



KALKINSAMMUTUSLINJAN SÄHKÖMOOTTORIOHJAUKSIEN PAKETOINTI

Jouni Vuorela

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

JOUNI VUORELA:

Kalkinsammutuslinjan sähkömoottorihjauksien paketointi

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2013

Tässä opinnäytetyössä on esitelty kalkinsammutuslinjan toimintaperiaatetta sekä kalkin kiertokulkua. Kalkinsammutuslinja koostuu useasta osasta, joissa käytetään sähkömoottoreita materiaalien kuljettamiseen ja muokkaamiseen. Moottoreiden energiataloudelliseen käyttöön tarvitaan taajuusmuuttajia. Jotta taajuusmuuttajista saisi parhaan hyödyn, niitä varten tarvitaan jokin ohjausjärjestelmä.

Työn tarkoituksena oli laatia alihankintayritykselle laitosprojektien teknisenmyynnintyökalu. Työn lähtökohtana oli ensin mitoittaa sähkömoottorien ohjaukseen tarvittavat taajuusmuuttajat. Toisena tehtävänä oli suunnitella ohjaukset kalkinsammutuslinjalle. Suunniteltuja prosessiohjauksia on tarkoitus hyödyntää erikokoisissa sammutetun kalkin laitossovelluksissa.

Asiasanat: Kalkin sammutus, sammutettu kalkki, kalsiumhydroksidi, kalkki

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

JOUNI VUORELA:

Packing Control of the Motor for the Lime Slaking Product Line

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 4 pages
May 2013

The purpose of this thesis was development of a tool for sale of a product line. A subcontractor started a project which was purpose of development new product line for lime slaking production. The project was started at the end of 2011. At first data was collected from the new system and it was decided to design new drives for the electrical motors in the product line. At second a user interface for the same system was designed.

The majority of participants believed that the project was very interesting and challenging. The lime slaking was a fast chemical process for temperature control. For the product line was needed calculating size of the drives for motors. And most of new data was needed for different measurement and control systems.

The findings indicate that the product line could manufacture using almost the same drives though the size of electrical motors was increased a little. So it was made lower cost product for the customers.

Key words: slaked lime, hydrated lime, quicklime, limestone, limewater, chalk, marble

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	KALKKI.....	8
	2.1 Kalsiumkarbonaatti	8
	2.2 Kalsiumoksidi	8
	2.3 Kalsiumhydroksidi.....	9
3	SAMMUTETUNKALKIN VALMISTUSLINJA	10
	3.1 Valmistusprosessin kuvaus	10
	3.2 Lämpötilan vaikutus sammutusaikaan.....	10
	3.3 Prosessituotteet	11
4	LAITTEISTON KUVAUS.....	12
	4.1 Rakenteen periaatteellinen kuvaus.....	12
	4.2 Annosteluvaaka.....	12
	4.3 Kuljettimet ja pumput	13
	4.4 Jauhin	13
	4.5 Sammutin	14
	4.6 Lajitin.....	15
	4.7 Homogenisointi.....	15
	4.8 Laimennussäiliö	15
	4.9 Varastointisäiliö	16
	4.10 Anturit	16
	4.10.1 Lämpötila-anturi.....	16
	4.10.2 Pinnankorkeusanturi.....	17
	4.10.3 Virtauksen mittausanturi	17
	4.10.4 Kosteuden mittausanturi.....	17
	4.11 Taajuusmuuttajat.....	18
	4.12 Ohjausjärjestelmä.....	19
5	TAAJUUSMUUTTAJIEN VALINTA	21
	5.1 Moottorit	21
	5.2 Taajuusmuuttajat.....	21
	5.3 Mitoitussovellus.....	22
	5.4 Varaosat ja korvaavat komponentit	22
6	MITOITETUN LAITTEISTON TOIMINTA.....	23
	6.1 Toimintaperiaate	23
	6.2 Testaus	23
	6.3 Käyttöönotto	23
7	POHDINTA.....	24

LÄHTEET	25
LIITTEET	28
Liite 1. Kalkinsammutuslinja	29
Liite 2. Ohjausjärjestelmä.....	30
Liite 3. Sähkömoottorihjaus	31
Liite 4. Taulukkolaskentaohjelman laitevalinta	32

LYHENTEET JA TERMIT

EtherNet/IP	Rockwell Automation kehittämä teollisuus Ethernet-verkkoratkaisu
Modbus	Modiconin julkaisema avoin tiedonsiirtoprotokolla
PLC	(Programmable Logic Controller) ohjelmoitava logiikka
PROFIBUS	(Process Field Bus) avoin kenttäväylän tiedonsiirtoprotokolla perustuu standardiin EN 50 170
PROFIBUS DP	(Decentralized Peripherals) kenttäväyläratkaisu nopeaan tiedon siirtoon
RS-232C	Oheislaitteiden sarjaliikenneväylä
RS-485	Differentiaalinen sarjaliikenneväylä (EIA-485)
USB	(Universal Serial Bus) oheislaitteiden sarjaväyläarkkitehtuuri

1 JOHDANTO

Työssä lähdettiin kehittämään teknisen myynnin työkalua, joka tukisi tarjouslaskentaa erikokoisten sammutetunkalkin valmistuslinjojen välillä. Lähtökohtana oli tehdä sähkömoottorien ohjaukset ja rakentaa ohjausjärjestelmä erikokoisten valmistuslinjojen välille. Työn oli tilannut metallikonepaja, joka valmistaa mm. kalkinsammutuslinjoja. Tehtävän alussa oli tarkoituksena miettiä taajuusmuuttajat kuljetin- ja jauhinmoottoreille, annosteluvaaka ja logiikka prosessin ohjaukseen.

Haastavinta oli oppia ymmärtämään valmistusprosessi, jolla sammutettua kalkkia valmistetaan poltetusta kalkista. Siksi oli tarpeen selvittää kirjallisuuden avulla kalkin valmistusprosessin kemialliset tapahtumat. Tietoa tarvittiin prosessissa tapahtuvien muutosten ymmärtämiseksi. Valmistusprosessin ja vikatilanteiden hallinta otettiin hyvin huomioon jo suunnittelussa.

Sähkömoottorien ja taajuusmuuttajien valintatyökalun tekeminen oli hyvin suoraviivainen, koska sähkömoottorien ohjaukset oli päätetty tehdä PROFIBUS DP -kenttäväylään liitettävillä taajuusmuuttajilla. Prosessin ohjaukseen tarvittavat mittaukset ja sähkömoottorit olivat asennettu paikoilleen. Tehtäväksi jäi siis mitoittaa sähkömoottorit ja taajuusmuuttajat erikokoisille valmistuslinjoille sekä valmisteilla olevalle laitteistolle. Valittuja komponentteja käytetään teknisen myynnin työkalussa kiinteiden ja muuttuvien valmistuskustannusten laskentaan. Prosessin ohjausjärjestelmänä kaikissa sovelluksissa käytettäisiin samaa alustaa ja sovellusta, jossa asetuservojen muutosten avulla pystytään hallitsemaan erikokoisia valmistuslinjoja.

2 KALKKI

Kalkki on eräiden kalsiumyhdisteiden nimitys. Kalkkia saadaan kalkkikivestä, joka on enimmäkseen kalsiittia, kalkkisälpää, kalsiumkarbonaattia (CaCO_3). Kalsiitti on muodostunut sedimenttisesti kalkkikuoristen eliöiden kuorista (Kanerva 2000, 187) tai metamorfisesti eli kiteisesti kerrosten yhdistyessä maan kuoren liikkuaessa (Koululaisen tietokeskus 1981, 308). Kivilaji, joka sisältää pääasiassa kalsiittia nimitetään kalkkikiveksi, marmoriksi tai liiduksi (Haavisto 1996, 180).

Kalkin kiertokululla voidaan kuvata, miten erilaiset kalkkiyhdisteet muodostavat kiertävän mallin. Poltetusta kalkista (CaO) yhdistämällä vettä (H_2O) saadaan sammutettua kalkkia (Ca(OH)_2). Kun sammutettu kalkki reagoi ilman hiilidioksidin (CO_2) kanssa ja vesi (H_2O) poistuu, syntyy kalsiumkarbonaattia (CaCO_3). Polttamalla kalsiumkarbonaattia yli $1000\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilassa hiilidioksidi (CO_2) poistuu ja saadaan lähtöaine poltetu kalkki (CaO) (Haavisto 1996, 183).

