

Niko Häivälä

Vakuumiaseman ohjauskeskuksen modernisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Automaatiotekniikka
Insinöörityö
27.5.2011

Niko Häivälä
Vakuumiaseman ohjauskeskuksen modernisointi

25 sivua + 3 liitettä
27.5.2011

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Automaatioinsinööri Ville Rasila
Lehtori Markku Inkinen

modernisointi, uudistaminen, ohjauskeskus, vakuumi, alipaine

Author(s) Title	Niko Häivälä Vacuum station modernization
Number of Pages Date	25 pages + 3 appendices 27 May 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation technology
Instructors	Ville Rasila, Automation Engineer Markku Inkinen, Senior Lecturer
<p>The aim of this thesis project was to modernize the control system of a vacuum station. The project included design, execution, introduction and operator training. Modernization project started because there was an old and uncertain technology, which nobody knew how to use or maintain. After the project the vacuum station was supposed to be a reliable system which is easy to use and maintain. At the same time the aim was to improve the safety and energy efficiency of the vacuum station.</p> <p>The design began by collecting initial data and learning how the old system worked. At the same time it was charted what functions the customer wanted to have in the new control center. The necessary components, connections, software and user interface were designed when these functions were known.</p> <p>The execution of modernization started from wiring the components and making the necessary documentation. Next, the programmable logic controller and the control panel were programmed. When the software was ready, wiring of the components and operations of the program were tested. After that, the control centre was measured as required by law.</p> <p>During the introduction phase, pumps were moved one by one from the old control center to the new control center, which ensured continuous production of the vacuum station. Following the successful introduction of the new vacuum station, operators and maintenance technicians were trained. There they learnt key functions of the control center and how it works technically.</p> <p>The project reached the aims which were set with the customer in the beginning. The vacuum station structure is now clearer and the interface is very simple. The control center has proven to be reliable, and spare parts will be available well into the future.</p>	
Keywords	modernization, control center, vacuum

Sisällys

1	Johdanto	1
	Yritysesittelyt	1
2	Lähtötiedot	2
2.1	Tyhjiöpumppujen toiminta	2
2.1.1	Kiertosiipipumppu	2
2.1.2	Kiertomäntäpumppu	3
2.2	Vanha vakuumiasema	4
3	Suunnittelu	6
3.1	Toiminnan määrittely	6
3.2	Komponenttien suunnittelu	7
3.2.1	PLC ja siihen liitettävät komponentit	7
3.2.2	Sähkökäytöt	8
3.2.3	Muut komponentit	10
3.3	Kytkenöjen suunnittelu	11
3.4	Ohjelman suunnittelu	11
3.5	Käyttöliittymän suunnittelu	11
4	Toteutus	13
4.1	Kytkenät ja dokumentointi	13
4.2	Ohjelmointi	15
4.2.1	PLC:n ohjelmointi	15
4.2.2	Näytön ohjelmointi	17
5	Testaus	19
6	Käyttöönotto	20
6.1	Käyttöönotto	20
6.2	Koulutus	22
7	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1. Ohjauskeskuksen dokumentit

Liite 2. Käyttöönottomittauksen pöytäkirja

Liite 3. Vakuumiaseman käyttöohjeet

Lyhenteet

FBD	Function Block Diagram. Ohjelmoitavien logiikoiden graafinen ohjelmointikieli, joka perustuu erilaisiin toimintolohkoihin.
GPRS	General Packet Radio Service. GSM-verkossa toimiva tiedonsiirtopalvelu.
I/O	Input/Output. Tulot ja lähdöt.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
PPI	Point to Point. Siemensin käyttämä tiedonsiirtoprotokolla.
VDC	Volts Direct Current. Tasajännite.

1 Johdanto

Ohjauskeskuksen automaation modernisointi aloitetaan yleensä monen eri syyn summana. Syyt voivat olla esimerkiksi vanhanaikainen ja epävarma tekniikka, varaosien huono saatavuus, muuttuneet turvallisuusvaatimukset tai paikkaansa pitämätön dokumentointi. Modernisoinnilla haetaan usein toimintavarmuutta, käytettävyyttä ja tehokkuutta. Lisäksi halutaan turvata varaosien saatavuus mahdollisimman pitkälle tulevaisuuteen. Samassa yhteydessä on myös mahdollisuus tuoda laitteistoon uusia toimintoja. Modernisoinnit kasvattavat suosiotaan, koska automaatiotekniikan nopean kehityksen vuoksi ohjausjärjestelmät vanhenevat huomattavasti mekaniikkaa nopeammin. [1, s. 3, 8.]

Modernisointiprojekti sai alkunsa, koska vanha ohjausjärjestelmä oli toiminnaltaan sekava ja epävarma. Käytössä oleva tekniikka alkaa olla vanhanaikaista, joten varaosia ei ole ollut saatavilla. Tämä oli johtanut siihen, että vanhojen osien tilalle oli hajoamisjärjestyksessä laitettu uusia, mutta kytkentämuutoksia ei ollut dokumentoitu. Laitteiston käyttäminen ja huoltaminen oli näistä syistä vaikeaa ja aikaa vievää. Yksi syy modernisointiin oli myös se, että nykyiset pumppujen ohjaukset oli toteutettu kolmeen eri ohjauskeskukseen. Vakuumiaseman toimimattomuus heijastuu suoraan asiakasyrityksen tuotantoon, koska monet pakkaus koneet ja robottisolut ovat riippuvaisia vakuumisista. Projektin päätavoitteina oli saada ohjauskeskuksesta toimintavarma, käyttäjäystävällinen ja turvallinen sekä keskittää kaikkien pumppujen ohjaus yhteen keskukseen.

Yritysesittely

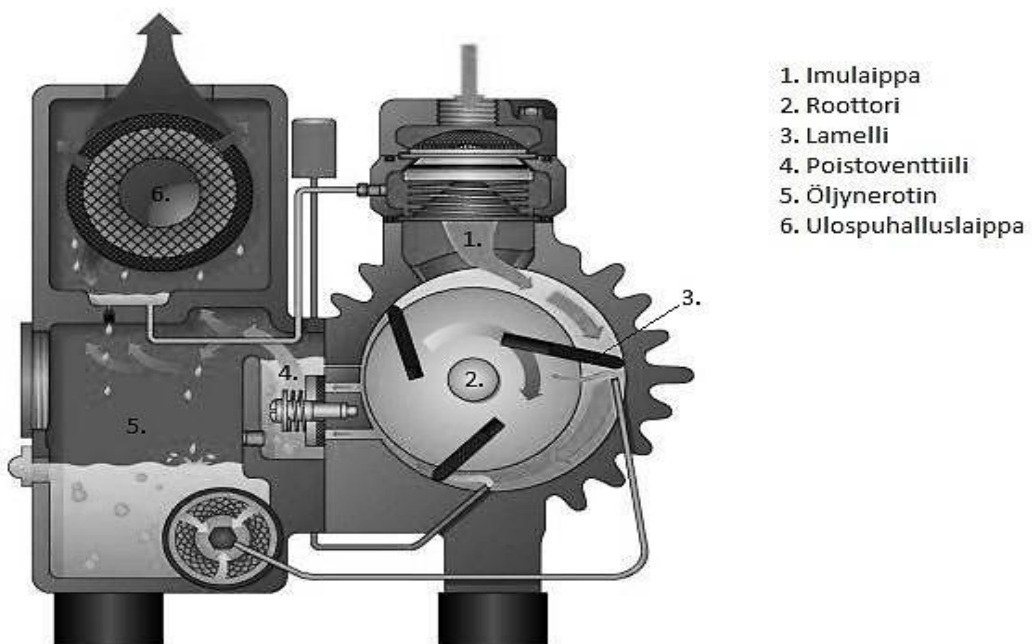
Tämän työn tilaajana on Sataservice Food Oy, joka toimittaa ohjauskeskuksen asiakkaalleen. Sataservice Oy on teollisuuden kunnossapitoalalla toimiva yritys, joka on perustettu 2003. Sen liikevaihto on n. 20 M€ ja henkilöstöä on noin 210.[2.] Sataservice Food Oy on Sataservice Oy:n tytäryhtiö, jonka toimialana on elintarviketeollisuuden käynnissä- ja kunnossapito. Yrityksen tärkeimmät asiakkaat ovat tällä hetkellä HK Ruokatalo Oy ja Raisio Oy. Sataservice Food Oy tekee myös monenlaisia kunnossapitotöitä ja muutosprojekteja useille eri elintarviketeollisuuden toimijoille.

