

PUNNITUS- JA
ANNOSTELUJÄRJESTELMÄN OHJAUKSEN
SÄHKÖISTÄMINEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
29.5.2009
Kimmo Kosonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

KIMMO KOSONEN:

Punnitus- ja annostelujärjestelmän
sähköistäminen

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 46 sivua.

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toimiva ja käytännöllinen ohjauksen sähköistys annostelu- ja punnitusjärjestelmään, joka otetaan käyttöön kevytbetoni tehtaassa. Opinnäytetyössä on perehdytty ohjausjärjestelmiin ja logiikoihin sekä suunnittelussa käytettyyn hajautusjärjestelmään.

Ohjausjärjestelmä pitää sisällään koko järjestelmän ohjaukset ja logiikka on yksi osa ohjausjärjestelmää. Ohjausjärjestelmän tehtävänä on toimia käyttäjän ja koneen välisenä rajapintana. Ohjausjärjestelmää käytetään käyttöliittymän avulla, joka koostuu napeista, joilla annetaan käskyt koneelle, ja näytöistä, joilla tarkkaillaan koneen tilaa.

Hajautettu ohjausjärjestelmä pitää sisällään älykkäitä ohjausjärjestelmiä, jotka kykenevät toimimaan itsenäisesti ilman käyttäjän valvontaa. Ohjausjärjestelmien äly ja liitosrajapinnat ovat erillään toisistaan eli sijoitettu eri paikkoihin. Hajautetussa ohjausjärjestelmässä jokainen osa osaa hoitaa oman tehtävänsä, vaikka jokin järjestelmän osa vikaantuisi tai olisi jostain syystä pois käytöstä, järjestelmän osat eivät siis vaikuta toisiinsa. Hajautetun ohjausjärjestelmän eri osat yhdistetään kenttäväylällä. Kenttäväylän avulla järjestelmien osat vaihtavat tietoja keskenään ja kommunikoiivat, kun väylä yhdistää eri osat toisiinsa saadaan kokonainen ohjausjärjestelmä.

Ohjauksen suunnittelu on tärkeä osa koko tehtaan suunnittelua ja toimintaa. Ohjauksen sähköisessä suunnittelussa piirretään ohjaukselle sähkökuvat, sähköisten kuvien perusteella ohjausjärjestelmä ja logiikka kootaan. Tulevaisuudessa suurin kehitys tapahtuu todennäköisesti yksittäisissä komponenteissa ja väylissä. Väylät toimivat varmasti tulevaisuudessa langattomasti, jolloin kustannuksissa säästetään.

Opinnäytetyön käytännön osuus on suoritettu Lahti Precision Oy:ssä. Opinnäytetyön ohjasivat Lahti Precisionin sähköosaston suunnittelupäällikkö sekä sähkösuunnittelija. Käytännön osuus liittyy Ukrainaan tänä vuonna valmistuvan tehtaan suunnitteluun. Ohjauksen sähköinen suunnittelu on haastava, koska aikatauluissa täytyy pysyä ja suuriin virheisiin ei ole varaa. Alan kokemuksella on suuri merkitys töiden etenemisessä.

Avainsanat: ohjausjärjestelmät, logiikka, suunnittelu, hajautusjärjestelmä

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

KOSONEN, KIMMO:

Electrification of a control and weighing
system

Bachelor's Thesis in Telecommunications Technology, 46 pages.

Spring 2009

ABSTRACT

The aim of this thesis was to design a functioning and practical electrification to control dosing and weighing system which will be used in a Siporex factory. The focus of this thesis is on control systems, logics and distributed systems.

A control system includes all controls of the system and logic is one part of the control system. The task of the system is to operate between the user and the machine. The control system is used through the user interface, which is also used to monitor the machine's condition.

A distributed control system consists of intelligent control systems, which are able to work independently without user's supervision. The control system's intelligence and interfaces are separated from each other. In a distributed control system every part handles its own tasks. Different parts of the distributed control system are connected with a field bus. Parts of the system communicate and change information with the help of the field bus. When buses connect different parts to each other that creates the whole control system.

Control planning is a very important part of a factory's design. Electrical planning of control includes electrical drawings. In the future the biggest development will probably happen in single components and field buses. In the future the field buses will most probably be wireless and that will cut the expenses.

The practical part of this thesis was completed in Lahti Precision Oy. Lahti Precision's planning manager and electrical designer from the electrical department mentored this thesis. The practical part was part of planning a factory, which will be completed in Ukraine within a year. The electrical planning of the control was challenging, because you must stick to the schedules and there was no room for big mistakes. Experience of the industry plays a major role in the work.

Keywords: control system, logic, planning, distributed system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	LAHTI PRECISION	2
3	SIPOREX	3
3.1	Siporexin ominaisuudet	3
3.2	Siporexin valmistus	4
3.3	Siporexin historia	5
4	YLEISTÄ LOGIIKOISTA	6
4.1	Logiikkatyypit	6
4.2	Logiikan laitteisto	9
4.3	Automatisoitu prosessi	12
4.4	Siemens Simatic S7-400	13
5	YLEISTÄ OHJAUSJÄRJESTELMISTÄ	14
5.1	Ohjausjärjestelmän toteutustavat	14
5.2	Ohjausjärjestelmän valinta	16
5.3	Profibus-väylä	17
5.4	CAN	20
5.5	LON	21
5.6	AS-i	22
5.7	Väylävertailu	24
6	YLEISTÄ SÄHKÖSUUNNITTELUSTA	25
6.1	Sähkösuunnittelun tarve	25
6.2	Sähkösuunnitelman sisältö	25
6.3	Sähkösuunnitelman tekeminen	26
6.4	CADS	27
6.5	Hajautusjärjestelmä	27
6.5.1	Hajatustopologiat	28
6.5.2	Hajautuksen hyötyjä ja haittoja	30
6.5.3	Ohjauksen hajautus	31
6.5.4	Toimistoautomaation ja ohjaussovellusten hajautuksien erot	32

