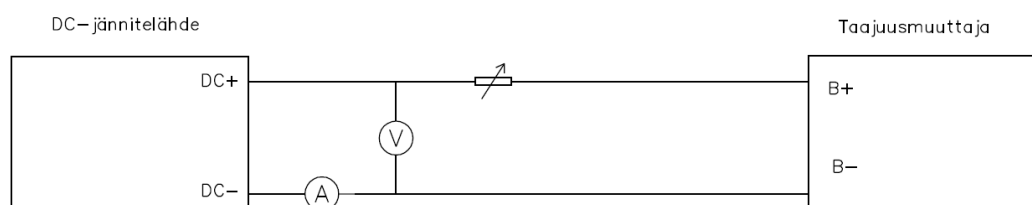
Ensimmäisenä piirrettiin paperille kesuksesta löytyvät laitteet ja riviliittimet. Tämän jälkeen piirrettiin johtimet laitteiden välille, minkä jälkeen alkoi hahmottumaan, miten laitteiston johdotus on toteutettu. Tämän havainnollistavan kuvan mukaan pystyi aloittamaan piirikaavion piirtämisen. Keskuslayout ja piirikaavion piirtäminen toteutettiin CADS Planner -ohjelmalla.

7 LAITTEISTON PÄÄLLEKYTKENTÄ

7.1 Taajuusmuuttajien välipiirin elvyttäminen

Taajuusmuuttajan ollessa pitkään poissa käytöstä on sen DC-välipiirin kondensaattorit ladattava. Tämä johtuu kondensaattorin oksidikerroksen heikkenemisestä. Oksidikerroksen heikkenemisen vuoksi kondensaattorin vuotovirta kasvaa. Tämän takia virtaa täytyy rajoittaa, kun välipiiriä aletaan lataamaan. Lataaminen on turvallisin tehdä säädettävällä rajavirralla varustetulla tasajännitelähteellä. Rajavirran arvoksi asetetaan taajuusmuuttajan koon mukaan 300-800 mA. Tasajännitelähde liitetään taajuusmuuttajan B+/B- napoihin ja syötetään 1,35-kertaista nimellisjännitettä vähintään tunnin verran. (Vacon 2013, 15.)

Lataukseen valittiin Teklabin DC50010L tasajännitelähde. Laitteen tasasuuntausosan lähtöjännite on 6-pulssitasasuunnattua, mutta suodattamatonta tasajännitettä. Laitteella voidaan rajoittaa myös virtaa: Mikäli virta kasvaa liian suureksi, katkaisee tasajännitelähde syötön. Tasajännitelähdettä testattiin ensin säädettävän vastuksen avulla. Testauksessa yleismittareiden avulla mitattiin virtaa ja jännitettä. Oskiloskoopilla seurattiin virran muutosta, kun jännitettä kasvatettiin. Tulokseksi saatiin, että tasajännitelähteellä pystytään syöttämään 585 V:n jännitettä ja vastuksen avulla virta saadaan rajattua 0,6 A:iin.



KUVA 12. Välipiirin latauksen piirikaavio (Miettinen 2016-5-30.)

Välipiirin latauksen kytkennät tehtiin kuvan 12 mukaisesti. Tasajännitelähde pystyttiin kytkemään verkkolaatikkoon, joka on kytketty Vaconin taajuusmuuttajien DC-välipiiriin. Tasajännitelähteellä alettiin nostamaan jännitettä ja noin 250 V jännitteellä taajuusmuuttaja lähti käyntiin. Jännite nostettiin latauksen ajaksi 585 V:iin. Taajuusmuuttajalla välipiirin jännite laski 555 V:iin. Latauksen alussa virta oli 0,08 A ja tunnin kuluttua latauksesta oli virta laskenut 0,065 A:iin. Latausta jatkettiin kahden tunnin ajan ja sen aikana ei virrassa eikä jännitteessä tapahtunut muutoksia. Kuvassa 13 on nähtävillä tasajännitelähteen liittäminen DC-välipiiriin.



KUVA 13. Välipiirin lataus (Miettinen 2016-5-19.)