2 Lähtötiedot

2.1 Tyhjiöpumppujen toiminta

Pumppujen tarkoitus on kehittää alipainetta eli vakuumia, jota käytetään tässä tapauksessa pakkauskoneissa lihavalmistepakkauksien muovikalvojen muovaukseen ja laatikointiroboteissa tarttujien imukuppeihin. Asiakkaalla on käytössä kahdenlaisia tyhjiöpumppuja: kiertosiipipumppuja ja kiertomäntäpumppuja. Kiertosiipipumput ovat tyypiltään Busch R5 0630B ja Busch R5 1600B ja kiertomäntäpumput Busch Mink MM 1322 AV.

2.1.1 Kiertosiipipumppu



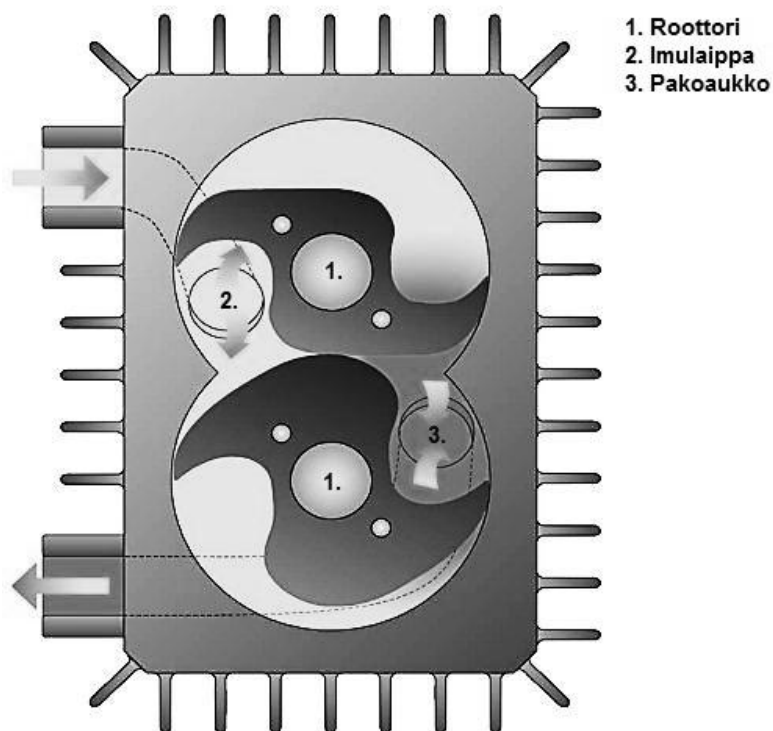
Kuva 1. Kiertosiipipumppu [5, s. 2].

Kiertosiipipumpussa (kuva 1) on pesään epäkeskeisesti kiinnitetty roottori, johon on jyrksitty urat lamelleille. Sähkömoottori pyörittää roottoria, mistä aiheutuva keskipakoisvoima pakottaa lamellit laahaamaan pesän seinämiä. Näin muodostuu lamellien välille umpinainen tila, jonka tilavuus muuttuu roottorin kierroksen aikana. Kun tämä tila on yhteydessä imulaippaan, ilma imeytyy pumppuun. Roottorin pyöriessä eteenpäin imeytyn ilman paine kasvaa, koska lamellien välinen tilavuus pienenee. Tässä vaiheessa kierrosta pesän seinämässä on öljysuutin, josta pesään tulee voiteluöljyä. Öljyn kierrä-

tys tapahtuu pesän ja öljynerottimen paine-eron avulla. Roottorin pyörähtäessä $\frac{3}{4}$ kierosta imulaipasta eteenpäin ilman ja öljyn sekoitus puhaltuu kasvaneen paineen avulla öljynerottimeen. Siellä öljy erottuu ilmasta painovoiman ja suodattimien avulla. Öljy palautuu öljynerottimen pohjalle ja sitä kautta takaisin kiertoon, kun taas ilma poistuu pumpusta ulospuhalluslaipan kautta ulkoilmaan. [5, s. 2.]

2.1.2 Kiertomäntäpumppu

Kuten kuvasta 2 nähdään, kiertomäntäpumppun kammiassa on kaksi erisuuntaan pyörivää roottoria. Tarkkaan suunnitellun muodon ansiosta ne eivät kosketa toisiaan eivätkä kammion seinämiä pyöriessään. Kappaleiden väliin jää ainoastaan niin sanottu toimintavälily, joka on kuitenkin niin pieni, että pumppu on tarpeeksi tiivis. Roottoreihin muotoillut siivet kuljettavat ilmaa imuaukoista kohti pakoaukkoa samalla nostaen kuljetettavan ilman painetta. Kun kuljetettava ilma tulee pakoaukon kohdalle, se kulkeutuu ulos paine-eron vuoksi. Takaisiniskuventtiili estää ilmankulkeutumisen takaisin tyhjiöverkoston. [6, s. 2.]