7	LOGIikkakeskuksen sähköinen suunnittelu	33
8	Yhteenveto	42
9	Lähteet	44

TYÖSSÄ KÄYTETYT LYHENTEET

AS-i (Actuator Sensor Interface) Kenttäväylä

ASIC (Application specific integrated circuit) Tiettyä tarkoitusta varten suunniteltu.

CAN (Controller Area Network) Kenttäväylä

CiR (Configuration in RUN) Konfigurointi ajon aikana

COM (Communication Port) Sarjaportti

CPU (Central Processing Unit) Prosessori

CRC (Cyclic Redundancy Check) Tiivistealgoritmi

EPROM (Eraseable programmable read only memory) Uudelleen ohjelmitava muistipiiri.

I/O (Input/output) SIRRÄNTÄ

LON (Local Area Network) Kenttäväylä

MAC (Media Access Control processor) Mediaohjainprosessori

OSI (Open System Interconnection Reference Model) Tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmä.

PLC (Programmable Logic Controller) Ohjelmitava logiikka

PROFIBUS (Process Field Bus) Kenttäväylä

RAM (Random Access Memory) Keskusmuisti

SDS (Smart Distributed System) Can-väylän protokolla

UPS (Uninterruptible Power Supply) laite joka takaa tasaisen virransyötön lyhyissä sähkökatkoissa.

UV (Ultraviolet) Ultravioletti

1 JOHDANTO

Punnitus- ja annostelujärjestelmän ohjauksen suunnittelu on osa koko tehtaan sähkösuunnittelua. Järjestelmän tarkoituksena on ohjata tehtaan tuotantoon liittyviä komponentteja kuten venttiileitä. Järjestelmän avulla käyttäjä antaa lähtötiedot laitteille, jotta nämä osaavat toimia oikein.

Opinnäytetyö keskittyy ohjausjärjestelmiin ja logiikoihin sekä niiden sähköistämiseen. Suunnittelutyökaluna käytössä oli suomenkielinen versio CADS Planner electricistä, joka on suunniteltu pelkästään sähkökuvien piirtämiseen. CADS Planner soveltuu laajasti sähkö- ja automaatioalan suunnitteluun ja dokumentointiin. CADS:stä on runsaasti eri versiota, jotka kohdistuvat eri aloille.

Käytännön osuus suoritettiin Lahti Precision Oy:lle, joka toimittaa punnitus- ja annostusjärjestelmiä ja laitoksia, vaakoja, punnituskomponentteja sekä punnitusalan kunnossapitopalveluja. Yritys toimii maailman laajuisesti ja on kansainvälistynyt. Valmis käytännön osuus otetaan käyttöön kevytbetoni tehtaan suunnittelussa. Tehdas valmistaa Siporex nimistä tuotetta, jota käytetään rakennus tarvikkeena.

Opinnäytetyön tutkimusongelmana on ohjauksen sähköinen suunnittelu, koska aiempaa kokemusta sähköisestä ohjauksesta ei ole. Toisena tutkimusongelmana on logiikan ja ohjausjärjestelmän toiminnan kartoittaminen. Tutkimuksen lähteinä käytettiin alan kirjallisuutta ja Internet-lähteitä. Lahti Precisionin muista sähkösuunnittelun työntekijöistä oli myös apua ongelmatilanteissa, sillä he kertoivat logiikkojen ja ohjausjärjestelmien perusteita. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toimiva sähköistys annostelu- ja punnitusjärjestelmälle sekä saada selvä käsitys ohjausjärjestelmien ja logiikoiden toiminnasta. Logiikan sähköisessä suunnittelussa täytyi olla tarkkana ja tehdä työ huolella, koska suunnittelemini kuvien perusteella lähdetään kokoamaan toimivaa ohjausjärjestelmää, joka tulee käyttöön tehtaassa Ukrainassa.

2 LAHTI PRECISION

Opinnäytetyö suoritettiin Lahti Precision Oy:ssä. Lahti Precision toimittaa punnitus- ja annostusjärjestelmiä ja laitoksia, vaakoja, punnituskomponentteja sekä punnitusalan kunnossapitopalveluja. Lahti Precisionilla on toimipisteet Lahdessa, Paraisilla ja Jyväskylässä sekä Shanghaissa Kiinassa. Lahti Precisionin palveluksessa on 250 työntekijää. Lahti Precisionin asiakkaisiin kuuluvat lasiteollisuus, laasti- ja tasoiteteollisuus, muu teollisuus sekä kauppa ja liikenne. Precision on yksi suurimmista ja johtavista lasitehtaiden raaka-ainelaitosten ja laastitehtaiden toimittajista maailmassa sekä suurin punnitusalan yritys Suomessa. (Lahti Precision 2008.)