ABB ACSM1 -taajuusmuuttajan lataus toteutettiin samalla tavalla kuin Vaconin, erona ABB-taajuusmuuttajan kytkentä tehdään UDC+/UDC- napoihin. Latauksessa ei tapahtunut jännitteen eikä virran muutoksia.

7.2 Ohjelmakoodin siirtäminen logiikkaan

Taajuusmuuttajien herättelyn jälkeen pystyttiin laittamaan sähkökeskukseen. Logiikka ja taajuusmuuttajat lähtivät käyntiin sähköjen kytkemisen jälkeen. Logiikka kytkettiin Ethernet-kaapelin avulla tietokoneeseen ohjelmakoodin siirtoa varten. Siemensin TIA Portal ohjelmalla saadaan tietokoneella yhteys logiikkaan. Ohjelmakoodin lataamisen jälkeen ohjelmalla saadaan selville onko laitekonfiguraatio kunnossa. Ohjelma ilmoitti virheestä väyläkaapeloinnissa, eli väylässä oleviin laitteisiin ei saatu yhteyttä. Virheen korjaaminen onnistui tekemällä uusi kytkentä logiikalla. Kun tämä virhe oli saatu korjattua ei ohjelmassa ollut muita käyttöä estäviä virheitä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli erottaa sähkön pientuotannon tutkimuslaitteisto viereisestä rullaajasta. Erottaminen vaati uuden logiikan tilaamista sekä logiikan ohjelmoimista. Tämän lisäksi laadittiin laitteiston toimintakuvaus, tarvittavat asennukset ja laitteiston osittainen käyttöönotto.

Toimintakuvauksen tekeminen oli haastava ja kaiken asian sisäistäminen vaati paljon aikaa. Aikaisemmin tehdyn opinnäytetyön perusteella kuitenkin sai hyvän käsityksen laitteiston toiminnasta. Toimintakuvauksen avulla saadaan käsitys, miten järjestelmä toimii ja mitä komponentteja siihen kuuluu. Työssä toteutettiin DC-välipiirin säätö jarrutusvirtaan perustuvalla menetelmällä. Tämän toteuttamiseksi tehtiin selkeä kuvaus ja periaatekaavio.

Logiikaksi valittiin Siemensin S7-1200-sarjan logiikka. Logiikan ohjelmointi osoittautui haastavaksi ja vaati paljon aikaa. Ohjelmoinnin apuna oli vanha ohjelmakoodi. Tämän käyttö osoittautui monessa kohtaa haastavaksi, koska aikaisemmin oli käytössä eri valmistajan ohjelma ja siinä oli rullaajan sekä saarekkeen ohjelmointi. Ohjelmoinnin tekoon käytettiin TIA Portal-ohjelmistokehykseen kuuluvaa SIMATIC STEP 7:ää. Siemensin tekemien ohjeiden sekä Siemensiltä saadun ohjeistuksen avulla pystyttiin toteuttamaan ohjelmointi.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ABB Oy 2015. ACSM1 ohjelmointiopas. [Viitattu 2016-3-21.] Saatavissa:

https://library.e.abb.com/public/21cbe5f081a0409faff29ba088e1d5b8/FI_ACSM1_motion_control_FW_H_A4.pdf

LEHTO, Henry 2009. Tehoelektroniikan tutkimussolun kehitystyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikka / automaatio.

SIEMENS 2016a. Helppoa automaatio-ohjelmointia S7-1200-logiikalla. [Viitattu 2016-4-25.]

Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm

SIEMENS 2016b. TIA Portal (SIMATIC WinCC TIA). [Viitattu 2016-4-25.] Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/kaytoliittymat/ohjelmistot/tia_portal_wincc.php

VACON 2012. OPTC3/C5 Profibus DP option board. [Viitattu 2016-2-23.] Saatavissa:

http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3256/cf_2/Vacon-NX-OPTC3-C5-Profibus-Board-User-Manual-DPD00.PDF?635222876275300000