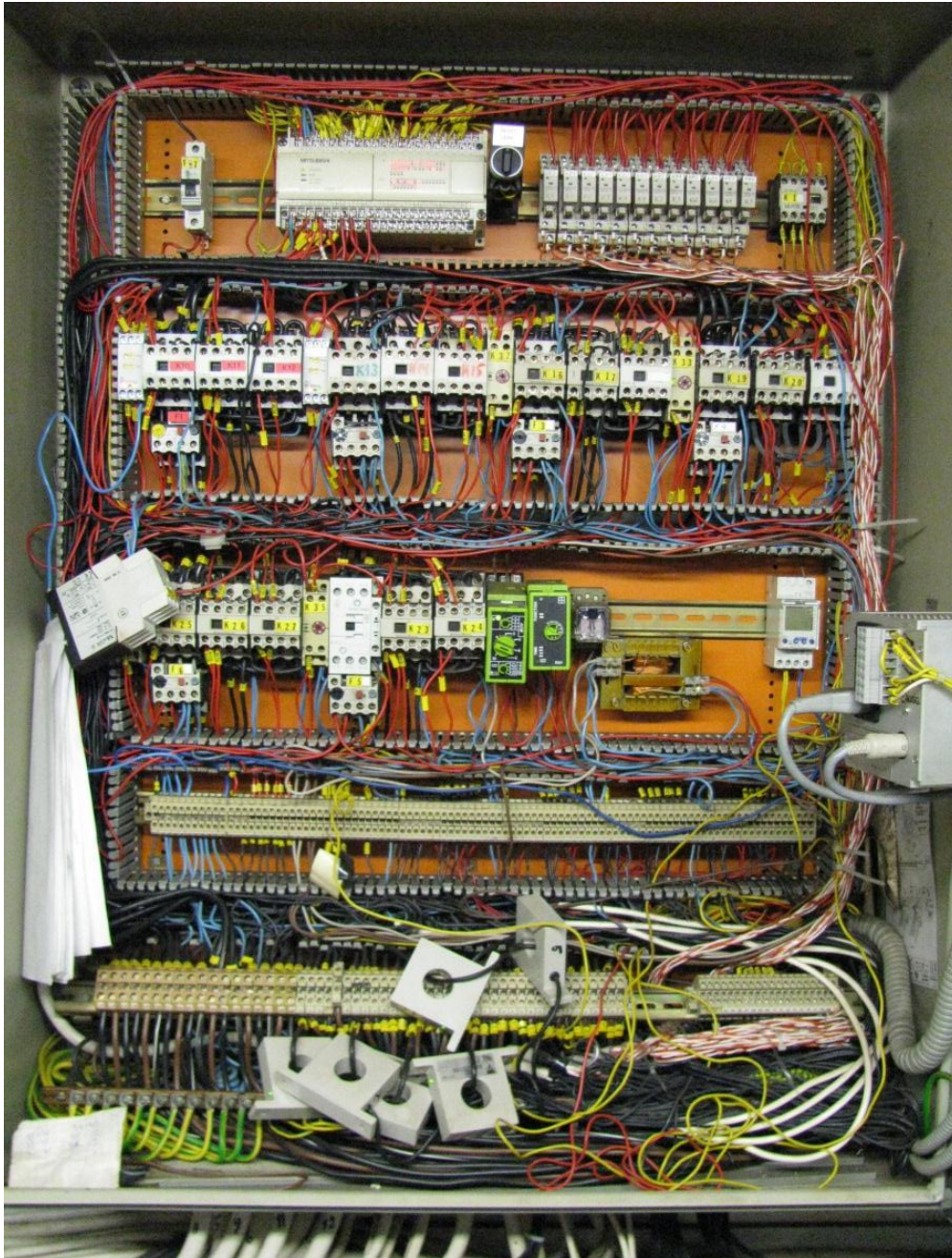


Kuva 2. Kiertomäntäpumppu [6, s. 2].

2.2 Vanha vakuumiasema

Kolmesta erillisestä ohjauskeskuksesta rakentuva vanha vakuumiasema oli toiminnaltaan varsin vaikeaselkoinen. Tämä johtui suurimmaksi osaksi siitä, että asemalle oli tehty useita laajennuksia. Alun perin oli rakennettu vain kolmen pumpun asema, jossa pumppuja käytettiin ainoastaan käsikäyttöisesti. Seuraavassa vaiheessa pumppujen määrää kasvatettiin ja ohjaus toimi automaattisesti kellon mukaan. Kolmannessa laajennuksessa vakuumiasema laajentui alempaan kerrokseen, jonne tehtiin uusi ohjauskeskus ja lisättiin kolme pumppua. Tässä laajennuksessa kaikki pumput liitettiin Balance control -ohjausjärjestelmään, joka käyttää pumppuja kellon lisäksi myös vakuumin tarpeen mukaan. Tarvetta mitataan putkistoon sijoitetuilla vakuumiantureilla. Käyttöliittymänä toimii Balancen PC-ohjelmisto. Tätä nykyistä projektia edeltäneessä laajennuksessa vakuumiverkosto jaettiin kahteen erillään toimivaan verkostoon (vakuumi- ja muovausverkosto). Tämä johtui eri koneiden erilaisista vakuumin käyttötarpeista. Vakuumiverkostossa tyhjiö on laadultaan parempi ja siinä on kiinni suurin osa pumpuista. Muovausverkostossa oli kiinni kolme pumppua ja tyhjiön tarve oli huomattavasti pienempi.

Uusin ohjauskeskus on siis varsin moderni, mutta ongelmia tuottaa kommunikointi vanhojen keskusten kanssa. Uusin ohjauskeskus kommunikoi vanhan pääohjauskeskuksen logiikan kanssa, joka ohjaa yläkerran pumppuja. Varsinkin vianetsinnässä suurena ongelmana oli vanhoihin keskuksiin tehtyjen uusien kytkentöjen dokumentoimatta jättäminen. Kuvasta 3 on nähtävissä, että vanha pääohjauskeskus alkoi olla myös varsin sekava useiden laajennusten ja korjausten jälkeen. Vakuumiaseman sekavuutta lisää vielä se, että osalla pumpuista on oma keskus pumpun kyljessä tai lähistöllä, jossa sijaitsevat pumpun sähkökäyttö ja käyttökytkimet. Näihin pumppuihin ohjauskeskus antaa käyntikäskyn ja niistä tulee takaisinpäin esimerkiksi käyntitieto ja muita valvontatietoja. Osalle pumpuista menee sen sijaan pelkkä syöttökaapeli, ja kaikki muut osat ovat ohjauskeskuksissa.



Kuva 3. Vakuumiaseman vanha pääohjauskeskus.

Jatkuvat ongelmat ja vianetsinnän haastavuus johtivat siihen tilanteeseen, että pumppuja käytetään käsikäyttöisesti. Sen vuoksi kaikki pumput pyörivät joka päivä koko ajan. Usein käy myös niin, että kukaan ei muista päivän päätteeksi sammuttaa pumppuja, joten pumput pyörivät useita päiviä ja jopa viikonlopun yli. Tästä aiheutuu suuria kustannuksia, koska pumppujen osat kuluvat turhista käyttötunneista ja sähköä kuluu paljon enemmän kuin optimaalisessa käytössä. Pumppujen käydessä pitkään myös öljyn ylikuumentumisen vaara on suurempi.

3 Suunnittelu

Modernisointiprojektissa suunnittelun vaikutus projektin onnistumiseen on erittäin suuri. Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla vakuumiaseman modernisoinnin kohteet ja tarvittavat ominaisuudet. Tässä vaiheessa tehtiin paljon yhteistyötä Sataservice Food Oy:n Pertti Kääpän kanssa, joka vastaa asiakkaan toimipisteen kiinteistön kunnossapidosta. Hänellä on vuosikymmenten kokemus vakuumiaseman toiminnasta, joten häneltä sai paljon tarpeellista tietoa aseman toiminnasta ja hyviä ideoita uusiksi toiminnoiksi. Ensimmäisessä suunnitteluvaiheessa suunniteltiin vakuumiaseman ohjauskeskukseen tulevat toiminnot. Tässä vaiheessa syntynyt toiminnankuvaus esiteltiin asiakkaalle, joka hyväksyi sen muutaman muutoksen jälkeen. Toiminnankuvauksen hyväksymisen jälkeen aloitettiin käytettävien sähkökomponenttien suunnittelu. Samalla alkoi myös kytkentöjen suunnittelu ja sähkökuvien piirtäminen. Nämä vaiheet tehtiin yhteistyössä työnohjaajan Ville Rasilan kanssa. Komponenttien valitsemisen jälkeen alkoi myös ohjelmiston suunnittelu.

3.1 Toiminnan määrittely

Suunnitelma pohjautui vanhan vakuumiaseman toimintaan, johon on lisätty muutamia hyödyllisiä toimintoja. Vakuumiaseman käyttäminen ja rakenne haluttiin suunnitella mahdollisimman yksinkertaiseksi ja selkeäksi, koska vakuumiasemaa tulee käyttämään satunnaisesti monet eri ihmiset.

Pumppuja piti pystyä käyttämään automaattisesti ja manuaalisesti sekä pysäyttämään huollon ajaksi. Siksi jokaiselle pumpulle suunniteltiin kolmiasentoinen kytkin, josta valitaan, ajetaanko pumppua automaattisesti vai käsiajolla vai onko pumppu kokonaan pysäytetty eli huoltotilassa. Käsiajolla pumppua voidaan ohjata manuaalisesti, niin että ohjaus ei kulje ollenkaan logiikan kautta, millä varmistetaan pumppujen käytettävyys, jonkin automaatiokomponentin vikaantuessa. Käsiajo helpottaa myös pumppujen testausta. Yläkerran pumppujen putkistot ovat rakennettu niin, että niitä voidaan siirtää verkostosta toiseen käsiventtiilien avulla. Tämä pitää huomioida ohjelmassa niin, että verkoston vaihtamisen jälkeen pumppu toimii oikean verkoston vakuumianturin mukaan.