Lahti Precisionin entinen emoyhtiö oli Lahden Rauta- ja Metalliteollisuustehtas, joka oli perustettu vuonna 1908. Entinen emoyhtiö rakensi aluksi sisävesilaivoja ja valmisti höyrykattiloita sekä -koneita. Varsinaisten vaakojen ja punnituslaitteiden valmistus aloitettiin kahdeksan vuotta perustamisen jälkeen. Vuonna 1943 vaakaosasto muutti omiin tehdastiloihin ja otti nimekseen Lahden Vaaka Oy. 1960-luvulla Lahden Vaaka alkoi tehdä projektitoimituksia, joissa toimitettiin kokonaisia punnituslaitoksia prosessiteollisuudelle. Vuonna 1985 Lahden Vaaka -nimi muutettiin Raute Punnitus ja Automaatioksi ja 1988 Raute Precisioniksi. Vuonna 2004 Raute Oyj luopui punnitusliiketoiminnasta, jolloin Raute Precision Oy ja sen tytäryhtiö Raute Dry Mix Oy siirtyivät osakekaupalla yhtiön toimivan johdon ja Eqvitec Partners Oy:n hallinnoiman rahaston omistukseen. Vuoden 2006 loppupuolella Raute Precision Oy:n nimi muutettiin Lahti Precision Oy:ksi. (Lahti Precision 2008.)

3 SIPOREX

Siporex on kevytbetonia, joka on siis kevyttä ja kestävä. Siporexista on tullut suosittu rakennusmateriaali, koska Siporexin ominaisuuksiin ei muilla materiaaleilla päästä. Siporexia on käytetty ja tutkittu 80 vuoden ajan. Siporexilla on kannattava rakentaa sen fyysisten ominaisuuksien takia. Siporexin huollon tarve on vähäinen ja Siporex säilyttää arvonsa ajan kuluessa. (Hplush 2008.)

3.1 Siporexin ominaisuudet

Siporex-harkot ovat ominaisuuksiltaan yksiaineisia ja höyrösuluttomia sekä Siporex on markkinoiden ainut ulkoseinäharkko, joka pitää sisällään nämä ominaisuudet. Näiden ominaisuuksien takia Siporexista valmistettu ulkoseinä ei tarvitse erillistä lämpöeristettä ja höyrösulkuvuovia. (Jämerä 2007.)

Suomessa rakennusten ulko- ja sisälämpötilojen vaihtelu on suurta, joten kosteus voi tällöin tiivistyä helposti eri materiaalien rajapintojen väliin ja aiheuttaa rakenneaurioita. Siporexista tehty seinä on yksimateriaalinen, joten Siporex ei muodosta minkäänlaisia rajapintoja ja rakenteet pysyvät kunnossa. Rakennuksen ikääntyessä syntyy helposti vuotopaikkoja ja kylmäsiltoja, mutta ohueksi muurattu Siporex-seinä estää niiden syntymisen. Siporexin runko tasaa ulkoilman lämmönvaihtelut. Talvisin seinä pitää huoneet lämpimänä ja kesällä viileänä. Ulkoilman tasauksesta on myös säästöjä pitkällä ajalla ja ne vaikuttavat lämmitys- ja jäähdytyskustannuksiin huomattavasti. (Jämerä 2007.)

Siporexista on vaivatonta rakentaa pieniä ja isoja taloja sekä Siporexista on myös helppo rakentaa muodoltaan useita erilaisia taloja. Talot voivat pitää sisällään pyöreitä muotoja, suuria tasaisia seiniä tai jopa erkkereitä. Siporex-seinän päälle voi laittaa rappauksen tai seinän voi päällystää tiilillä tai puulla, sillä Siporex ei reagoi muihin materiaaleihin. Siporex-harkkoja on helppo muotoilla, joten seinien läpiviennit, sähkörasioiden kolot ja putkiuritukset on helppo tehdä ja niistä saadaan tarkkoja. (Jämerä 2007.)

Siporex-seinät tasaavat ilmakeuhetta höyrystuttoman ominaisuutensa avulla, tällöin talven lämmityskautena ei edes huoneiden sisäilma tunnu kuivalta. Siporex kuuluu rakennusmateriaaliltaan M1-ryhmään, joka tarkoittaa puhtausluokaltaan parasta ryhmää, tämän takia Siporexista rakennettu talo sopii erityisesti allergikoille ja on turvallinen. (Jämerä 2007.)

Siporex on hyvin kosteutta kestävä kivimateriaali, joten Siporexista on kannattavaa rakentaa rakennuksen kosteat tilat kuten suihkuseinät. Siporex-harkot pysyvät kuivina hengittävyden takia. Paloturvallisena rakenteena Siporex toimii hyvin, siitä voi rakentaa paloseiniä kuin myös palomuureja. Siporex-seinä hidastaa palon etenemistä ja Siporexia käytetään usein osastoivina seinärakenteina. (Jämerä 2007.)

3.2 Siporexin valmistus

Siporex-tuote pitää sisällään muutamaa eri materiaalia. Siporex koostuu sementistä, hienosta hiekasta, vedestä ja masuunikuonasta. Nämä raaka-aineet kootaan suureen sekoittimeen, joka sekoittaa aineet ja valmistaa juoksevaa seosta. Juokseva seos valutetaan sekoituksen jälkeen muotteihin. Muotteihin on lisätty alumiini-jauhetta, joka synnyttää kemiallisen reaktion. Reaktiossa massaan syntyy vetykaasua, joka huokoistaa seoksen ja nostaa sen. Siporex-harkkoja syntyy kovetuksen jälkeen. Kovetus tapahtuu suuressa uunissa, jonka lämpötila on 60 astetta. Kovetuksen tuloksena on kova Siporex-laatta. Laatta siirretään uunista paloittelukoneelle, joka paloittaa laatan harkoiksi, palkeiksi, tai elementeiksi. Lopuksi vielä materiaali höyrykarkaistaan paineen ja korkean lämpötilan avulla. Karkaisussa Siporex saa lopullisen kovuutensa ja tärkeät ominaisuutensa.