2.1 Kalsiumkarbonaatti

Kalsiumkarbonaatti (CaCO_3) on hiilihapon kalsiumsuola, joka on syntynyt meressä hiekanjyvän ympärille saostumalla (Mortimer 1997, 187). Kalsiumkarbonaatti on rakenteeltaan kiteinen ja väriltään valkean harmaa (Nordkalk, Poltetu kalkki ja sammutettu kalkki). Vaikka kalsiumkarbonaatti on veteen liukenematon, on sillä jauheena useita käyttökohteita; maataloudessa maaperän happamuuden säätely, elintarvikkeissa väri-, happamuudensäätö- ja paakkuuntumisenestoaineena, paperiteollisuudessa täyteaineena, liidun raaka-aineena (Antila 2000, 70). Kalsiumkarbonaatin rakenne on molekyylin muotoinen, jossa hiili ja happiatomit ovat tetraedrin muodossa. Kalsiumkarbonaatin moolimassa on noin 100 g/mol ja pH-arvo on 8,0.

2.2 Kalsiumoksidi

Kalsiumoksidia (CaO) saadaan kalkkikivestä, kun kalkkikivi kuumennetaan $1000\text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilaan, jolloin kalsiumkarbonaatista vapautuu hiilidioksidia (CO_2) (Antila 2000, 70). Tätä tapahtumaa sanotaan kalsinoinniksi. Kalsiumoksidia sanotaan poltetuksi kal-

kiksi tai sammuttamattomaksi kalkiksi. Väriltään se on valkoista ja rakenteeltaan kiteinen yhdiste (Nordkalk, Poltettu kalkki ja sammutettu kalkki), joka on voimakkaasti emäksinen (pH 12,0). Kalsiumoksidi reagoi herkästi veden kanssa, ja sitä käytetään raaka-aineena sammutetun kalkin valmistuksessa. Kalsiumoksidi on muodoltaan kuutio-
mainen, ja sen moolimassa on 56,1.

2.3 Kalsiumhydroksidi

Kalsiumhydroksidia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sanotaan sammutetuksi kalkiksi tai kalsiumhydraatiksi tai kalsiumhydroksidiksi tai kalkkilipeäksi ja sitä valmistetaan sekoittamalla kalsiumoksidia ja vettä (H_2O) tietyssä suhteessa. Kalsiumhydroksidi on rakenteeltaan puuterimais-
ta ja väriltään vaaleaa tai vaaleanruskeaa. Happamuudeltaan aine on voimakkaasti emäksinen (pH 12,4). Sammutettua kalkkia käytetään maan parannusaineena, laastin ja sementin raaka-aineena. Sammutettu kalkki on veden puhdistusprosesseissa käytetty aine ja sen lisäksi metallurgisessa teollisuudessa (rauta ja teräs) ja rakennusaineteollisuudessa kalkkimaalin ja laastin raaka-aineena (Nordkalk, Poltettu kalkki ja sammutettu kalkki). Paperiteollisuudessa sammutettua kalkkia käytetään vesiprosessin pH-säätöön, koska sillä on hyvät liukenemisominaisuudet. Kalsiumhydroksidia käytetään polttolaitoksissa savukaasujen puhdistusprosesseissa. Kun kalsiumhydroksidi reagoi ilman hiili-
dioksidin (CO_2) kanssa, syntyy liukenematonta kalsiumkarbonaattia ja vettä. Myöhemmin veden haihduttua saadaan kovaa kiteistä ainetta. Atomirakenteeltaan sammutettu kalkki on kuusikulmainen.

3 SAMMUTETUNKALKIN VALMISTUSLINJA

3.1 Valmistusprosessin kuvaus

Valmistusprosessissa käytetään raaka-aineena kalkkia eli kalsiumoksidia (CaO), johon lisätään vettä. Prosessissa syntyy lämpöä ja prosessin sivutuotteena saadaan hiekkaa. Kalkin sammutus suoritetaan jatkuvana prosessina, jossa syntyy kalsiumhydroksidia ja lämpöä. Lämpötila prosessin aikana nousee noin 100 °C:een, jos veden ja kalsiumhydroksidin määrän suhde pysyy oikeana. Rakenteellisesti kalkin sammutin sisältää kaksi pääosaa: sammuttimen ja lajittimen. Sammutin koostuu säiliöstä, johon poltettu kalkki ja vesi johdetaan. Lajitin erottaa hiekan sammutetun kalkin joukosta.

Kemiallisen muutosprosessin kaava



(Johdanto säätötekniikkaan suunnitteluharjoitus: Kaustistamon instrumentointi, 2).

3.2 Lämpötilan vaikutus sammutusaikaan

Lämpötilaan vaikuttaa veden ja poltetun kalkin suhde. Tämä suhde pitäisi pitää mahdollisimman vakiona, jolloin sammutus tapahtuisi täydellisesti ja lämpötila pysyisi vakiona. Tästä syystä sammutuksen aikana, veden lisäyksen aikana, mitataan prosessin lämpötila useasta mittapistestä. Prosessin aikana lämpötila kohoaa, ts. poltetun kalkin energia vapautuu prosessissa. Sammutusaika riippuu prosessissa käytetyn veden lämpötilasta sekä prosessin sen hetkisestä lämpötilasta. Sammutusajan pituus vaikuttaa sammutetun kalkin reaktiivisuuteen (Mohamad 2009, 2). Myös lisättävän veden lämpötila vaikuttaa sammutuksen nopeuteen ja kiteiden rakenteiden tasaisuuteen.

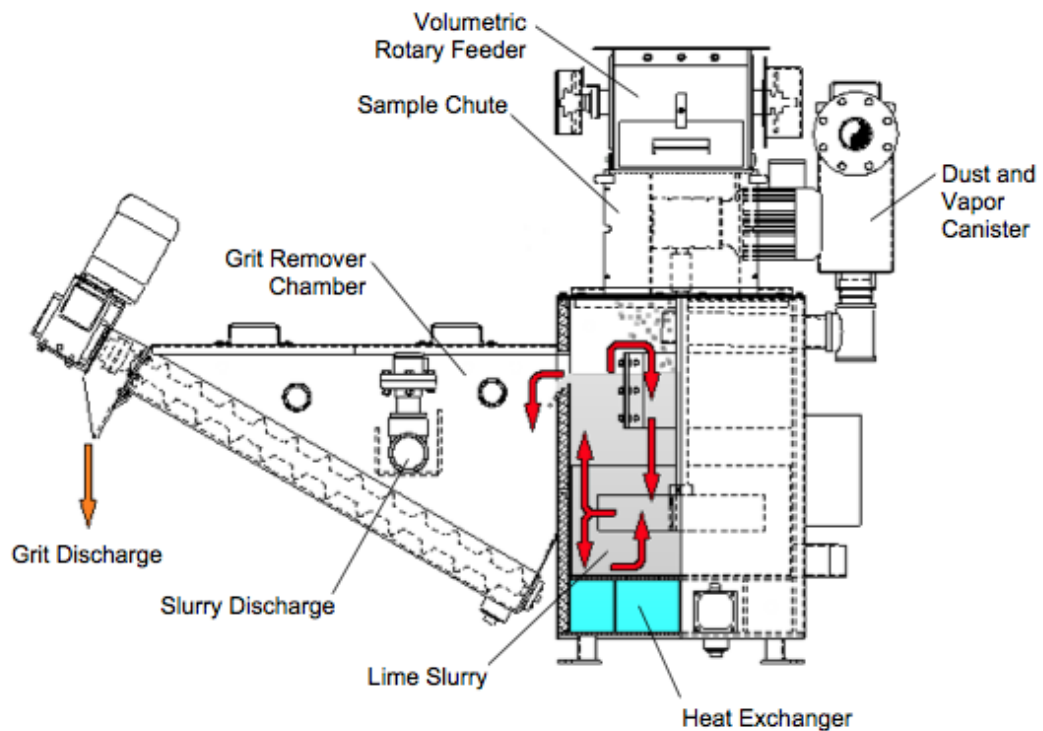
3.3 Prosessituotteet

Prosessissa syntyneet tuotteet sammutettu kalkkijauhe ja siitä erotettu hiekka käsitellään ennen varastointia. Sammutettu kalkki laimennetaan vedellä kalkkimaidoksi varastointia ja kuljetusta varten. Laimennettua kalkkimaitoa voidaan käyttää jatkoprosesseissa, kuten paperin valmistuksessa. Koska laimennettu kalkki on voimakkaasti emäksinen, tulee varastoitua tuotetta käsitellä turvallisuusohjeen mukaisesti (IS-VET, Käyttöturvallisuustiedote, sammutettu kalkki, 1.) Prosessin sivutuotteena saatu hiekka varastoidaan ja käytetään mm. maanparannusaineena.