Automaattiajosta oli tarpeen saada sellainen, että pumpun ollessa automaattiasennossa ohjauspaneelista voidaan valita, onko kyseinen pumppu normaali- vai pakotustilassa. Pakotustilassa ollessaan pumppu käy pelkästään kellon mukaan eli esimerkiksi arkena 05.00 – 23.00. Tätä tilaa voidaan käyttää esimerkiksi isommilla pumpuilla, joita ei ole järkevää käynnistää ja pysäyttää useammin kuin kerran päivässä. Normaalisissa automaattitilassa pumppua ohjaavat kello sekä vakuumianturi, joka käynnistää ja sammuttaa pumppuja vakuumin tarpeen mukaan. Normaalityössä olevien pumppujen toivottiin keräävän mahdollisimman tasaisesti käyttötunteja, jolloin on mahdollista, että kaikki pumput voidaan huoltaa esimerkiksi kahtena peräkkäisenä viikonloppuna puolen vuoden välein. Ohjauskeskuksen kello pitää pystyä ohittamaan, koska pumppuja halutaan pitää käynnissä mahdollisesti tuotannon ylitöiden vuoksi öisin ja viikonloppuisin.

Hälytyksen sattuessa ohjauskeskus pysäyttää hälytyksen aiheuttaneen pumpun. Uutena toimintona haluttiin hälytyksien tiedot näkyvin keskuksen ohjauspaneeliin, josta hälytys voidaan myös kuitata ongelman poistamisen jälkeen. Mahdollisia hälytyksiä ovat pehmokäynnistimen hälytys ja öljyn lämpötilahälytys. Toiveissa oli myös, että hälytyksistä lähetetään tieto tekstiviestillä laitospäällikölle, koska vakuumiasema ei sijaitse kenenkään laitospäällikön normaalityössä. Näin hälytykset tulisi tietoon huomattavasti nopeammin ja vaikutus tuotantoon olisi nykyistä pienempi.

Pumppujen käyttötunnit halutaan näkyviin näytölle, jolloin voidaan seurata pumppujen kuormitusta ja huollon tarvetta. Kun yksi pumpuista saavuttaa määrätyn huoltorajan, se lähettää muistutuksen huollon tarpeesta tekstiviestillä. Näin varmistetaan, että pumppujen huoltaminen ei unohdu. Huoltamisen jälkeen pumppujen käyntitunnit pitää pystyä nollaamaan.

3.2 Komponenttien suunnittelu

3.2.1 PLC ja siihen liitettävät komponentit

Ensimmäisenä komponenttina haluttiin valita ohjelmoitava logiikka, koska se on tämän projektin tärkein osa. Eri vaihtoehtojen tutkimisen jälkeen jäi vaihtoehtoiksi Siemens S7-200 -sarja ja Beckhoffin logiikkakomponentit. Vertailujen jälkeen päätettiin Siemens S7-224XP -logiikkaan. Suurin syy päätökselle oli se, että Siemensin ohjelmointi oli tut-

tua projektiin osallistuneille. Toinen valintaan vaikuttanut tekijä oli helppo laajennettavuus, esimerkiksi logiikkaan liitettävät kosketuspaneeli ja GSM-moduuli löytyivät Siemensin omasta valikoimasta. Lisäksi logiikassa on itsessään kaksi PPI-liitintä, joita käytetään näytölle ja modeemille, sekä kaksi analogiatuloa, joita saatetaan käyttää vakuumiantureiden kanssa. Asiakkaalla oli käytössä ennestään paljon Siemensin logiikoita, joten se oli hyvä valinta myös kunnossapidon ja varaosavaraston kannalta.

I/O-liitäntöjen määrä on projektissa kohtuullisen iso, koska uusi ohjauskeskus mitoitetaan tulevia laajennuksia ajatellen. Ohjauskeskuksen halutaan ohjaavan 15 tyhjiöpumppua, jotka kaikki tarvitsevat kaksi logiikan output-liitäntää ja 4 - 5 input-liitäntää. Lisäksi turvarele, hätä-seis-kytkin ja vakuumianturit tarvitsevat liitännät. Alustavan suunnitelman mukaan input-liitäntöjä tarvitaan vähintään 78 ja output-liitäntöjä 31. Tähän laskelmaan perustuen projektiin tarvitaan I/O-lisäkomponentteja, koska logiikassa niitä on vain 14 tuloa ja 10 lähtöä. Lisäksi tarvittiin kosketuspaneeli, josta vakuumiaseman käyttäminen tapahtuu. Kosketuspaneeliksi löytyi Siemensin omasta valikoimasta sopiva vaihtoehto 5,7" kokoinen Siemens Simatic TP177Micro.

Toiminnankuvauksessa mainittiin hälytystekstiviestin lähetys laitospäällikölle, mikä päätettiin toteuttaa Siemens Sinaut MD720-3 -GSM/GPRS-modeemin avulla. Siihen liitettäväksi hankittiin laitteeseen sopiva antenni. GSM-modeemi olisi mahdollistanut myös tekstiviestien vastaanottamiseen, mutta sitä ei haluttu soveltaa tässä projektissa [7, s.2]. Tämä johtuu siitä, että tulevat hälytykset joudutaan joka tapauksessa kuittamaan paikan päällä. Esimerkiksi öljyn lämpötilahälytyksen tullessa on hyvä tarkastaa öljyn määrä ennen hälytyksen kuittamista.

3.2.2 Sähkökäytöt

Vanhassa ohjauskeskuksessa käynnistys on suoritettu kontaktoreista ja aikareleestä tehdyllä tähti-kolmiokäynnistyksellä. Se on nykytekniikkaan verrattuna monimutkainen kytkennältään, ja sen vikaherkkyttä lisäävät useat komponentit. Lisäksi kolmessa tyhjiöpumpussa on käytössä pelkällä kontaktorilla tehty suorakäynnistys, jossa on ongelmana varsinkin käynnistysvaiheen suuri virtapiikki, joka on yleisimmin 6 - 7 kertaa nimellisvirta. Nykytekniikalla pystytään hallitsemaan käynnistysvirtoja huomattavasti pa-

remmin kuin vanhoilla menetelmillä. [8, s. 9 – 13.] Pumppujen uusiksi sähkökäyttöiksi harkittiin tähti-kolmiokäynnistimiä, pehmokäynnistimiä ja taajuusmuuttajia.

Tähti-kolmiokäynnistin on kolmesta kontaktorista ja aikareleestä tehty kytkentä, joka käynnistää pumpun aluksi tähtikytkeensä, joka tietyn ajan kuluttua vaihtuu kolmiokytkeensä. Aika määräytyy pumpun ominaisuuksien mukaan, vaihto tähtikytkenästä kolmiokytkeensä pitäisi tapahtua, kun moottorin nopeus on 80 - 85 % moottorin nimellisnopeudesta. Suoraan käynnistykseen verrattuna tähti-kolmiokäynnistin pudottaa käynnistysvirran 30 prosenttiin, mikä lisää moottorin elinikää. [8, s. 10.] Tämä käynnistystapa vie paljon tilaa kytkentäkaapista, mikä pitää ottaa huomioon tämän kokoisessa projektissa.

Taajuusmuuttaja muuntaa sisään tulevan vaihtovirran ensin tasavirraksi ja jälleen vaihtovirraksi. Muuntamisien avulla taajuusmuuttaja pystyy muuttamaan vaihtovirran taajuutta, joka vaikuttaa suoraan moottorin pyörimisnopeuteen. [8, s. 11.] Taajuuden säätämällä voidaan hoitaa myös käynnistykset sulavasti, ilman virtapiikkejä, koska moottori voidaan kiihdyttää pysähdyksistä käyntinopeuteen lineaarisesti tai asetetun käyrän mukaisesti. Sama menetelmä pätee moottorin pysäytykseen. Pehmeä pysäyttäminen estää pumppukäytöissä suoran pysäyttämisen aiheuttamat paineiskut verkostoon, joka taas pidentää pumpun ja venttiilien käyttöikää.