Valmistusmenetelmällä voidaan myös rakentaa raudoitettuja elementtejä. Tällöin raudat on hitsattu valmiiksi ja upotettu muottiin ennen seoksen laskemista muottiin. Materiaalien urat tehdään sahausvaiheessa tai jälkeenpäin jälkikäsitellyssä. (Hplush 2008.)

3.3 Siporexin historia

Siporex-kevytbetonin kehitti suomalainen kemisti Lennart Forsén 1930-luvulla. Nopeasti tieto uudesta materiaalista lähti leviämään maailmalle. Suomessa karkaistun kevytbetonin valmistus alkoi viisi vuotta myöhemmin Helsingin tehtaalla Tapanilassa. Vanhimmat Siporex tuotteet ovat yli 70 vuotta vanhoja. Vuonna 1939 Siporexia alettiin valmistaa Vuosaarella ja tällöin mukaan olivat tulleet jo harkot, seinä- ja kattoelementit, väliseinäelementit ja suurelementit. Nykyisin karkaistua kevytbetonia valmistetaan ympäri maailmaa useissa tehtaissa. Siporexin tuotenimi vaihtelee maittain, mutta perusrakenteeltaan Siporex on pysynyt suunnilleen samana 1930-luvulta lähtien. (Hplush 2008.)

4 YLEISTÄ LOGIIKOISTA

Ohjauksjärjestelmät, joita käytetään paljon teollisuudessa, keräävät runsaasti tietoa laitteilta. Tieto on tyypiltään ns. päälle–pois-tietoa. Ennen ohjaukset toteutettiin pelkillä releillä, mutta nykyään releet on vaihdettu logiikoihin. Releillä tehty ohjaus vaatii paljon kaapelin vetoja sekä runsaasti komponentteja. Teollisuudessa logiikat toivat runsaasti erilaisia hyötyjä. Esimerkiksi ohjelmoitavat logiikat helpottivat muutosten teossa ja vikatilanteissa vian paikantaminen helpottui. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi. 2007, 221.)

4.1 Logiikkatyypit

Käytössä on kahta erilaista logiikkatyyppiä. Askeltavan logiikan laitteet toimivat tikapuuperiaatteella, kun taas loput logiikat ovat ohjelmoitavia. (Keinänen, ym. 2007, 222.)

Logiikkatyyppien välillä on eroja Euroopan ja Japanin välillä. Euroopassa käytetään positiivisesti kytkettyjä kytkentäteknisiä logiikoita. Tällä tavalla toteutettu kytkentätekninen logiikka on nimeltään PNP-tyyppinen. PNP-tyyppisessä ratkaisussa laitteilta tuleva tieto kulkee logiikkaan päin. Japanissa yleisemmin käytetty NPN-tyyppinen kytkentäteknikka on päinvastainen kuin PNP-tyyppinen. Ero näiden tyyppien välillä näkyy parhaiten logiikan tuloja kytkettäessä, sillä virrankulkusuunta on eri tyypeissä päinvastainen. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen. 2001, 243.)

Askeltavissa logiikoissa automaatiohierarkia on yksinkertainen ja suoraviivainen. Askeltavia logiikoita valmistetaan pääsääntöisesti sekvenssityyppisiin ohjauksiin. Tällä tyyppillä korvataan pneumaattikkaisia ja releohjattuja järjestelmiä, joita käytetään paljon koneautomaatiossa. Ohjelmoitavat logiikat ovat kuitenkin syrjäyttäneet askeltavat logiikat, koska ohjelmoitavien logiikkojen hinnat

putosivat nopeasti. Nykyään askeltavaa logiikkatyyppeä ei enää juurikaan käytetä. (Keinänen, ym. 2007, 223.)

Ohjelmoitavat logiikat koostuivat ennen releistä ja johdotuksista. Historian ensimmäiset ohjelmoitavat logiikat otettiin käyttöön USA:n autoteollisuudessa. Ohjelmoitavista logiikoista oli runsaasti hyötyä autoteollisuudessa, koska autojen mallimuutokset oli niiden avulla helpompi toteuttaa, ja tuotantokoneet pysyivät kuitenkin lähes ennallaan. Kun ohjelmoitavat logiikat yleistyivät teollisuudessa, vältyttiin ongelmallisilta vioilta ja muutosten teko helpottui. (Keinänen, ym. 2001, 241.)

Ohjelmoitavat logiikat eli PLC:t ovat pieni, mutta tärkeä osa ohjelmoitavaa ohjausjärjestelmää. Ohjelmoitavan logiikan input-napoihin kytketään järjestelmän tilaa tarkkailevat anturit ja lähestymiskytkimet. Output-napoihin taas kytketään kaikki järjestelmän toimilaitteet, kuten esimerkiksi sähkömoottorit ja merkkilamput. Ohjelmoitavan logiikan muistiin kirjoitetaan ohjelma, joka valvoo järjestelmää. Askeltavassa logiikassa kyseistä mahdollisuutta ei ole. (Keinänen, ym. 2007, 223.)