4 LAITTEISTON KUVAUS

4.1 Rakenteen periaatteellinen kuvaus

Kalkinsammutuslaitteisto koostuu useista kuljettimista, pumpuista, mittalaitteista ja ohjausjärjestelmästä. Kuljettimia ja pumppuja ohjataan taajuusmuuttajilla, jotka on liitetty kenttäväylään. Muita laitteistoon kuuluvia ovat sammutin, lajitin, laimennus- ja varastosäiliöt. Laitteiston kapasiteetin suurentuessa kaikkien prosessin komponenttien koko kasvaa, mutta ohjausjärjestelmää ei tarvitse laajentaa.



KUVIO 1. Tyypillinen kalkinsammutuslaitteisto (Mohamad 2009, 3)

4.2 Annosteluvaaka

Vaaka mittaa massan sekä hetkellisvirtaamana että kokonaismassana. Vaa'an mittaus-tarkkuus on riittävä ja mittaus saadaan hetkellisarvona sekä jatkuvana (kg/s). Mittaus-tieto on siirrettävissä PROFIBUS DP -kenttäväylän tai standardivirtaviestin avulla ohja-

usjärjestelmälle. Koska vaaka sijaitsee liukuhihnan alla, tarvitsee vaa'an olla kohtalaisen pienikokoinen.

Poltetun kalkin määrän määrittämiseksi on prosessin alkupäähän asennettu liukuhihna-vaaka, jolla saadaan jatkuvalla mittauksella kalkin massa PROFIBUS-kenttäväylän kautta järjestelmään. Jos mittaustieto on viallinen, prosessi pysäytetään, sillä prosessin tarvitseman veden määrää ei voida määrittää. Prosessin pysähtymisestä ja vaa'an viasta saadaan tieto ohjelmoitavalle logiikalle ja käyttäjälle ilmoitetaan viasta käyttöliittymän kautta.

4.3 Kuljettimet ja pumput

Kuljettimien avulla poltettu kalkki viedään ensin murskaajaan ja sitten sammuttimeen. Sammuttimesta sammutettu kalkki kuljetetaan lajittimeen ja homogenisoinnin jälkeen laimennussäiliöön. Kuljettimien käytöt on toteutettu sähkömoottoreilla, joita ohjataan taajuusmuuttajien avulla. Jokaisella moottorilla on omat taajuusmuuttajansa, jotka on yhdistetty PROFIBUS-kenttäväylällä ohjausjärjestelmään. Taajuusmuuttajilta saadaan moottorien käyntitieto, momentti, suuntatieto ja saaduilla tiedoilla säädetään pyörimisnopeutta tai momenttia.

Massapumppujen avulla hiekanerotuksen ja laimennuksen jälkeen sammutetun kalkin liete pumpataan homogenisointiin. Homogenisoitu kalkki pumpataan pumpuilla laimennussäiliöstä varastosäiliöihin. Kaikkia pumppuja ohjataan taajuusmuuttajien avulla. Taajuusmuuttajat on liitetty ohjausjärjestelmään kenttäväylän avulla. Taajuusmuuttajilta saadaan moottorien käyntitieto, momentti, suuntatieto ja saaduilla tiedoilla säädetään massavirtausta. Vikatilanteissa sammutusprosessi pysäytetään ja käyttöliittymän kautta informoidaan käyttäjää tilanteesta.

4.4 Jauhin

Jauhin on sähkömoottorilla toimiva kivenmurskaaja, jossa poltettu kalkkikivi jauhetaan mahdollisimman tasalaatuisiksi jauheeksi. Moottorin momentti pyritään pitämään taajuusmuuttajalla vakiona eli kuormitustyyppi on vakiomomentti. Taajuusmuuttajalta

saadaan kenttäväylän kautta moottorin momentti ja käyntitieto ohjausjärjestelmälle. Vikatilanteessa ohjausjärjestelmä pysäyttää syöttökuljettimen ja ilmoittaa käyttöliittymän kautta käyttäjälle toimintahäiriöstä. Koska kalkkijauhe on haitallista hengittää, jauhinta tapahtuu suljetussa astiassa.

4.5 Sammutin

Poltettu kalkki ja vesi yhdistyvät sammuttimessa. Sammuttimessa on massan sekoitin ja veden lisäykseen tarvittavat ohjatut suuttimet. Sekoitinta pyöritetään sähkömoottorilla ja veden virtausta sammuttimeen ohjataan sähköisesti ohjattavalla venttiilillä. Sammutusastiaan on lisätty useita pintalämpötilan mittauspisteitä. Astian yläosassa on venttiili, joka päästää prosessin aikana syntyneen vesihöyryn pois. Astian alaosasta sammutettu kalkki kuljetetaan hiekanerotukseen. Sekoittimen sähkömoottoria ohjataan taajuusmuuttajalla, joka on liitetty kenttäväylällä ohjausjärjestelmään. Sekoittimen pysähtyessä vian takia, keskeytetään syöttösuunnan laitteet ja hälytetään viasta käyttöliittymän kautta operaattorille. Alla viitteellinen taulukko 1, josta näkee kuinka paljon lämpötila nousee sammutuksen aikana riippuen kalsiumoksidin puhtaudesta ja veden suhteesta.

TAULUKKO 1. Lämpötilan nousu Celsius-asteina sammutuksessa (Stanco Project LTD, Lime Handling System, 17)

CaO %	Veden ja kalsiumoksidin suhde						
	2 ¹ / ₂ :1	3:1	3 ¹ / ₂ :1	4:1	4 ¹ / ₂ :1	5:1	6:1
100	76	60	51	42	36	31	23
95	71	57	47	39	33	28	21
93	69	56	46	38	32	27	20
90	67	53	44	36	31	26	19
88	64	51	43	34	29	25	18
85	62	49	41	33	28	24	17
80	57	44	37	30	25	22	15
75	53	41	33	27	22	19	13
70	48	38	31	24	19	16	11
65	43	34	27	21	17	14	9
60	38	29	23	18	14	11	7
55	34	25	20	16	12	9	4
50	29	22	16	12	9	6	2

4.6 Lajitin

Lajittimessa poltetun kalkin sammutuksen sivutuotteena syntynyt hiekka erotetaan pois sammutetusta kalkista täristimen ja seulan avulla. Täristin on toteutettu sähkömoottorilla ja akselin päässä olevalla epäkeskolla. Seula on asennettu vinoon kulmaan astiassa, jolloin hiekka menee seulasta läpi ja sammutettu kalkki jää jäljelle. Täristimen moottorin pysähtyessä pysäytetään laitteiston alkupää ja välitetään vikatieto käyttöliittymän kautta käyttäjälle. Täristimen sähkömoottorin ohjaus on tehty käyttäen taajuusmuuttajaa.

4.7 Homogenisointi

Homogenisaattorin avulla sammutetun kalkin partikkelikokoa muokataan siten, että partikkelit olisivat hyvin samankokoisia eli homogeenisiä. Laitteessa on suuri sähkömoottori, jonka pyörimisnopeus pidetään vakiona taajuusmuuttajan avulla. Sähkömoottori pyörittää metalliteriä, jotka pilkkovat sammutettua kalkkia. Taajuusmuuttaja on kytketty kenttäväylään, jotta moottorin käyntitieto ja pyörimisnopeus tiedetään. Sähkömoottorin vikaantuessa, annetaan käyttöliittymän kautta tieto viasta ja pysäytetään automaattisesti linjan alkupää.