Pehmokäynnistin on varsinaiselta toiminnaltaan kuin riisuttu versio taajuusmuuttajasta. Sillä voidaan toteuttaa moottorin pehmeä käynnistyminen ja pysäyttäminen, mutta käyntinopeutta ei voi muuttaa. Tekniikaltaan pehmokäynnistin eroaa taajuusmuuttajasta huomattavasti. Pehmokäynnistimessä on tyristoreja ja ohjauselektroniikkaa, joiden avulla säädetään jännitettä. Käynnistyksessä moottoriin syötetään aluksi vain sen verran jännitettä, että se alkaa pyöriä. Tämän jälkeen jännitettä kasvatetaan, kunnes moottorin nimellisjännite on saavutettu. Käynnistysjännitteen ollessa pieni myös moottorin käynnistysvirta ja -momentti ovat pieniä. Tämän vuoksi käynnistyksessä ei esiinny nytkähdyksiä eikä virtapiikkejä. [8, s. 12.]

Tähti-kolmiokäynnistin vie paljon tilaa kytkentäkaapissa ja sen kytkentä on monimutkainen. Tarvittavien osien kustannukset 15 kW:n moottorille ovat jopa suuremmat kuin pehmokäynnistimen hinta. Taajuusmuuttaja on myös kalliimpi kuin pehmokäynnistin ja

siinä on paljon ominaisuuksia, joita ei tarvitse käytettäessä vakuumiaseman pumppuja. Esimerkiksi moottorin nopeutta ei tarvitse säätää, koska vakuumin tasoa säädetään pumppujen määrällä eikä pumppujen pyörimisnopeudella. Taajuusmuuttajalla ja pehmokäynnistimellä onnistuu tehdä pehmeä sammutus, joka on hyvä ominaisuus pumppuja käytettäessä. Vertailun jälkeen päädyttiin pehmokäynnistimeen, joka on kustannuksiltaan ja ominaisuuksiltaan näistä vaihtoehtoista sopivin tähän projektiin. Parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui Siemens Sirius 3RW40 -sarja, jossa on sisäänrakennettu elektroninen lämpörele [9, s. 12].

3.2.3 Muut komponentit

Ohjauskomponentit käyttävät 24 voltin jännitettä, joten niille tarvittiin oma virtalähde. Siemensin valmistama Sitop 10A -virtalähde oli sopiva vaihtoehto tähän tarkoitukseen. Lisäksi hätä-seis-piirin rakentamista varten tilattiin Siemens Sirius 3TK28 -turvarele.

Vakuuminmäärän mittaukseen päätettiin ottaa pumppujen maahantuojan suosituksesta MKS HPS Series 947 -tyhjiömittarit. Alun perin harkittiin asennettavaksi painelähettämiä, jotka olisi kytketty logiikan analogiatuloihin. Tämä vaihtoehto olisi ollut siitä hyvä, että vakuumin määrän olisi näkynyt samalta näytöltä, mistä vakuumiasemaa käytetään. Siitä olisi myös ollut helppo asettaa raja-arvot, jotka määrittelevät pumppujen käynnistystä ja sammutusta. MKS:n tyhjiömittareita päätettiin kuitenkin käyttää, koska ne oli todettu luotettavaksi ja helpoiksi käyttää pumppujen maahantuojan mukaan.

MKS HPS Series 947 -tyhjiömittarit sisältävät kaksi relelähtöä, jotka toimivat potentiometrien avulla määriteltyjen raja-arvojen mukaan. Näiden lähtöjen avulla pystytään määrittelemään verkostossa olevan alipaineen ylä- ja alaraja. Verkoston alipaineen saavuttaessa ylärajan järjestelmä sammuttaa yhden pumpun ja alarajalle tultaessa käynnistää yhden pumpun. Tämä ominaisuus helpottaa ohjelmointia, koska voidaan käyttää digitaalituloja analogitulosten sijaan. Mittari itsessään sijoitetaan ohjauskeskukseen oveen, jotta mittarissa olevan näytön lukema olisi näkyvässä vakuumiaseman käyttäjälle. [10.]

3.3 Kytcentöjen suunnittelu

Kytcentöjen suunnittelu päätettiin tehdä suurpiirteisesti, koska haluttiin jättää mahdollisuuksia muutoksiin kytkentävaiheessa. Tämä johtui siitä, että ohjauskaapin layout päätettiin suunnitella vasta, kun komponentit ovat saapuneet. Ohjauskeskuksesta piirrettiin aluksi suuntaa antava jännitteenjako kuva ja hätä-seis-piirin toiminta. Lisäksi määritettiin I/O-lista, jonka avulla voitiin suunnitella logiikan kytkennät. Pehmokäynnistimien ohjauskytkennät suunniteltiin yhden pumpun osalta. Tätä suunnitelmaa pystyy monistamaan lopuillekin pumpuille muuttamalla kytkennät I/O-listan mukaan.

3.4 Ohjelman suunnittelu

Ohjelma jaettiin aluksi toiminnankuvauksen pohjalta pienempiin loogisiin osiin:

- Vakuumiverkoston pumppujen käynnistykset
- Vakuumiverkoston pumppujen pysäytykset
- Muovausverkoston pumppujen käynnistykset
- Muovausverkoston pumppujen pysäytykset
- Hälytykset
- Käyttötuntilaskurit
- SMS-viestin lähetys

Nämä osat ohjelmoidaan aliohjelmina, joita kutsutaan pääohjelmassa. Näin ohjelman rakenne selkeytyy ja siihen on helppo tehdä muutoksia tulevaisuudessa. Toinen vaihtoehto olisi tehdä jokaisen pumpun toiminnot omana aliohjelmanaan. Ohjelma päätettiin tehdä ensimmäisen vaihtoehdon mukaisesti, koska se vaikutti selkeämmältä rakenteelta.

3.5 Käyttöliittymän suunnittelu

Käyttöliittymästä oli tarkoitus tehdä mahdollisimman yksinkertainen, koska vakuu-
miasemaa käyttää useat eri ihmiset. Tarkoituksena oli, että näytöstä voi tarkastella koko aseman ja kaikkien pumppujen reaaliaikaista tilaa. Etusivusta haluttiin selkeä, mutta informatiivinen. Suunnitelmissa siihen päätettiin laittaa käynnissä olevien pumppujen määrä verkostokohtaisesti, mahdollinen hälytystila ja tarvittavat navigointipainik-

keet. Vakuumiaseman helppokäyttöisyyttä haluttiin lisätä myös sillä, että etusivulta pitää saada yhdellä napilla ohitettua kellon käyttämisen ohjauksessa. Tämä ominaisuus palvelee etenkin silloin, kun tuotanto jää ylitöihin, jolloin kello joudutaan ohittamaan. Lisäksi etusivulla pitää näkyä tiedote, kun hätä-seis-painiketta on painettu, ja ilmoitus, jos jokin pumpuista on käsiajolla.

Pumppujen tilaa voidaan tarkastella pumppukohtaisesti. Se helpottaa, koska enää ei tarvitse mennä katsomaan erikseen molemmista kerroksista pumppujen tilaa. Pumpun omalla sivulla voidaan vaihtaa pumpun verkostoa ja nollata käyttötunnit. Samalla sivulla näytetään seuraavat tiedot:

- Käyntitieto
- Automaatti / käsiajo
- Pakotustila / normaalitila
- Pumpun verkosto
- Käyntitunnit
- Hälytystieto

Hälytyksen sattuessa etusivulle ilmestyy ilmoitus. Etusivulta pääsee navigoimaan Hälytykset-välilehdelle, josta selviää, mikä hälytys on kyseessä ja mikä pumppu sen on aiheuttanut. Samalta sivulta pystyy myös kuittaamaan hälytykset sen jälkeen, kun hälytyksen aiheuttaja on selvitetty ja korjattu.