Slot-PLC on ohjelmoitava logiikka, joka on valmistettu piirikortille. Slot-PLC voidaan kytkä ISA- tai PCI-korttipaikkaan sekä Slot-PLC sisältää oman prosessorin. Slot-PLC käytetään yleensä kenttäväyläratkaisussa laitteiden liittämässä logiikkaan. Slot-PLC:n hyviä puolia tulee esiin sijainnissa, koska kortille laitettu logiikkaohjaus voi toimia tällöin tietokoneohjauksen kanssa samassa laitteistossa. Näin vältetään ylimääräisiä tiedonsiirtoratkaisuja. (Keinänen, ym. 2007, 213.)

Soft-PLC on muodostettu tietokoneeseen ja toimii ohjelmallisena. Soft-PLC suorittaa reaaliaikaista logiikkaohjelmaa, joka ei ole riippuvainen muista tietokoneen ohjelmista tai käyttöjärjestelmistä. Soft-PLC:n laitteet liitetään kenttäväylän avulla. (Keinänen, ym. 2007, 213.)

Ohjelmoitavan logiikan tärkein ominaisuus on, että logiikka voi ohjata monihaarisia kuljetinjärjestelmiä. Monihaarisissa kuljetinjärjestelmissä liikkuu samanaikaisesti monia kappaleita ja paljon tietoa. Kappaleita voidaan ohjata useaan eri paikkaan samanaikaisesti eli kaikilla kappaleilla ei ole samaa päämäärää. Ohjelmoitavan logiikan ohjelmointi on tämän takia paljon monimutkaisempaa kuin askeltavassa logiikassa, mutta normaalisti se on helpompaa kuin tietokoneohjelman tekeminen. Vapaasti ohjelmoitavassa logiikassa ohjelman kirjoitusjärjestys on vapaasti valittu. Kirjoitusjärjestys voi olla mikä tahansa, koska ohjelmaa selataan kaiken aikaa. (Keinänen, ym. 2007, 223.)

Logiikan muistiin kirjoitettu ohjelma luetaan kiertävästi PLC-järjestelmässä. Ensiksi luetaan kaikki mahdolliset input- ja output-napojen tilat, jonka jälkeen saatu tulos tallennetaan keskusyksikön I/O-muistiin. Toiseksi aletaan lukea ohjelmamuistin ohjelmarivejä vuorotellen. Saatu tulos käsitellään heti ja toteutetaan samassa järjestyksessä, missä on luettu. Ohjelma saa tiedon käynnistymisestä tai sulkemisesta output-navoille vasta sitten kun koko ohjelmakierros on käyty läpi end-käskylle asti. Yhden ohjelmakierroksen aika vaihtelee ohjelman koon mukaan, mutta sen selaus aika on noin 0,0005–0,1 ms luokkaa per ohjelmarivi. (Keinänen, ym. 2001, 244.)

Ohjelmoitavat logiikat käyttävät ohjelmointikieltä, joka koostuu logiikkaporteista ja käskysanoista. Ohjelmointikieliä ei ole standardisoitu, joten kieliä on useita, ja kielet eroavat valmistajien välillä. Mikäli osaa yhden ohjelmointikielen, oppii helposti toisetkin pienellä perehtymisellä, mutta ensimmäisen ohjelmointikielen oppiminen voi viedä aikaa. Logiikoita ohjelmoidaan tietokonepohjaisilla ohjelmilla. Nämä ohjelmat tekevät käyttäjälle sujuvamman käyttöliittymän ja ohjelmointi sujuu myös eri periaatteita käyttäen. Windows-pohjaisissa ohjelmointiohjelmissa käytetään yleensä kolmea eri periaatetta. Periaatteet ovat: käskylistä, kosketinkaavio ja logiikkasymbolien käyttö. Tunnetuimpia logiikoiden valmistajia ovat Mitsubishi, Siemens ja Omron. (Keinänen, ym. 2001, 244.)

4.2 Logiikan laitteisto

Kokonaisohjaus koostuu ohjelmoitavan logiikan lisäksi myös muistakin elementeistä. Muita elementtejä ovat: keskusyksikkö ja muisti, lähtö- ja tulopiirit, ohjelmamuisti, tehonsyöttö ja tietokone, jolla ohjelmointi suoritetaan sekä logiikan sisäiset ajastimet, laskurit. (Keinänen, ym. 2007, 225.)

Tulopiirit yhdistävät kentältä tulevat tiedot logiikkaan. Tulotiedot tulevat esimerkiksi valokennoilta tai lähestymiskytkimiltä. Tuleva tieto on muodoltaan binääristä eli kaksitilaista, mutta logiikoissa on myös analogisia tuloja, jotka vastaanottavat mittaustietoja sekä pulssituloja. Pulssitiedot tulevat pelkästään pulssiantureista. Tulotiedot eivät siirry suoraan logiikan käsiteltäväksi vaan ne kulkevat ledin ja fototransistorin avulla muodostetun optoerottimen kautta. Vikojen etsintää helpottavat ledit, koska tulopiirien tila ilmaistaan erivärisillä ledeillä. Tulopiirien tila selviää myös ohjausohjelmasta. (Keinänen, ym. 2007, 225.)