4.8 Laimennussäiliö

Ennen varastointia homogeeninen liete laimennetaan vedellä sopivaan sakeuteen. Veden kumulatiivisesta arvosta lasketaan tarvittava korjaus teoreettiselle kuivaainepitoisuudelle (KAPPI). Laimennussäiliössä on sekoitin ja veden lisäystä varten säätöventtiili. Sakeus säädetään sellaiseksi, että kalkkimaito on pumpattavissa varastosäiliöihin. Laimennusta säädetään jatkuvana prosessina, vettä lisätään saman verran kuin kalkkia, näin saadaan kalkkimaitoa. Haponkestävästä materiaalista tehdyn säiliön koko riippuu syöttävän laitteiston koosta. Vastaavasti pumppuja on yksi tai useampi sovelluksesta riippuen. Säiliössä on pinnankorkeusanturit ala- ja ylärajalle, joiden avulla varmistetaan pumpattavan massan riittävyys.

4.9 Varastointisäiliö

Haponkestävästä teräksestä tehtyjä varastointisäiliöitä on useampi ja niihin voidaan välivarastoida sammutettu kalkki odottamaan käyttöä. Säiliöissä olevilla pinnankorkeuskytkimillä estetään ylitäyttö. Lisäksi pinnankorkeutta mitataan ultraäänellä toimivalla anturilla säiliön yläosasta. Jos pinnankorkeudet molemmissa säiliöissä ovat ylärajalla, sammutusprosessi pysäytetään. Säiliöiden tyhjennys tapahtuu säiliön pohjassa olevan sähköisesti ohjattavan poistoventtiilin kautta. Säiliöt eivät ole yhteydessä toisiinsa, joten massaa ei voida siirtää säiliöstä toisiinsa. Säiliöiden täyttö tapahtuu säiliöiden yläpäästä sähköisesti ohjattavien läppäventtiilien läpi. Venttiilien auki ja kiinni tilatieto on kytketty järjestelmään. Varastosäiliöt eivät kuuluneet toimitettavaan laitokseen.

4.10 Anturit

Prosessissa on useita mitattavia suureita, joita varten ovat mittausanturit. Lämpötilaa mitataan useammasta kohdasta, joissa vesi ja poltetu kalkkikivi kohtaavat. Poltetun kalkin määrän määrittämiseksi tarvitaan vaaka. Prosessiin lisättävän veden lämpötilaa seurataan, vaikka veden lämpötilaa ei säädetä. Sakeuden mittausanturia tarvittiin mittaamaan varastoitavan kalkkimaidon sakeutta ja kuljetukseen sopivan lietteen aikaansaamiseksi. Sakeuden varmistamiseksi otetaan laboratorionäytteitä laimennusastiasta.

4.10.1 Lämpötila-anturi

Lämpötilat mitataan Pt-100 mittausanturilla tai K-tyypin termoparilla prosessiastian ulkopuolelta pintamittauksena. Lämpötilamittauksen välittäminen järjestelmälle tehtiin käyttämällä analogisia sisääntuloja, jotka soveltuivat lämpötilan mittausantureille. Mittauksen tarkkuus ja muutosnopeus asetti haasteita, sillä pintamittaus toimi kohtalaisen hitaasti muutoksissa. Sammutusprosessissa lämpötilanmittauksessa käytettiin K-tyypin termoparia, joka sijoitettiin eristetyn prosessiastian päälle. Niissä prosessin kohdissa, joissa lämpötilan muutokset olivat hitaampia, käytettiin Pt-100 mittausanturia.

4.10.2 Pinnankorkeusanturi

Pinnankorkeuden mittaamiseen käytettiin sekä kytkintoimista että ultraääneen perustuvia laitteita. Kytkinlaitteita käytettiin lähinnä ala- ja ylärajahälytyksiin, jotka liitettiin ohjausjärjestelmään digitaalisten liityntöjen kautta. Ultraäänianturien liittäminen järjestelmään tehtiin sarjaväylän RS-485 avulla. Toinen vaihtoehtoinen tapa olisi ollut käyttää standardivirtaviestiä. Mittaustarkkuus ultraäänimittarilla valmistajan mukaan on $\pm 0,3$ % mittausalueesta 0,5 – 20 m. Mittauksessa käytettiin taajuusaluetta 8,5 – 9,8 GHz.

4.10.3 Virtauksen mittausanturi

Veden määrän laskemiseksi tarvittiin virtausmittaria, joka perustui magneettiseen virtauksen mittaamiseen. Mittari kykeni antamaan sekä hetkellisarvon (l / s) että kumulatiivisen arvon (m³). Hetkellisarvon perusteella pyrittiin pitämään sammutuksen lämpötila halutuissa rajoissa. Kumulatiivisen arvon avulla hallittiin lopullisen tuotteen kuiva-ainepitoisuus (kg / s). Magneettisen virtausmittauksen toiminta perustuu induktioperiaatteeseen. Jotta mittaus toimisi luotettavasti, pitää nesteellä olla johtokykyä. Magneettisen virtausmittarin, Krohne, mittaustarkkuus oli todellisuudessa $\pm 0.5 - 1$ % lukemasta. Mittaustiedot välitettiin PROFIBUS-kenttäväyläliitännän avulla prosessinohjausjärjestelmälle. Anturissa on myös lämpötilanmittaus, jonka tarkkuus oli $\pm 0,25$ °C.

4.10.4 Kosteuden mittausanturi

Poltetun kalkin kosteuden mittaamista varten tarvittiin anturi, joka liitettiin analogialiityntöjen kautta ohjausjärjestelmään. Mittausanturi sijoitettiin liukuhinnan päällä olevaan teräsastiaan. Mittauksen avulla pyrittiin ennakoimaan veden määrää. Tämä mittaustapa ei ollut luotettava, jolloin korrelaatiota jouduttiin hakemaan laboratoriomittauksilla. Toinen kosteusmittari sijoitettiin sammutusprosessin jälkeen, jotta sammutetun kalkin, jauheen, kosteusprosentti tiedettäisiin ennen laimennusta. Tämä kosteusmittaus perustui myös pinnalta mittaamiseen eikä siten ollut luotettava kuiva-aineen kosteuden mittaamiseen.

4.11 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajat valittiin siten, että niissä kaikissa on PROFIBUS-kenttäväyläliityntä mahdollisuus ohjausjärjestelmään. Jokaista sähkömoottoria ohjattiin taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan mitoituksessa on huomioitu moottorin ottama maksimivirta ja 10 %:n ylikuormitus. Sovelluksia tehtiin sekä 1-vaiheiseen sekä 3-vaiheiseen verkkoon sovittain. Kuljettimen taajuusmuuttajat ovat teholtaan pienimmät ja jauhimen sekä sekoittimen taajuusmuuttajat ovat hieman suuremmat. Myös toimintatavat ovat erilaiset, tämä otettiin huomioon käytönsuunnittelussa käyttämällä erilaista taajuusmuuttajan valmista makro-ohjelmistoa.

Pumpun ja liukuhinnan taajuusmuuttajien mitoituksessa käytettiin lähtötietoina olemassa olevan käyttömoottorin arvokilvessä ilmoitettua tehoarvoa 0,75 kW. Pumpuilla ja liukuhinnan moottoreiden käyttötavasta johtuen käytettiin eri makroja. Koska pumpun käyttö on kuormitustyypiltään neliöllinen momentti ja hinnan käyttö taas vakiomomentti.

Pumpun moottorin taajuusmuuttajan määrittäminen

$$P_M = \frac{U_V * I_N * \sqrt{3}}{1000} \quad (2)$$

U_V = vaihejännite (V)

I_N = moottorin nimellisvirta (A)

P_M = moottorin verkosta ottama teho (kW)

$$P_{PUMPPU} = \frac{400V * 1,23A * \sqrt{3}}{1000} = 0,85 \text{ kW}$$

Taajuusmuuttaja, joka tähän käyttöön sopii, täytyy pystyä antamaan jatkuvana 0,85 kW teho sähkömoottorille (E2-W21R 80 G4).