4 Toteutus

4.1 Kytkenät ja dokumentointi

Komponenttien asennus ohjauskeskuskaappiin ja niiden kytkeminen tehtiin yhdessä Sataservice Food Oy:n sähköasentajien kanssa. Kaapin layout suunniteltiin kokeilemalla eri vaihtoehtoja. Hyvän ja johdotuksen kannalta järkevän järjestyksen löydyttyä (kuva 4) komponentit kiinnitettiin kaapin pohjalevyyn. Tarkoituksena oli erottaa 24 VDC ohjausjännitejohdot suurempia jännitteitä käyttävistä johdoista mahdollisimman hyvin. Tämä onnistui sillä, että ohjauskomponentit sijoitettiin kaapin yläreunaan ja sähkökäytöt ja muut vahvasähkökomponentit alareunaan. Johdotuksissa oli päämääränä, että ohjausjohtimet kulkivat kaapin oikeassa reunassa olevaa kaapelikourua pitkin ja muut vasemmalla reunassa. Johdotukset tehtiin alustavien sähköpiirustuksien avulla. Samalla, kun johdotukset edistyivät, sähköpiirustuksia muokattiin ja päivitettiin ajankohtaisiksi. Näin kuvat pysyivät paikkaansa pitävinä ja sitä kautta hyödyllisinä.

Dokumentteja tehdessä käytettiin Autocad LT -ohjelmistoa ja Microsoft Office Excel -taulukko-ohjelmaa. Valmiit dokumentit (liitteet 1-3) tallennettiin Sataservice Food Oy:n verkkolevylle, ja tulostetut versiot sijoitettiin ohjauskaapin oven sisällä olevaan muovitaskuun. Dokumentit toimitettiin myös asiakkaan arkistoon paperisessa ja sähköisessä muodossa. Dokumenteista haluttiin mahdollisimman kattavat ja hyödylliset. Vakuumiaseman ohjauskeskuksesta dokumentoitiin seuraavat tiedot:

- Pääpiirikaavio
- Logiikan lähdöt ja tulot
- Ohjauskaapelit jakokaapeille ja jakokaappien kytkenät
 - Turvakytkintiedot
 - Lämpötila-anturitiedot
 - Venttiiliohjukset
 - Mink-pumput
 - Alakerran ohjukset
- Ohjauskaapin layout
- Osaluettelo



Kuva 4. Vakuumiaseman ohjauskeskus.

4.2 Ohjelmointi

4.2.1 PLC:n ohjelmointi

Siemens S7-200 -sarjan logiikat ohjelmoidaan Simatic STEP7 microWIN -ohjelmistolla. Ohjelmointikieleksi valittiin FBD (Function Block Diagram), koska se on valmiiksi tuttu projektiin osallistuneille. Ohjelmointi tehtiin alustavan suunnitelman mukaisesti useasta eri aliohjelmasta. Näin ohjelman runko pysyi selkeänä, vaikka ohjelmasta tulikin laaja. Suunnitelmaa noudattaessa oli myös helppo seurata ohjelmoinnin edistymistä, joten suunnittelusta oli suuri hyöty. Aluksi ohjelmoitiin perusominaisuudet, kuten kello, joka automaattisesti vaihtaa kesä- ja talviaikaan. Seuraavaksi tehtiin suunnitteluvaiheessa määritetyt aliohjelmat.

Eniten päänvaivaa aiheuttivat pumppujen käynnistymistä ja sammuttamista koskevat aliohjelmat sekä GSM-modeemin ohjelmointi. Kuten kuvasta 5 on nähtävissä, sammutettava pumppu päätettiin määrittää laskurin avulla. Jos vakuuimittarilta tuleva ylärajatieto on päällä ajastimeen määritetyn ajan, joka on tässä tapauksessa 10 sekuntia, laskurissa olevaan lukuun lisätään yksi. Laskurin tulos on suoraan verrannollinen sammutettavan pumpun numeroon. Tuloksen ollessa 1 annetaan pumpulle 1 sammutuskäsky. Tuloksen ylittäessä 15 tulos nollataan, koska keskuksessa on maksimissaan 15 pumppua. Yhden pumpun sammutettua ohjelmassa on 3 minuutin viive, ennen kuin seuraavaa pumppua voidaan sammuttaa. Näin varmistetaan, että sammutetun pumpun vaikutus verkoston alipaineeseen otetaan huomioon. Sama viive varmistaa käynnistysaliohjelmissa, että useita pumppuja ei käynnisty yhtä aikaa, mikä aiheuttaisi suuren virtapiikin. Pumppujen käynnistys on toteutettu muuten samalla tavalla, mutta laskuriin lisätään 1 alipaineen ollessa alarajalla asetetun ajan.

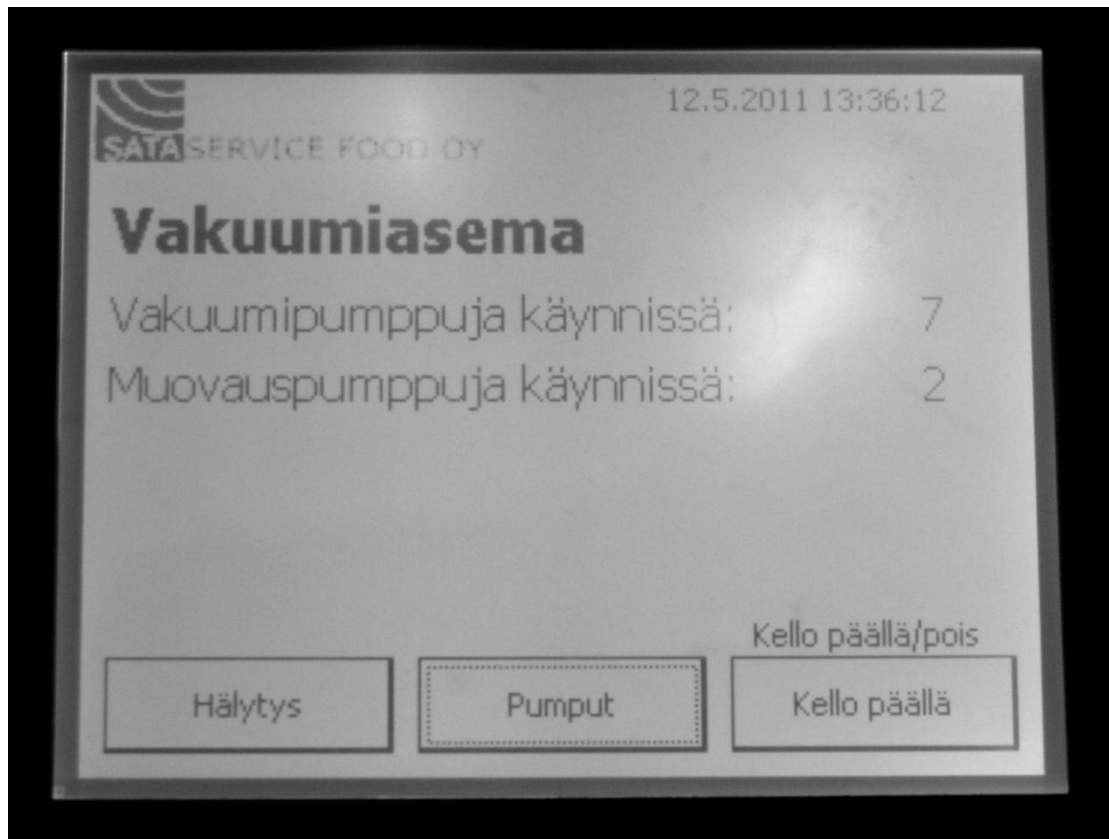
GSM-modeemin ohjelmointi vaati MAS5-kirjaston lataamista ohjelmaan. Tämä kirjasto sisältää kaikki tarvittavat toimintolohkot testiviestien lähetystä varten. Muokkaamalla Siemensin internetsivuilta löytyvää esimerkkiohjelmaa omaan tarkoitukseen sopivaksi tekstiviestien lähetys saatiin toimimaan. Suurimmat ongelmat aiheutuivat siitä, että GSM-modeemi pitää alustaa aina, kun logiikka käynnistetään. Tämä aliohjelma ei aluksi toiminut muokkauksien jälkeen huolimattomuusvirheen vuoksi.