Lähtöpiirit toimittavat ohjaustiedot järjestelmän laitteille. Lähtötiedot toimitetaan esimerkiksi venttiileille, merkkilampuille ja kontaktoreille. Lähdoissä on käytössä kahta erilaista tyyppiä, rele- ja transistorityyppi. Relelähdojen toimintaviive on noin 10 millisekunnin tasoa ja transistorilähdojen viive on noin 0,2 millisekuntia eli transistorilähdöt ovat huomattavasti nopeampia. Relelähdot on tarkoitettu toimimaan suuremmalla virralla kuin transistorilähdöt. Transistorilähdojen käyttöjännite on 24 V tasasähköä kun taas relelähdot toimivat 250 V:n vaihtosähköllä. Transistorilähdöt tarvitsevat samanlaisen optoerottimen kuin tulopiirit. (Keinänen, ym. 2007, 225.)

Tulot ja lähdot ryhmitellään rinnakkaisiksi bittiryhmiksi. Bittiryhmästä käytetään nimeä tavu, joka sisältää kahdeksan bittiä. Ohjelmoinnissa tulot ymmärretään usein riviliittiminä, joiden numerointi vaihtelee logiikkamerkistä riippuen. (Keinänen, ym. 2001, 245.)

Keskusyksikkö toteuttaa käskyjä, jotka on ohjelmoitu PLC:lle. Mikroprosessori toimii keskusyksikkönä. Keskusyksikkö mahdollistaa operaatioiden ohella myös

aritmeettisten laskutoimituksien teon. Keskusyksikkö ei sisällä kovinkaan paljoa käyttäjän kirjoitus- ja lukumuistia. Kirjoitus- ja lukumuisti on tyypiltään RAM muistia. (Keinänen, ym. 2001, 246.)

Ohjelmamuisti pitää sisällään ohjelman ja tallentaa ohjelman. Muistissa on sisällä kaikki tiedot, joilla automatisoitu laitteisto toimii. Muistin koko logiikoissa ilmoitetaan normaalisti ohjelmarivien määränä. Pienimmät logiikat tarvitsevat muistia vain noin 0,25 kiloa. Muistityyppejä on erilaisia, esimerkiksi: CMOS-RAM-muisti, EPROM-muisti ja EEPROM-muisti. CMOS-RAM-muisti koostuu pienestä patterista ja RAM muistista. Patteria tarvitaan, koska RAM muisti tyhjenee sähkösyötön katketessa. Patteri pitää pientä virtaa koko ajan muistissa ja näin estää tietojen häviämisen. EPROM-muisti on muisti, jolle käyttäjä voi kirjoittaa tai jolta käyttäjä voi lukea. EPROM on täysin käyttäjän ohjelmoitavissa. EPROM-muisti vaatii ohjelmointilaitteen ja ohjelmointilaitteen takia ohjelman muutokset ovat vaikeita toteuttaa. EPROM-muisti ei tarvitse erillistä syöttöjännitettä kuten RAM-muisti. EPROM säilyttää tietonsa vaikka sähkösyöttö katkeaisi. Mikäli EPROM-muistin haluaa tyhjentää, tarvitaan esimerkiksi UV-valoa. EEPROM-muistit ovat tarkoitettu luku- ja kirjoitusmuisteiksi. Tietoja voidaan tallentaa ja poistaa muistista. Myöskään nämä muistit eivät tyhjene sähkösyötön katketessa, eivätkä tarvitse erillistä patteria. (Keinänen, ym. 2007, 226.)

Käytössä on myös apumuisteja, jotka ovat logiikan sisäisiä muistipaikkoja. Apumuisteja kutsutaankin useasti sisäisiksi releiksi tai lipuiksi. Apumuisti voi käyttää kahta tilaa, 1 = varattu ja 0 = ei käytössä. Apumuistia käytetään nopeana tiedontallennuspaikkana. Aiemmin apumuistit tyhjentyivät sähkökatkoksista, mutta nykyään tilalle on tullut puskuroitu apumuisti. Apumuistia voi käyttää useassa tarkoituksessa esimerkiksi: käynnistyskontrollina, lähtöjen päälle- ja poiskytkentänä ja käynnistyspulssin antajana. (Keinänen, ym. 2007, 228.)

Tietokonetta tarvitaan ohjelmointia varten. Tietokoneen avulla syötetään ohjausohjelma muisteihin. Tietokoneen avulla suoritetaan myös testauksia sekä vianetsintää. Ohjausohjelman voi syöttää muisteille myös ohjelmointilaitteen

avulla. Ohjelmointi tapahtuu ohjelmointiohjelmistolla, jolla varsinainen ohjelma luodaan. Ohjelma saadaan siirrettyä eteenpäin RS 232-portin kautta. RS 232-portista käytetään nimeä COM-portti. Ohjelman ohjelmointiin on käytössä useita eri tapoja. Ohjelman voi tehdä käskylistoja kirjoittamalla tai kosketinkaavioita piirtämällä sekä logiikkasymboleja käyttämällä ja yhdistämällä. (Keinänen, ym. 2001, 247.)