Jauhimen ja homogenisoinnin taajuusmuuttajat mitoitettiin kuten edellä sähköverkosta ottaman tehon mukaan. Käytön kuormitustyypiksi valittiin vakionopeus, joka voitiin hoitaa logiikan avulla.

4.12 Ohjausjärjestelmä

Ohjausjärjestelmäksi oli valittu Omronin hajautettu PLC ja siihen tarvittavat I/O-liityntäkortit sekä PROFIBUS-kenttäväyläliityntäkortti. Kenttäväyläksi valittiin PROFIBUS DP, koska useimmilla taajuusmuuttajan valmistajalla oli väylään sopiva laitteisto. Väylän kautta saatiin tiedot taajuusmuuttajien asetuksia ja sammutuslaitteiston diagnostiikkatiedot sähkömoottoreista ja osasta mittauksista.



KUVA 1. CJ2M väyläkortteinen (Drivers & Controls Magazine)

Keskusyksikössä (kuva 1) on sisäänrakennettuna ulkoiset liitynnät USB ja EtherNet/IP ja sarjaväylä RS-232C kommunikointia varten. Käytössä olevassa mallissa oli liityntöinä USB ja RS-232C. Keskusyksikkö ei sisältänyt binäärisiä eikä analogisia tuloja ja lähtöjä. Tulo- ja lähtöyksiköt toteutettiin erillisillä liitettävillä CJ1-sarjan moduleilla. Laitteisto on laajennettavissa 2560 I/O määrään asti. Ohjelmaa varten muistitilaa on 5K ja tiedon tallentamiseen 64K. Ohjausjärjestelmä asennettiin C-kiskolla koteloon ja ulkopuolelle asennettiin käyttöliittymäpaneeli. Ulkoisia mittauksia ja ohjauksia varten keskusyksikköön lisättiin ulkoinen PROFIBUS I/O-liityntäkortti. Taulukossa 2 on tarkemmin kuvattuna ohjausjärjestelmään valitut komponentit.

TAULUKKO 2. Ohjausjärjestelmän komponentit

Kuvaus	Tuotekoodi	Ominaisuudet
Virtalähde	CJ1W-PD025	19.2 - 28.8 VDC, 5.0 A, 25 W
Keskusyksikkö	CJ2M-CPU11	5 K / 64 K, 40 ns, 40 I/O (max.)
Analogiatuloyksikkö	CJ1W-AD041-V1 NL	4 tuloa, -10 – 10 V, 4 – 20 mA
Analogialähtöyksikkö	CJ1W-DA041 NL	4 lähtöä, -10 – 10 V, 4 – 20 mA
Digitaalinen tuloyksikkö	CJ1W-ID211 CHN	16 tuloa, NPN/PNP, 24 VDC
Digitaalinen lähtöyksikkö	CJ1W-OD212 CHN	16 lähtöä, PNP, 24 VDC, 0,5 A
PROFIBUS-DP väyläyks.	CJ1W-PRM21	1xRS-485(master)
PROFIBUS-DP yksikkö	GRT1-PRT NL	liityntäyksikkö 64 I/O
Etä I/O-yksikkö	GRT1-ID8-1	8 binääristä tuloa, 24 V, 4 mA
Etä I/O-yksikkö	GRT1-OD8G-1	8 binääristä lähtöä, 24 V, 500 mA
Etä I/O-yksikkö	GRT1-AD2	2 analogia virta- / jännitetuloa
Etä I/O-yksikkö	GRT1-DA2C	2 analogia lähtö virtaviesti
Näyttöyksikkö	NS5-TQ10B-V2	5,7", 320x240, 256 väriä

Logiikan ohjelmointiin käytettiin CX-ONE -automaatiosuunnitteluohjelmistoa. Ohjelmisto on Omronin lisensoima ohjelmoitavan logiikanohjelmisto. Ohjelmisto koostuu useammasta ohjelmasta. CX-Designer -ohjelmistolla tarvittavat yksiköt liitettiin toisiinsa toimivaksi kokonaisuudeksi. CX-Programmer -ohjelmaa käytettiin prosessin ohjelmointiin ja CX-Simulator -ohjelmalla simuloitiin prosessinohjauksia. Ohjelmoitavan logiikan ohjelmistossa osassa ohjelmointia käytettiin toimilohkoja, jotta ohjelman rakenne pysyisi kohtuullisen pienenä ja selkeänä.

Käyttöliittymän ohjelmointiin käytettiin CX-Designer -ohjelmaa. Käyttöliittymän graafinen kuva ja laitteistopositiot siirrettiin mikrotietokoneen avulla ohjelmoitavaan näyttöpäätteeseen. Käyttöliittymä toimi kosketusnäytöltä osoittamalla kuvassa olevaa komponenttia, jolloin avautui ikkuna komponentin tiedoista. Käyttöliittymä suunniteltiin ja tuotettiin suurimmalta osalta valmiina alihankinnasta.

5 TAAJUUSMUUTTAJIEN VALINTA

5.1 Moottorit

Valintalistaan kerättiin standardi oikosulkumoottoreita kahdelta laitevalmistajalta ABB:ltä ja VEM:ltä. Komponenttien valinnassa huomioitiin EU:n ekologisen suunnittelun direktiivi (KOMMISSION ASETUS (EY) N:o 640/2009). Tämä tarkoitti sitä, että moottorien ohjauksien tuli olla taajuusmuuttajakäyttöisiä ja siten taloudellisempia käyttää. Käytettävien sähkömoottorien tehot vaihtelivat 0,75 – 1,5 kW väliltä.

5.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajien valmistajat rajattiin kahteen valmistajaan Vacon ja ABB, mikä helpotti sovelluksen tekoa. Ensisijaiseksi valittiin Vacon, koska valmistajan kaikkiin malleihin on saatavilla PROFIBUS DP ja koska laitteiston piti toimia myös 1-vaiheisessa sähköverkossa. Taajuusmuuttajissa on käytettävissä erilaisia makroja, jotka helpottivat niiden käyttöönottoa erilaisissa kuormitustyyppisissä sovelluksissa.

Taajuusmuuttajien valinnassa huomioitiin taajuusmuuttajan ylikuormituskesto ja kenttäväyläliitynnät sekä soveltuvuus ko. moottorin kanssa. Valinnassa otettiin huomioon oikosulkumoottorin kuormitustyyppi ja virran suuruus (Danfoss 1992, 40 - 41, 83). Pumppujen ja hihnakäyttöjen erilainen kuormitus huomioitiin valitsemalla käyttöön sopiva makro taajuusmuuttajasta. Makron etuna on se, että tällöin tarvitsee syöttää taajuusmuuttajalle oikosulkumoottorin maksimi arvot; virta, jännite, pyörimisnopeus.

Pumpun moottorille 0,75 kW (1430 rpm) valittiin taajuusmuuttajaksi malli (VACON NXL 0003 2C1N1), sillä taajuusmuuttaja täyttää lasketussa esimerkissä lasketun moottorin tehontarpeen. Toinen peruste valinnalle oli taajuusmuuttajan käyttö sekä 1-vaiheisena että 3-vaiheisena syöttöverkkoon kytkettynä. Suurempien moottorien taajuusmuuttajat valittiin laskemalla ensin moottorin sähköverkosta tarvitseman tehontarpeen mukaan.

5.3 Mitoitussovellus

Mitoitussovellus tehtiin taulukkolaskentaohjelmaan. Tietokantasovellus olisi ollut turha ja toisaalta taulukkolaskentaohjelmassa käytettiin makrosovelluksia. Sovelluksen laskennassa olisi voinut käyttää lähtötietoina laitteiston hitausmomenteja ja määrittää käyttöön soveltuvat sähkömoottorit. Koska laitteistossa oli käyttöön tarvittavat moottorit, jäi tehtäväksi laskea määrätyn kokoiselle moottorille soveltuva taajuusmuuttaja. Laskennassa käytettiin joko moottorin ottamaa virtaa tai suurinta verkosta ottamaa sähkötehoa. Taajuusmuuttajan tarvitsema etusulakkeen koko saadaan laskettua taajuusmuuttajan antaman virran ja taajuusmuuttajan hyötysuhteen avulla. Hinnoittelua varten tarvitsee syöttää laitekohtainen kappalehintaa. Hinnoittelussa ei ole mukana kaapeloinnista aiheutuvia muuttuvia kustannuksia.