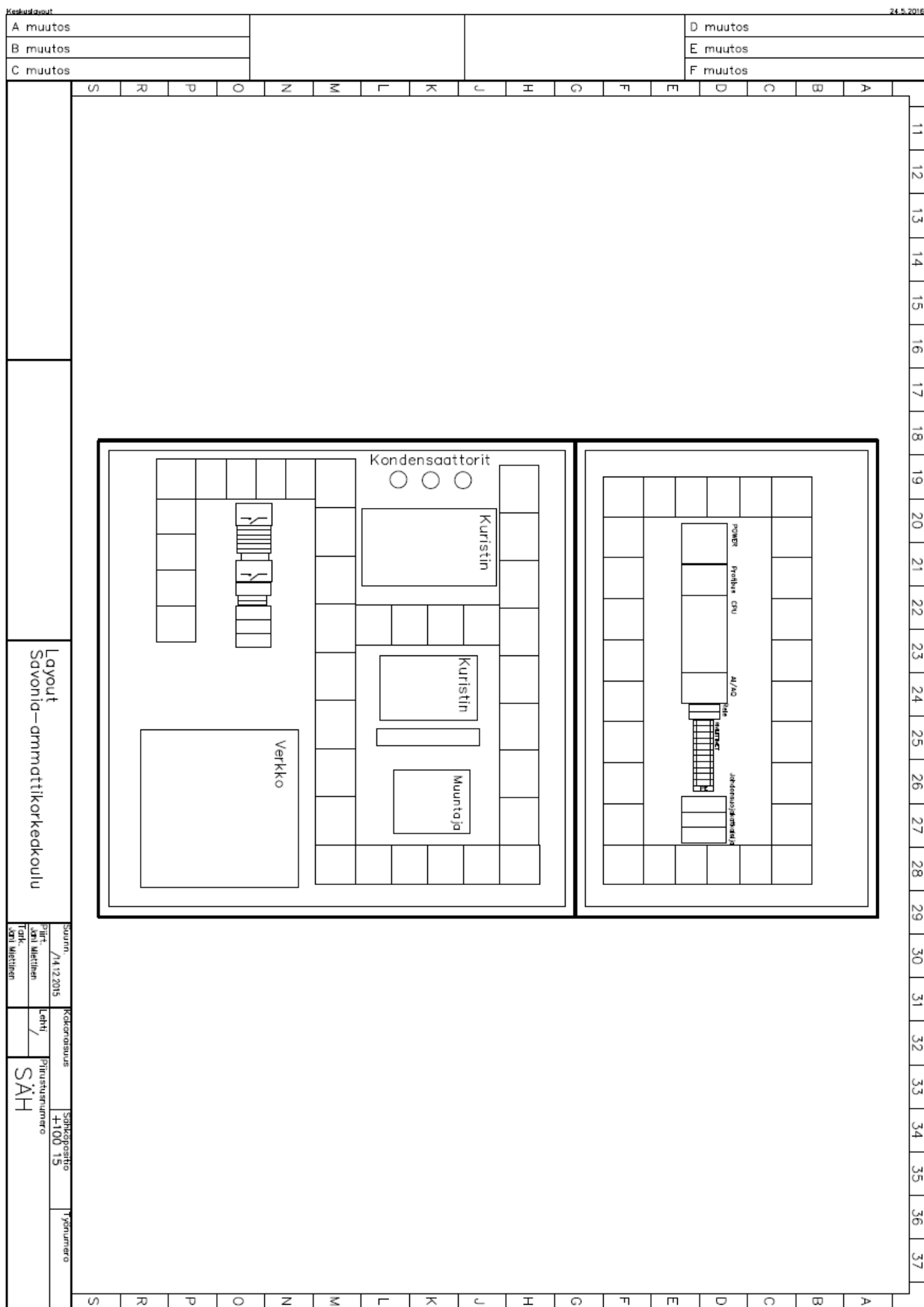
VACON 2006. Profibus DP -optiokortti. [Viitattu 2016-4-25.] Saatavissa:

http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3218/cf_2/Vacon-NX-OPTC3-C5-Profibus-Board-User-Manual-UD011.PDF