Tehonsyöttö tapahtuu logiikan sisällä ns. sisäisellä tehonsyötöllä ja ulkoisten toimilaitteiden tehonsyöttöön tarvitaan erillinen jännitelähde. Sisäinen tehonsyöttö tarkoittaa kaikkien edellä mainittujen yksiköiden jännitesyöttöä. Jännitesyöttö sisältyy keskusyksikköön tai järjestelmän peruskehikkoon. Ulkoiset liitännät tarvitsevat jännitelähteen. Jännitelähde voi toimia omana yksikkönä tai jännitelähde voi olla solutettu logiikkalaitteen kokoonpanoon, tällöin sähkönsyöttö tapahtuu usein riviliittimien avulla. Ulkoiset toimilaitteet tarvitsevat myös jännitettä; niiden jännitesyöttö tapahtuu erillisillä jännitelähteillä. Jännitelähde pitää valita huolellisesti, koska jännitelähteen valinnassa on huomioitava useita eri seikkoja. Huomioitavia asioita ovat kuormitettavuus, piirien ryhmittely, sulakkeet ja turvallisuusasiat. Turvallisuusasioista tärkein on hätä–seis-piirin toimivuus. Ohjelmoitava logiikka tulisi mieluiten kytkeä omaan sähköryhmäänsä, koska esimerkiksi raskaat moottorit kuormittavat ryhmää paljon ja nämä voivat aiheuttaa ohjelmien sekoamista tai jopa logiikan rikkoutumisen. Ohjelmoitava logiikka on sähkösyötöllisesti todella luotettava automaatiolaitte, koska sen logiikka kytketään omaan sähköryhmään ja logiikka käyttää vain pieniä jännitteitä. (Keinänen, ym. 2007, 226.)

Logiikan ajastimet lähtevät käyntiin jollakin tietyllä tuloehdolla. Ajastimen avulla voidaan prosessiin lisätä viivettä, jotta kaikki aikaisemmat toiminnot saadaan suoritettua. Ajastimelle saadaan syötettyä käskyt apumuistipaikkoja hyväksi käyttäen tai joillakin logiikkamerkeillä muutaman rivin ohjelmoinnilla. (Keinänen, ym. 2007, 229.)

Laskureita tarvitaan, mikäli halutaan määrätä vaikkapa kappalemääriä. Aivan tavallisimmissa laskureissa on vain kaksi tuloa, nollaustulo ja laskuritulo. Laskuri ottaa näytteitä ja vertailee niitä annettuihin tietoihin. Laskurin lähtö pysyy nollana kunnes laskettu määrä ylittää annetun määrän. Kun annettu määrä on ylitetty, lähtö nousee ykköseksi ja annetaan nollaustulo, joka resetoii laskurin eli palauttaa alkutilaan. (Keinänen, ym. 2001, 253.)

4.3 Automatisoitu prosessi

Automatisoinnissa on tarkoitus saada prosessi toimimaan itsenäisesti kokonaan tai osittain. Tällöin prosessin suoritusta ei tarvitse valvoa koko aikaa. Kun automatisointia aletaan kokoomaan, ensimmäiseksi osaksi tulee suunnittelu osuus. Suunnittelu aloitetaan sopivien mittalaitteiden, toimilaitteiden ja logiikan valinnalla. Oikein valitut toimilaitteet, logiikat ja mittalaitteet auttavat ohjelmoijaa. (Keinänen, ym. 2001, 248.)

Ohjelmointi suoritetaan ohjelmointilaitteella tai nykyään ohjelmointiohjelmalla. Ohjelmoija kirjoittaa ohjelman ja tallentaa ohjelman ohjelmoitavan logiikan muistiin. Ohjelmointitapoja on useita, joten ohjelmointi on luovaa ja yksilöllistä, yhtä ja oikeaa vaihtoehtoa ei ole. Ohjelmoinnin jälkeen voidaan aloittaa järjestelmän testaaminen vaihe kerrallaan. Yleensä ensimmäiset testaukset suoritetaan käsiajolla jokainen laite kerrallaan. Monitoroinnilla seurataan tulo- ja lähtöporttien tiloja ja näin saadaan tarkastettua oikeat tilat. (Keinänen, ym. 2001, 248.)

Toimivasta ohjelmasta täytyy tehdä myös dokumentointeja, jotta vikatilanteissa olisi helppo toimia. Dokumentoinnin suorittaa normaalisti ohjelmoija, joka kirjaa muistiin ohjelmalauseita ja niiden kommentteja. Dokumentoinnissa täytyy näkyä myös ohjelmointiparametrit ja muut tärkeät tiedot ja valinnat. Dokumentointikirjat toimitetaan tilaajalle, koska yleensä projektin valmistumisen jälkeen tilaaja hoitaa ylläpidon ja muutokset. Dokumentoinneista kannattaa olla useampi kopio vikatilanteiden varalle. (Keinänen, ym. 2001, 248)

4.4 Siemens Simatic S7-400

Siemenssin Simatic S7-ohjausjärjestelmä on yleisimpiä ohjelmoitavia ohjausjärjestelmiä. S7-tuoteperhe pitää sisällään useita eri osia. Tässä opinnäytetyössä keskitytään Simatic S7-400 sarjaan. Simatic-logiikka ohjelmoidaan tietokoneen ja Siemens Step 7 -ohjelman avulla. Tämän jälkeen ohjelma siirretään logiikan keskusyksikön muistiin, josta logiikka käyttää ohjelmaa. (Auser 2003.)

Muutokset ja laajenemiset tulevat usein välttämättömiksi tehtaan tai alijärjestelmän normaalissa toiminnassa, esimerkiksi kun lisäantureita tai käyttölaitteita otetaan käyttöön tai kun uusia parametreja osoitetaan I/O-moduuleihin hälytysrajoitusten muuttamiseksi. Tämän tyyppisiä sovelluksia perustetaan yleensä sektoreihin, joiden tulee olla käytössä tauotta, tai yhtäjaksoisiin prosesseihin, joita ei voi pysäyttää tai joiden tuotantoa ei saa häiritä. Tällaisia ovat esimerkiksi jalostustehtaat tai tuotantotehtaat, joilla on korkeat uudelleen käynnistämiskulut. Simatic S7-400:n avulla muutokset laitteiston konfiguraatioon voidaan tehdä normaalin toiminnan aikana reaaliaikaisesti. CiR (eli konfigurointi ajon aikana) mahdollistaa tehtaiden laajennusten ja muuntamisten suorittamisen normaalin toiminnan aikana. (Auser 2003.)