5.4 Varaosat ja korvaavat komponentit

Pyrittiin valitsemaan sellaiset komponentit, jotka olisivat samanlaisia ja yhteensopivia ohjausjärjestelmän kanssa. Varaosien listan tekoa helpotettiin valitsemalla päätoimittajat ja heidän edustamat laitteet ja koneet. Kaikkia korvaavia komponentteja ei valittu testaamalla, vaan valinta perustui komponenteista saatuihin valmistajan antamiin tietoihin. Tärkeimmille komponenteille; mittauslaitteille, oikosulkumoottoreille ja taajuusmuuttajille etsittiin korvaavat komponentit. Varaosia määritettiin moottoreille ja ohjausjärjestelmälle komponenteille.

6 MITOITETUN LAITTEISTON TOIMINTA

6.1 Toimintaperiaate

Kiinteässä muodossa oleva poltettu kalkki kuljetettiin liukuhihnan avulla murskauslaitteeseen. Murskaajalta hienonnettu kalsiumoksidi kuljetettiin sammuttimeen, jossa poltettu kalkkikivi ja vesi yhdistyivät ja syntyi sammutettua kalkkia. Sammutetun kalkin sisältämä hiekka ja sammumaton kalkki poistettiin suodattamalla. Saatu jauhe laimennettiin vedellä ja pumpattiin homogenisoitavaksi, jossa lietteen rakenne muuttui tasalaatuiseksi kalkkimaidoksi ennen pumppaamista varastoihin.

6.2 Testaus

Laitteiston testaus suoritettiin pienissä erissä etsien mahdollisia virheitä. Simulointia käytettiin alkuun ohjausjärjestelmän testaamiseen. Laajensimme vähitellen testattavaa kokonaisuutta ja viimein koko tuotantolinjaa ohjattiin ohjausjärjestelmän käyttöliittymän kautta. Käyttöliittymän lisäksi ohjausjärjestelmään liitettiin mikrotietokone, jolla kerättiin historiatietoja järjestelmästä ja tehtiin tarvittavia muutoksia ohjausjärjestelmään. Testauksia tehtiin työnantajan ohjeiden mukaisesti.

6.3 Käyttöönotto

Laitteistotestauksen jälkeen käytettiin laitteistoa pitempiä jaksoja. Olemassa olevalle laitteistolle tehtiin erilaisia käyttötestejä. Laitteiston kunnonvalvontaa ja huoltoväliä alettiin määrittää keräämällä ohjausjärjestelmän kautta historiatietoa. Tietojen perusteella mietittiin sitä, kuinka laitteiston toimintaa voitaisiin tehostaa. Hyötysuhdetta pidettiin tärkeänä eli kuinka saadaan poltetusta kalkista sammutettua kalkkia mahdollisimman paljon. Toisaalta hiekan määrä kalsiumoksidissa vaikuttaa oleellisesti hyötysuhteeseen. Kalsiumoksidin ja veden suhde vaikuttaa siihen, miten hyvin kalkin sammutus toimii. Poltetun kalkin syöttönopeutta muutettiin mahdollisimman suureksi, jotta nähtiin sammuttimen kapasiteetti tuottaa sammutettua kalkkia.

7 POHDINTA

Työssä oli monia elementtejä, jotka olivat periaatteessa ennestään tuttuja. Laitteiston toiminnan perehtymiseen kului jonkin verran enemmän aikaa kuin olin ajattelut. Taajuusmuuttajien mitoitus oli helppoa, koska moottorien tehot oli annettu alkutietona. Eniten haastetta oli ymmärtää tuotantoprosessi, kuinka kalkin sammutus tehdään hallitusti. Alussa yritettiin saada laitteistoa toimimaan vähimmällä määrällä lämpötilamittauksia ja ilman kosteusmittauksia, koska jokainen I/O-liitynnän lisäys nosti laitteiston perushintaa. Tarkoituksena oli käyttää samaa ohjausjärjestelmää laitteiston koosta riippumatta. Laskentatyökalu vaatii jatkossa hintojen päivittämisen. Opinnäytetyönantaja oli rajannut tehtävän sopivan kokoiseksi ja onneksi annosteluvaakaa ei tarvinnut lähteä kehittämään. Taajuusmuuttajia käyttämällä saavutettiin ekologisen energiatehokas kalkinsammutuslaitteisto. Idea käyttää samoja ohjelmistorakenteita vähentää ohjelmiston räätälöintiä ja helpottaa ylläpitoa. Jatkokehityksenä voisi olla taajuusmuuttajien minimointi, sillä nykyisessä toteutuksessa niitä on 10 kappaletta. Jatkossa pitäisi miettiä, miten poltetun kalkin kosteus saadaan hallintaan ja mitattua luotettavasti ennen sammutusta.

LÄHTEET

ABB. Pienjännitemoottori.

Luettu 4.3.2013.

<http://www.abb.com>

ABB. Taajuusmuuttajat.

Luettu 4.3.2013.

<http://www.abb.com>

ABB. Tekninen opas nro 7.

Luettu 4.4.2011.

[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/\\$file/Tekninen_opasnro7.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/$file/Tekninen_opasnro7.pdf)

Anttila, A-M. Karppinen, M. Leskelä, M. Mölsä, H. & Pohjakallio, M. 2000. Tekniikan kemia. 2. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.

Burkert. Tuotekatalogi.

Luettu 23.10.2012.

http://www.burkert.fi/FI_Burkert_Tuoteryhmat011205.pdf

Danfoss A/S. 1992. Tietämisen arvoista asiaa taajuusmuuttajista. 1. painos. Augustenborg: Als Offset.

Drivers & Controls Magazine

Luettu 14.4.2013.

<http://www.drivers.co.uk/features.asp?id=15>

Haavisto, A. Nikkola, J. & Viljanmaa, L. 1996. Kemia 3. 1. painos. Rauma: Kirjayhtymä Oy.

Holmberg, J. 2001. Slaking of Lime.

Luettu 16.5.2012.

<http://www.chemeng.lth.se/exjobb/009.pdf>

IS-VET. Käyttöturvallisuustiedote. Kalsiumkarbonaatti.

Luettu 26.1.2013

<http://www.isvet.fi/tiedotteet/kalsiumkarbonaatti.pdf>

IS-VET. Käyttöturvallisuustiedote. Kalsiumoksidi.

Luettu 26.1.2013

<http://www.isvet.fi/tiedotteet/kalsiumoksidi.pdf>

IS-VET. Käyttöturvallisuustiedote. Sammutettu kalkki.

Luettu 26.1.2013

http://www.isvet.fi/tiedotteet/sammutettu_kalkki%281%29.pdf

Kanerva, K. Karkela, L. & Valste, J. 2000. Katalyytti epäorgaaninen kemia. 3. painos. Porvoo: WSOY.

KOMISSION ASETUS (EY) N:o 640/2009.

annettu 22 päivänä heinäkuuta 2009.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2005/32/EY täytäntöönpanemisesta sähkömoottoreiden ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta

Luettu 18.3.2013

[http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2009R0640:20090812:FI:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2009R0640:20090812:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2009R0640:20090812:FI:PDF)

Kukkonen, A. BAFF perus- ja sovellustietoja instrumentoinnista Virtausmittausmenetelmiä. Akutek Oy.

Luettu 16.10.2012

http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/4_1_2_04.pdf

Kuusipuro, K. Nordkalk Oyj Abp. Kalkki ja maastabilointi.

Tulostettu 16.5.2012.

http://www.nordkalk.fi/stabi_esitysmateriaalighcx.pdf

Lahti precision. hihnavaa'at.