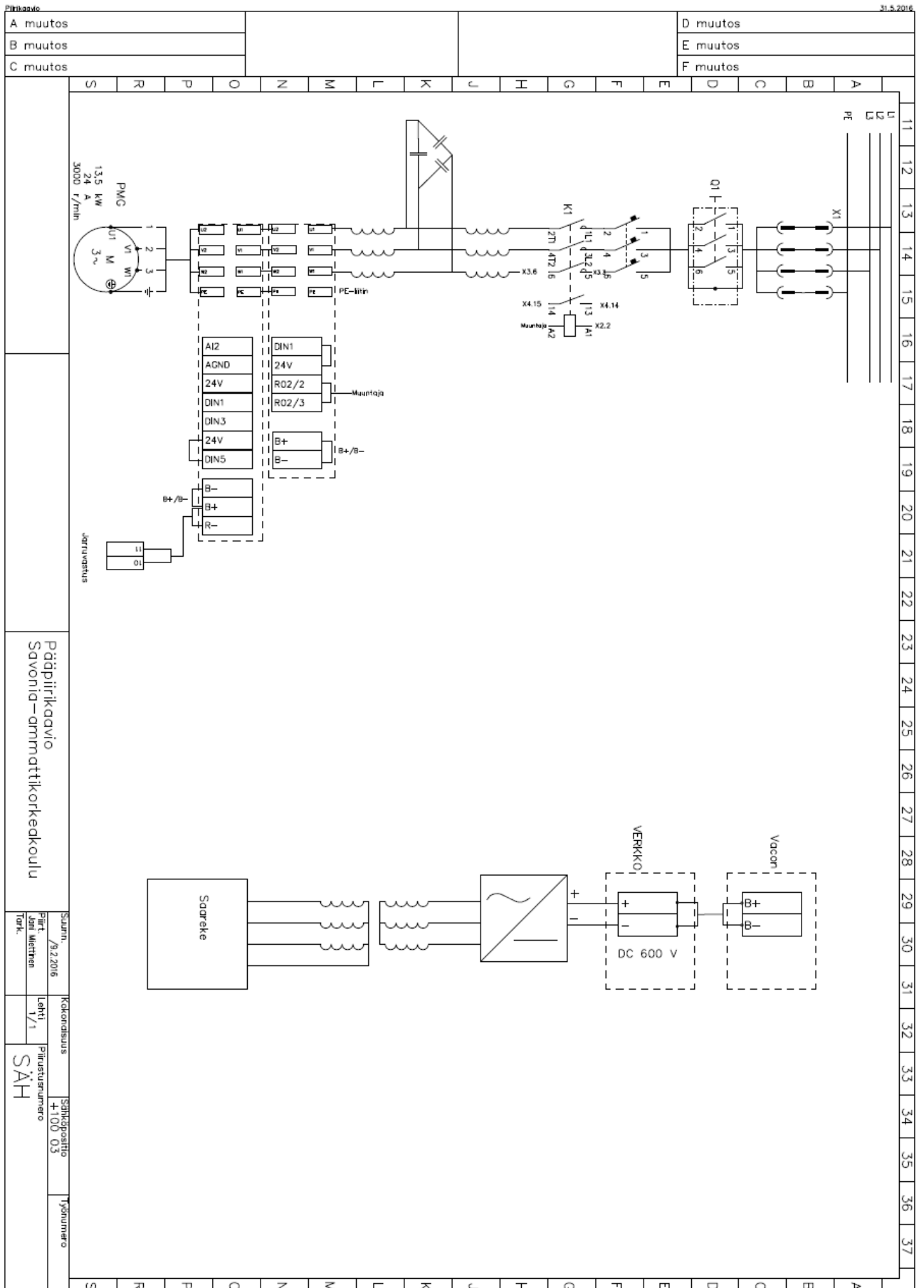
VACON 2013. Vacon NX Käyttöohje. [Viitattu 2016-5-19.] Saatavissa:

http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_2784/cf_2/Vacon-NXS-NXP-User-Manual-DPD01218A-FI.PDF

LIITE 1: KESKUSLAYOUT



LIITE 2: PIIRIKAAVIO



A muutos		D muutos
B muutos		E muutos
C muutos		F muutos

S	R	P	O	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Pääpiirikaavio
Savonia-ammattikorkeakoulu

Suunn. 9/22/2016	Kokonaisuus	Sähköpostiosoite +100 03	Työnumero
Piirt. Joni Miettinen	Lehti 1/1	Piirustuksen numero	
Tark.		SÄH	

LIITE 3: LOGIIKAN KAAPELOINTI