Kuva 5. Esimerkki pumpun pysäyttamisestä.

4.2.2 Näytön ohjelmointi

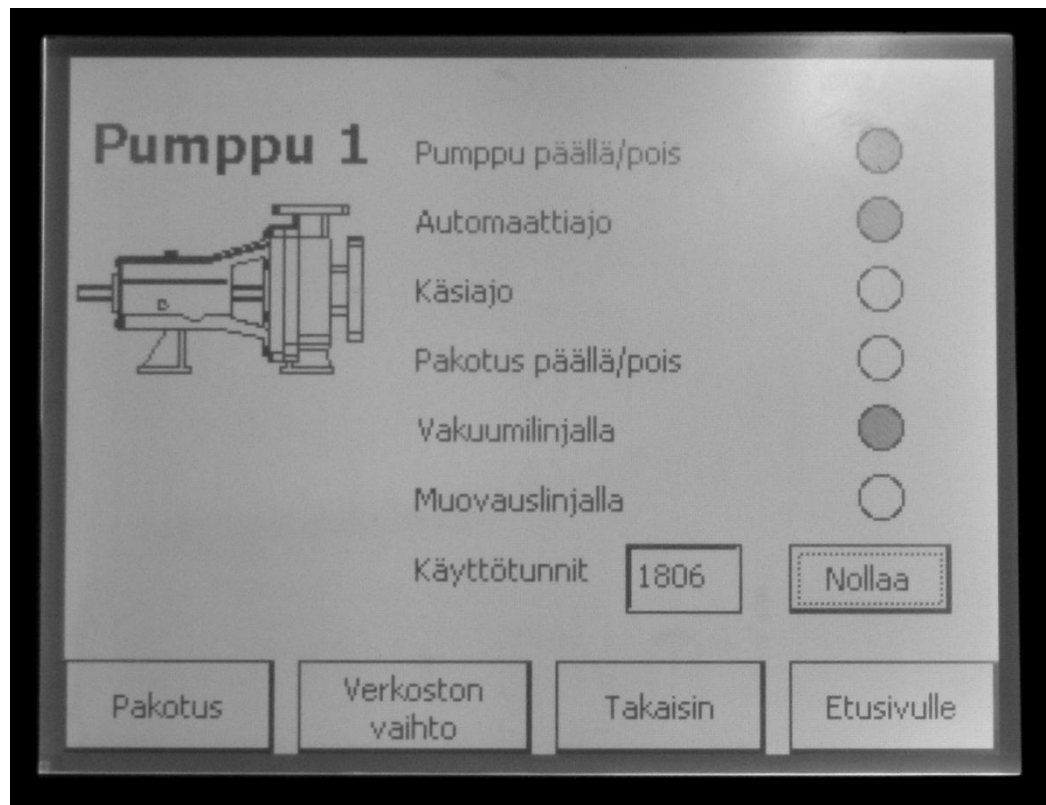
Näyttö ohjelmoitiin samaan aikaan logiikan kanssa Simatic WinCC Flexible 2008 -ohjelmalla. Näytön ja logiikan väliseen kommunikointiin käytettiin PPI-kaapelia. Ohjelmistoissa olivat käytössä samoilla nimillä nimetyt muistipaikat, joten ne osasivat keskustella toistensa kanssa. Käyttöliittymän layout oli tarkoitus olla erittäin selkeä. Tämän vuoksi etusivun ulkoasuksi kokeiltiin muutamia erilaisia vaihtoehtoja. Kuvassa 6. näkyvä malli päätettiin jättää lopulliseksi, koska se osoittautui helppolukuisiksi ja selkeäksi. Näytössä ovat esillä suunnitteluvaiheessa päätetyt tiedot. Osa tiedoista on näkymättömänä niin kauan, kunnes ne aktivoituvat. Näitä tietoja ovat hätä-seis-kytkimen painamisesta aiheutunut ilmoitus ja tieto siitä, että jokin pumpuista on käsiajolla.



Kuva 6. Käyttöliittymän etusivu.

Kuvasta 6 näkyvästä "Kello päällä/pois"-painikkeesta saa ohitettua kellon yhdellä painalluksella. Samalla painikkeeseen tulee teksti "Kello ohitettu". Hälytyksen sattuessa Hälytys-painike alkaa vilkkua. Painiketta painaessa pääsee sivulle, josta saa selville, mikä hälytys on aktiivinen ja mikä pumppu sen on aiheuttanut. Pumput-painikkeesta pääsee tarkastelemaan tarkemmin jokaisen pumpun tietoja pumppukohtaisesti. Kuten

kuvasta 7 näkee, jokaisesta pumpusta näkyvät ne tiedot, jotka suunniteltiin. Samalta sivulta voidaan myös vaihtaa pumppujen verkostoa ja nollata käyntitunnit. Molemmat toiminnot vaativat sen, että pumpun valintakytkin on tilassa 0 eli huoltoasennossa. Tämä varmistaa sen, että näitä toimintoja ei voi tehdä vahingossa.



Kuva 7. Pumpun tiedot -sivu.

5 Testaus

Testauksen ensimmäisessä vaiheessa kytkennät testattiin mittaamalla, jonka tulokset merkittiin käyttöönottopöytäkirjaan (liite 2) ja ohjelman testaus päätettiin suorittaa niin, että syöttöjännite kytkettiin vain 24 VDC muuntajalle. Muuntaja syöttää jännitteen logiikalle, näytölle, hätä-seis -piiriin ja muille 24 VDC laitteille. Ohjelman testaus helpotui, koska ohjauskeskusta voitiin testata verstaalla ohjelmointityöpisteen läheisyydessä. Tämä olikin tarpeellista, koska testausvaiheessa huomattiin monia ohjelmointivirheitä. Monet virheistä johtuivat huolimattomuudesta. Ohjelman osia pystyi helposti kopioimaan, koska pumppujen toiminnot olivat samanlaisia. Jos kopioinnin yhteydessä unohdettiin muuttaa symbolit oikean pumpun mukaiseksi, aiheutti se ohjelman toimimattomuuden. Näitä virheitä oli vaikea huomata ohjelmoitaessa, mutta ne tulivat hyvin esiin testausvaiheessa.

Samalla huomattiin myös se, että GSM-modeemi ei lähettänyt tekstiviestiä hälytyksiä simuloitaessa. Vian etsimiseen meni kohtuullisen kauan, joten muuta projektia vietiin eteenpäin ilman GSM-modeemia. Tämä oli mahdollista, koska GSM-modeemi ei ole kriittinen komponentti vakuuriaseman toiminnan kannalta. Loppuen lopuksi virheen etsimiseen keskityttiin vasta, kun ohjauskeskus oli jo muuten käyttöönotettu. Virhe löytyi logiikan käynnistämisen aikana suoritettavasta modeemin alustamisesta. Koska alustaminen ei mennyt oikein, koko GSM-modeemi ei toiminut ollenkaan.

6 Käyttöönotto

6.1 Käyttöönotto

Käyttöönottovaihe oli kohtuullisen helppo, koska ohjauskeskuksen toiminta testattiin tarkasti ennen siirtymistä käyttöönottoon. Tätä vaihetta helpotti huomattavasti myös se, että uusi ohjauskeskus asennettiin eri paikkaan kuin vanha ohjauskeskus (kuva 7). Se mahdollisti pumppujen siirtämisen uuteen ohjauskeskukseen pumppu kerrallaan. Tämä oli viisasta, koska näin varmistettiin vakuumpumppujen toiminta ja täten myös tuotannon katkeamattomuus. Jos pumput olisi siirretty yhdellä kertaa, se olisi pitänyt tehdä viikonlopun aikana. Se olisi aiheuttanut suuria paineita käyttöönottoon, koska kaiken olisi pitänyt toimia maanantaiaamuna. Suuri osa ruokatehtaan tuotannosta on riippuvainen keskusvakuumiverkostoista, joiden toimimattomuus olisi aiheuttanut suuret taloudelliset tappiot.