Luettu 16.10.2012

<http://www.lahtiprecision.com>

Laitinen, R. & Toivonen, J. 1999. Yleinen ja epäorgaaninen kemia. 13 painos. Jyväskylä: Otatieto Oy.

Metso Minerals. Lime Slaking Systems.

Luettu 16.5.2012.

http://www.metso.com/miningandconstruction/mm_grin.nsf/WebWID/WTB-041124-2256F-799CB?OpenDocument&mid=2409CE9C24BCEE20C22575BB00301B6F

Mohamad, H. 2009. An Overview Of Lime Slaking And Factors That Affect The Process. Luettu 19.4.2012.

<http://www.agtgroup.cl/mining/doc/OverviewLimeSlakingProcess.pdf>

Mortimer, C. 1997. Kemia. Jyväskylä: Opetushallitus.

Niiranen, J. 1999. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. 2. painos. Helsinki: Otatieto.

Nordkalk Oy. Poltettu kalkki ja sammutettu kalkki.

Tulostettu 16.5.2012.

http://www.nordkalk.fi/poltettu_kalkki

OMRON. Automation systems – Table of contents

Luettu 22.2.2011.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj2m/default.html

OMRON. CJ2 CPU Unit Hardware User's Manual.

Tulostettu 22.2.2011.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj2m/default.html

OMRON. CJ2 CPU Unit Software User's Manual.

Tulostettu 10.10.2012.

http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/modular_plc_series/cj2m/default.html

OMRON. CX-ONE Manuaalit.

Tulostettu 10.10.12

http://industrial.omron.us/en/products/catalogue/automation_systems/software/configuration/cx-one/default.html#productinfo13

Oulun yliopisto. Johdanto säätötekniikkaan suunnitteluharjoitus: Kaustistamon instrumentointi.

Tulostettu 16.5.2012.

<http://ntsat oulu.fi/opetus/470433A/instr.harj/kaustistamo.pdf>

Seg. Hihnavaa'at.

Luettu 16.10.2012

<http://www.s-e-g.com>

SIEMENS. Siemens Motors Catalog D 81.1 2008.

Luettu 7.10.2012

<http://www.siemens.fi/siemens%20std%20motors.pdf>

Stanco Projects LTD. Factors Affecting Lime Slaking.

Luettu 16.5.2012.

http://www.indachem.com/Documents/Stanco-removed/Literature/Factors_affect._lime_slakingR1%5B1%5D.pdf

Stanco Project LTD. Lime Handling Systems.

Luettu 10.1.2013

<http://www.indachem.com/Documents/Stanco-removed/Literature/Lime%20Manual.pdf>

VACON. Käyttäjänkäsikirja.

Luettu

<http://www.vacon.com>

VACON. NXL helppokäyttöinen ja tehokas AC-käyttö.

Luettu 7.10.2012

<http://www.vacon.com>

VACON. NXL tekniset tiedot.

Luettu 7.10.2012

http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3069/cf_2/Vacon-NXL-Brochure-BC00089D-EN.PDF?634852861033900000

WEM. Wem integroitu M21R...T.

Luettu 7.10.2012

<http://www.vem.fi>

LIITTEET

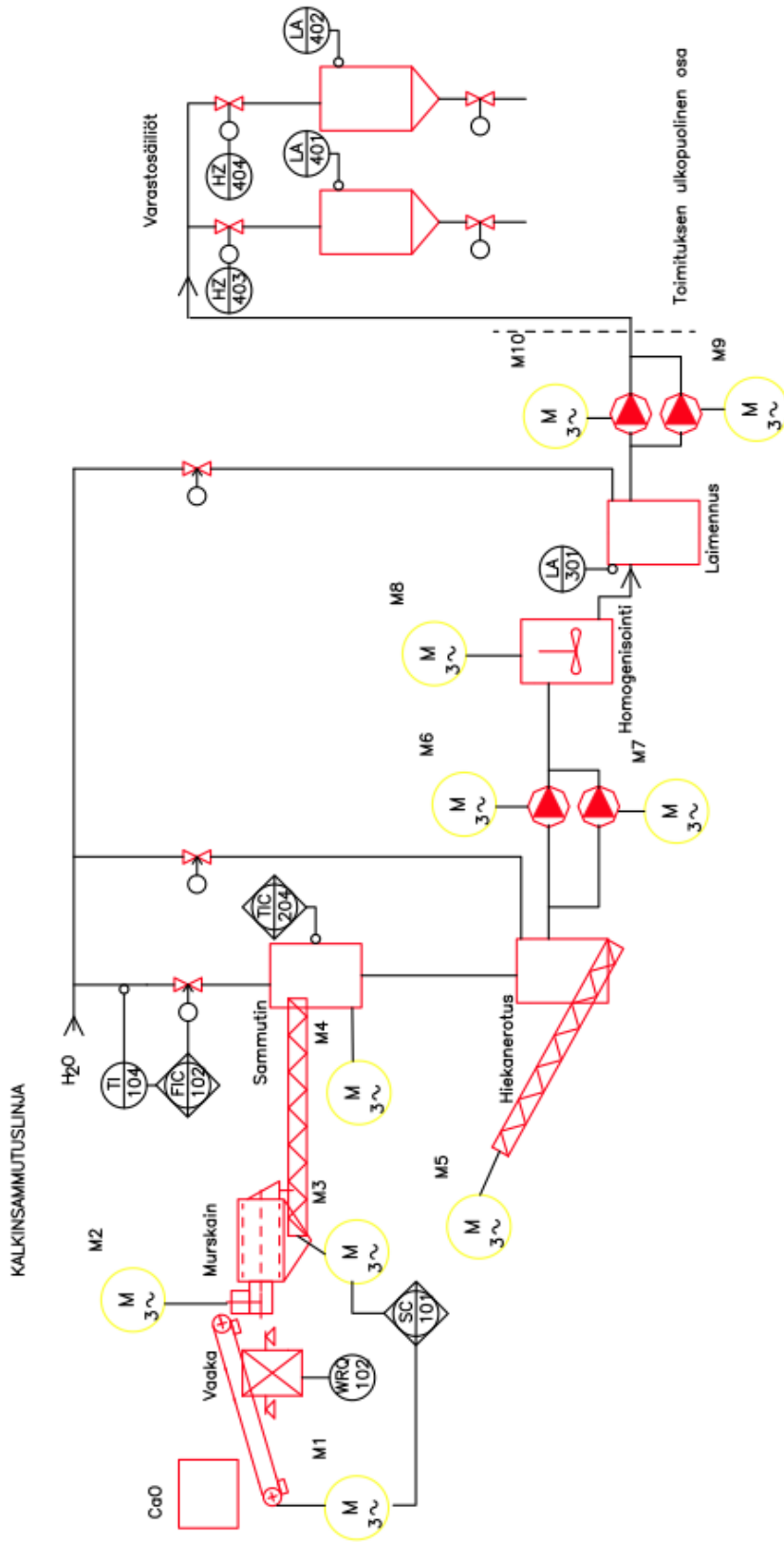
Liite 1. Kalkinsammutuslinja

Liite 2. Ohjausjärjestelmä

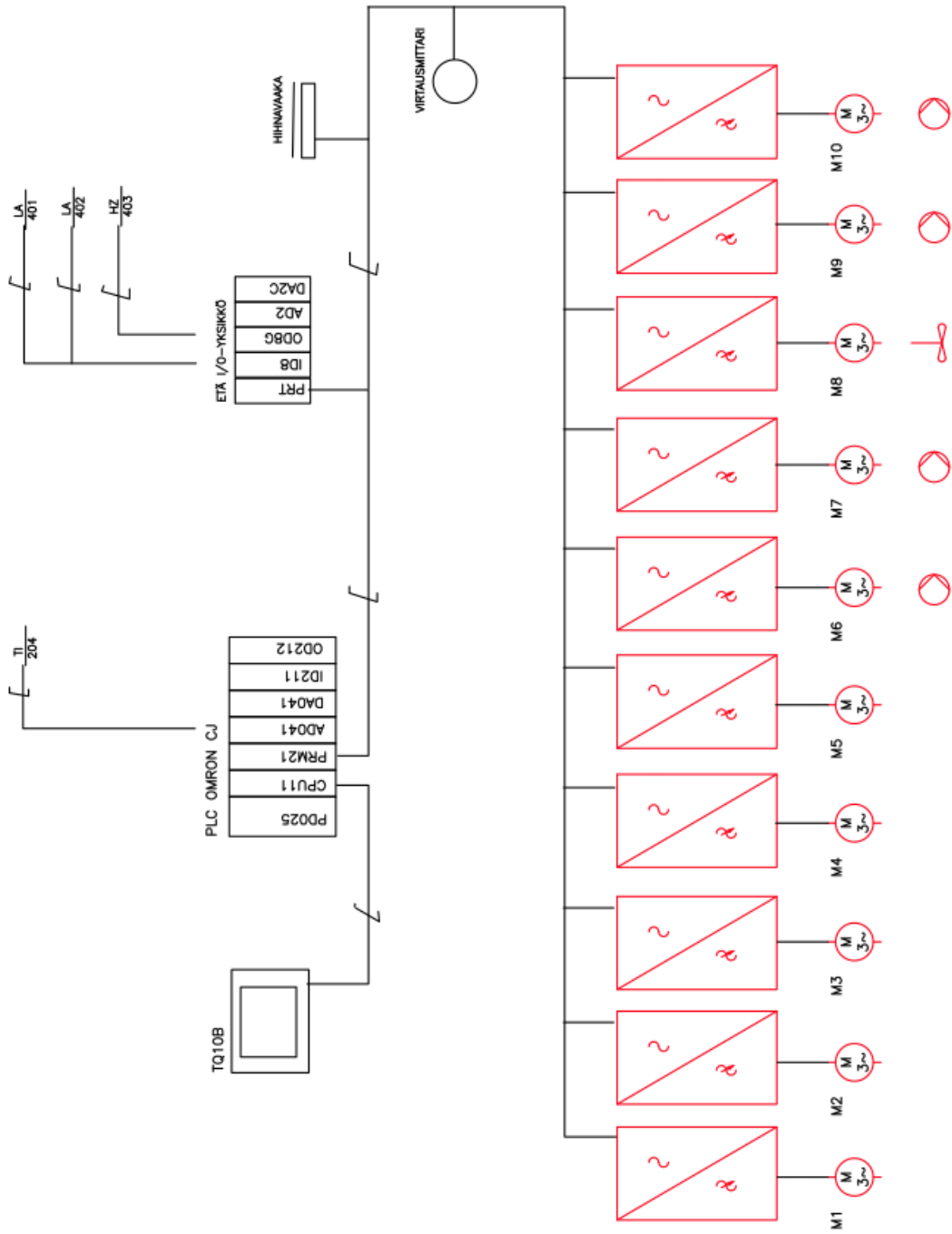
Liite 3. Sähkömoottorihjaus

Liite 4. Taulukkolaskentaohjelman laitevalinta

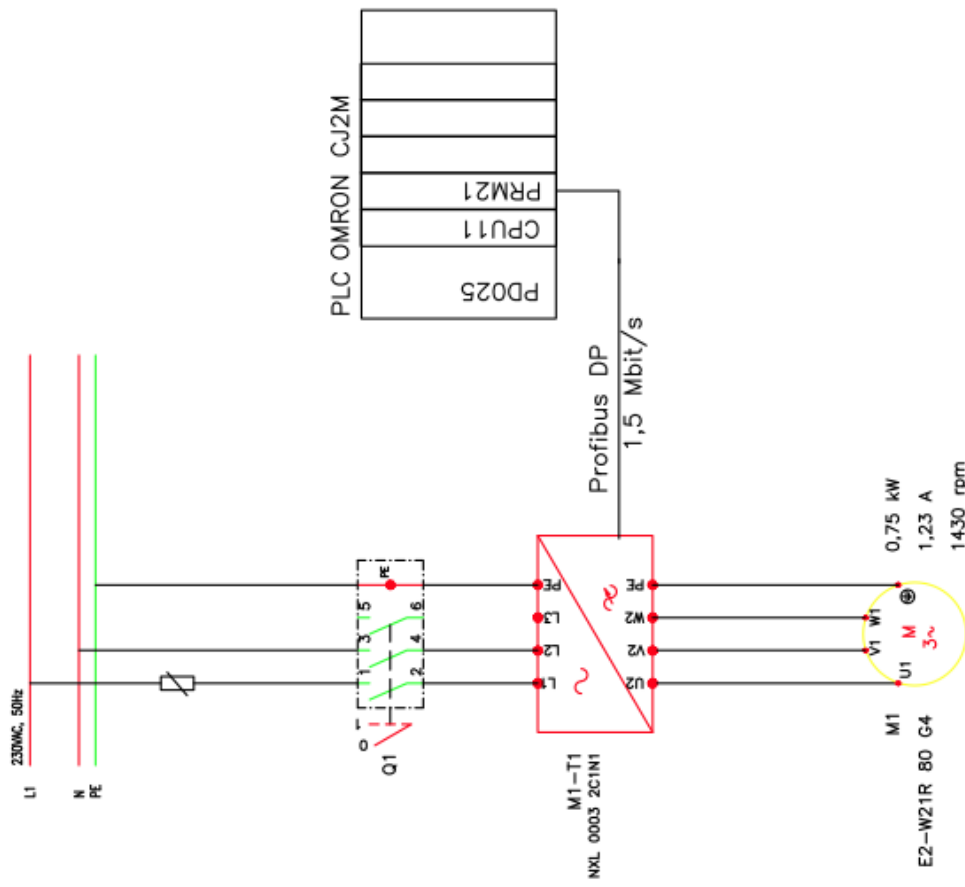
Liite 1. Kalkinsammutuslinja



Liite 2. Ohjaujärjestelmä



Liite 3. Sähkömoottorihjaus



Liite 4. Taulukkolaskentaohjelman laitevalinta

KALKINSAMMUTUSLINJASTO							
MITOITUS	0 - 5 t / h			Tehotarve P / kW	Kuormitustyyppi	Ylikuormitus %	Moottori P / kW
Hihnasyötin	Vaihdemoottori		M1	0,75	Vakio	10	0,75
ARTEX	Murskain		M2	1,5	Vakio	10	1,5
	Homogenisointi		M8	1,5	Vakio	10	1,5
Ruuvisyötöt							
	Ruuvi_1	Murskaimelta ruuville 2	M3	0,75	Vakio	10	0,75
	Ruuvi_2	Sammutin	M4	0,75	Vakio	10	0,75
	Ruuvi_3	Hiekanpoisto	M5	0,75	Vakio	10	0,75
Pumput							
	Pumppu_1	Laimennussäiliöstä homogenisointiin	M6	0,75	Neliöllinen	10	0,75
	Pumppu_2	Laimennussäiliöstä homogenisointiin	M7	0,75	Neliöllinen	10	0,75
	Pumppu_3	Homogenisoinnista varastosäiliöihin	M9	0,75	Neliöllinen	10	0,75
	Pumppu_4	Homogenisoinnista varastosäiliöihin	M10	0,75	Neliöllinen	10	0,75
	(Pumppu_5)	Jakelu ei kuulu toimitukseen	(M11)	0,75	Neliöllinen	10	0,75
TOIMITUKSEEN KUULUVAT							
Mittaukset							
	Virtaus	Magneettinen virtausmittaus	FT-202, FT-206, FT-207, FT-107				
	Lämpötila		TI-104, TIC-204, TI-103				
	Pinnankorkeus		LT-403, LT-404				
	Pintakytkin		LA-201, LA-301, LA-401, LA-402				
	Hihnavaaka		WRQ-102				
Venttiilit							
	Säätöventtiili		FIC-202, FIC-206, FIC-207, FIC-107				
	Sulkuventtiili		HZ-409, HZ-410, HZ-411, HZ-412				

	Vacon taajuusmuuttajat					
			Yksivaiheverkkoon	3-vaiheverkkoon		
	M1-M10	0,75-1,5kW	NXL 0003 2C1N1	NXL 0003 5C2H1		
	M2, M8	1,5kW	NXL 0006 2C1N1	NXL 0005 5C2H1		
		Lisäkortti				
		OPT-C5				