Kuva 7. Ohjauskeskus asennettuna.

Ennen tyhjiöpumppujen kytkemistä uuteen ohjauskeskukseen pehmokäynnistimen asetukset piti säätää pumpulle sopivaksi. Asetukset löytyivät pehmokäynnistimien manuaalista, jossa oli vaihtoehtoja asetuksille käyttökohteesta riippuen [11, s. 6]. Ensimmäisen pumpun kytkemisen jälkeen yritettiin saada sitä käyntiin käsiajolla. Pumppu yritti lähteä käyntiin, mutta kiihdytysvaiheessa johdonsuojakatkaisin toimi ja pumppu pysähtyi. Asian tarkemman tutkimisen jälkeen huomattiin, että pumpun venttiili avautuu samaan aikaan kuin pumppu alkaa käynnistyä. Verkostossa oleva alipaine pääsee pumppuun ja yrittää saada sen pyörimään väärään suuntaan. Samaan aikaan pehmokäynnistin yrittää saada pumpun pyörimään oikeaan suuntaan. Alipaineen aiheuttama kuorma pumpulle oli niin iso, että käynnistysvirtapiikki aiheutti johdonsuojakatkaisimen laukeamisen. Tilanne korjattiin sillä, että venttiili laitettiin aukeamaan vasta sitten, kun pehmokäynnistin on päässyt käynnistysvaiheen ohi käyntitilaan. Kytkentämuutos oli helppo suorittaa, koska pehmokäynnistimessä oli valmiina sulkeutuva kosketin kyseiselle tiedolle. Tämä kosketin kytkettiin ohjaamaan suoraan venttiilin relettä.

Neljännän pumpun kohdalla oli suurempia ongelmia kuin muilla pumpuilla. Pehmokäynnistimen asetuksia jouduttiin säätämään niin, että pumpun käynnistysjännite oli 20 % suurempi kuin muilla pumpuilla ja käynnistysaika oli hieman lyhyempi. Tämä toimenpide viittasi siihen, että pumpussa oli jotakin vikaa. Vika selvisi käyttöönoton jälkeen, kun huomattiin, että pumpun moottori pyöri, mutta roottori ei. Käyttöönotovaiheen aikaan pumpun vaihteistossa, joka välittää moottorin pyörimisen roottorille, oli siis jotain vikaa. Tämä vika oli aiheuttanut nyt vaihteiston lopullisen hajoamisen. Tällaiset viat ovat vaikeita vakuumiasemalle, koska ohjausjärjestelmä ei tunnista niitä.

Kun vakuumiaseman yläkerran pumput oli kytketty uuteen ohjauskeskukseen, asennettiin vakuumianturit. Anturit asennettiin vanhojen antureiden paikalle. Ennen asennusta anturit kalibroitiin valmistajan ohjeiden mukaan [10, s. 18]. Vakuumimittareihin asetettiin verkoston alipaineen ylä- ja alaraja kokeilemalla. Tämä tehtiin yhdessä tuotannon kanssa. Asetusarvot asetettiin aluksi sen mukaan, mitä mittarit näyttivät normaalituotannon ollessa käynnissä. Näitä arvoja hienosäädettiin tuotannosta saatujen tietojen avulla. Jos tuotannosta tuli viestiä, että vakuumin taso on huono, vakuumiverkoston alarajaa laskettiin hieman.

6.2 Koulutus

Käyttöönoton jälkeen vakuumiasemalle tehtiin käyttöohjeet ja koulutettiin käyttäjät, sekä huoltomiehet. Käyttöohjeet (liite 3) sisältävät ohjeet vakuumiaseman perustoimintoihin. Niiden avulla vakuumiasemaa voi käyttää sellainenkin henkilö, joka ei ole saanut käyttökoulutusta. Käyttöohjeet sijoitettiin vakuumiaseman ohjauskeskukselle.

Käyttökoulutus annettiin muutamalle ihmiselle, jotka voivat jakaa tietämystään eteenpäin tarpeen mukaan. Koulutuksessa käytiin läpi vakuumiaseman perustoiminnot ja hälytyksien syyt. Samalla näytettiin käyttöliittymän rakenne ja kerrottiin, mitä tietoja vakuumiasemasta voi nähdä näytön avulla. Huoltomiehille selitettiin tarkemmin vakuumiaseman tekninen toiminta ja hälytysten kuittaaminen. Sähkömiesten kanssa käytiin läpi sähkökuvat ja kytkennät, jotta vakuumiaseman vianetsintä helpottuu.

7 Yhteenveto

Vakuumiaseman ohjauskeskuksen modernisointi -projekti sai alkunsa, kun vakuumiaseman huonokuntoisuus alkoi vaikuttaa tuotantoon. Keskusvakuumiverkoston alipaineesta riippuvaiset tuotantolinjat pysähtelivät vakuumiaseman ongelmien vuoksi, mistä taloudellisia menetyksiä. Projektin aluksi tutkittiin vanhan vakuumiaseman ohjausjärjestelmän toimintaa ja määriteltiin projektin lähtötiedot. Niiden avulla suunniteltiin kehityskohteet ja uuden ohjauskeskuksen toiminta. Tavoitteena oli saada aikaiseksi varmatoiminen ohjauskeskus, mitä oli helppo käyttää. Samalla vakuumiasemaa haluttiin laajentaa.

Työ muodostui kolmesta tärkeästä vaiheesta:

- suunnittelusta
- toteutuksesta
- käyttöönotosta

Näistä vaiheista suunnittelu osoittautui erittäin tärkeäksi, koska sen avulla jälkimmäiset vaiheet helpottuivat huomattavasti. Toteutuksen aikana suunnitelmaa voitiin vielä muokata, kun tarvetta siihen huomattiin. Suurempia muutoksia ei kuitenkaan tarvinnut tehdä. Käyttöönottovaihe sujui yllättävänkin hyvin, vaikka projektiin enemmän osallistuneille tämä oli ensimmäinen isompi ohjauskeskuksen suunnittelu.

Projekti saavutti alussa asetetut tavoitteet. Uusi ohjauskeskus on toiminnaltaan osoittanut varmaksi ja helppokäyttöiseksi. Kunnossapito on nykyään huomattavasti helpompaa, koska ohjauskeskus ilmoittaa huollon tarpeesta tekstiviestillä, dokumentointi on ajan tasalla ja varaosia on saatavilla pitkälle tulevaisuuteen. Turvallisuutta parannettiin lisäämällä pumppuihin öljyn ylikuumentumisen estävät lämpötila-anturit ja puuttuvat turvakytkimet asennettiin. Uudessa ohjauskeskuksessa on myös hätä-seis-piiri, jolla kaikki pumput saadaan sammumaan, esimerkiksi tulipalon vuoksi. Samalla vakuumiasema muuttui energiatehokkaammaksi, koska pumppuja käytetään tarpeen mukaan.

Lähteet

- 1 Timo Malm, Outi Venho-Ahonen ja Markku Vanhala. 2010. Automaatiouudistusten turvallisuus konejärjestelmissä. VTT.
- 2 Yritystietoa. 2011. Verkkodokumentti. Sataservice Oy.
<http://www.sataservice.com/yritystietoa.html>. Luettu 20.3.2011.
- 3 (Sensuroitu)
- 4 (Sensuroitu)
- 5 Rotary vane vacuum pumps. 2006. Tuote-esite. Busch GmbH.
- 6 Rotary claw vacuum pumps. 2010. Tuote-esite. Busch GmbH.
- 7 Sending and receiving SMS text messages with GSM modem MD720. 2006. Tuote-esite. Siemens.
- 8 Pehmökäynnistinopas. 2007. ABB.
- 9 Moottorilähtöjen valintaopas. 2010. Siemens.
- 10 Operation and maintenance manual. 1999. Käyttöohje. MKS Instruments.
- 11 Sirius 3RW40 Soft starter instruction manual. 2009. Käyttöohje. Siemens.