Simatic S7-400 sarjan edut pohjautuvat CiR tekniikkaan. CiR mahdollistaa tehtaan laajennuksen ja optimoinnin. Tämän avulla laitteita voidaan laajentaa ja vaihtaa toiminnan aikana ilman, että nämä muutokset aiheuttavat haitallisia vaikutuksia tehtaaseen. Laajennukset ja muunnokset ovat tämän takia halvempia ja nopeampia toteuttaa. Muutokset AJO-moodissa tukevat myös erittäin joustavaa vastausta teollisiin muutoksiin ja prosesseiden optimointeihin. Muutokset ja uudelleen konfiguroinnit AJO-moodissa voivat myös lyhentää kääntämisaikoja ja muuntamisaikoja sellaisten tehtaiden tapauksissa, joiden ei tarvitse toimia tauotta. Tällöin kyseisiä tehtaita ei tarvitse alustaa tai synkronoida uudelleen. (Auser 2003.)

5 YLEISTÄ OHJAUSJÄRJESTELMISTÄ

Ohjausjärjestelmän tehtävänä on toimia käyttäjän ja koneen välisenä rajapintana. Ohjausjärjestelmää käytetään sellaisen käyttöliittymän avulla, joka koostuu napeista ja näytöistä. Painikkeiden ja näyttöjen avulla käyttäjä käskyyttää konetta ja saa tietoa koneen tilasta sekä ohjelmista. Yksinkertaisin ohjaus on toteutettu yhdellä katkaisijalla, joka antaa käskyn suuntaventiilin kelalla ja saa näin aikaan sylinterin liikkeen. (Keinänen, ym. 2007, 209.)

Ohjausjärjestelmä voidaan toteuttaa esimerkiksi avoimena järjestelmänä, jolloin ohjaus antaa ohjausarvon lähtöliitäntänsä kautta laitteille. Arvon saatuaan laitteet muuttavat ohjattavan prosessin tai laitteen tilan arvon mukaiseksi. (Keinänen, ym. 2007, 210.)

Kun edellä mainittuun prosessiin liitetään takaisinkytkentä, aletaan puhua suljetusta säätöjärjestelmästä. Suljetussa säätöjärjestelmässä ohjausarvon toteutumista mitataan takaisinkytkennän kautta sekä ohjaussuuretta korjataan muuttuneen tila mukaan. Suljettu säätöjärjestelmä toteutetaan yleensä erillisellä ohjaimella, jonka tehtävänä on laskea säätöalgoritmia mittaus arvojen mukaan. Ohjain antaa laitteelle tarvittavia ohjaustietoja itsenäisesti. (Keinänen, ym. 2007, 210.)

5.1 Ohjausjärjestelmän toteutustavat

Ohjausjärjestelmä voidaan toteuttaa viidellä eri tavalla. Nämä tavat ovat, kiinteästi langoitetut logiikat, ohjelmoitavat logiikat, sulautetut tietokoneohjaus, tietokoneohjaus ja liikkeenohjausjärjestelmä. (Keinänen, ym. 2001, 206.)

Kiinteästi langoitetut logiikat soveltuvat parhaiten aivan yksinkertaisiin ohjauksiin ja automaatiolaitteille. Tällöin kaikki laitteiden toiminta ja liikkeet pitää olla tiedossa jo etukäteen, jotta laitteet voidaan kytkeä kiinteästi. Yleisin käyttötapa kiinteästi langoitetulle tavalle on hätä–seis–piirit. Hätä–seis–piirit pyritään

kytkemään erilleen muista ohjausjärjestelmistä, koska ohjausjärjestelmän kaaduttua hätä-seis-piirin tulee kuitenkin toimia. Kiinteästi langoitetut virtapiirit toteutetaan pääsääntöisesti releiden avulla. (Keinänen, ym. 2007, 211.)

Ohjelmoitavat logiikat ovat yleistyneet ja niiden käyttöalue on laajentunut alkuperäisestä tarkoituksesta. Alkuperäinen tarkoitus ohjelmoitavalla logiikalla oli, että loogiset päättelyt voitaisiin ohjelmoida uudelleen ja tämän kautta pidentää koneen ikää ja helpottaa käyttöä. Ohjelmoitavia logiikoita alettiin kuitenkin asentaa jo varsin yksinkertaisiin järjestelmiin, koska ohjelmoitavien logiikkojen hinta on laskenut. Logiikkojen ansiosta johdotustyöt pienenevät ja näin tapahtuu säästöä. Ohjelmoitavassa logiikassa prosessori pyörittää vakio sovellusohjelmaa, jolla ohjausta seurataan. Ohjelmoitavat logiikat ovat myös käyttövarmoja, sillä niiden kaatumiset ovat harvinaisia. Ohjelmoitavan logiikan kaatuminen vastaa samaa toimenpidettä kuin tietokoneen käyttöjärjestelmän kaatuminen. (Keinänen, ym. 2001, 207.)

Sulautetussa tietokoneohjauksessa on koneen aivoiksi sijoitettu ASIC-piiri, joka on suunniteltu tarkoin vain tiettyä tarkoitusta varten. Piirin hinta on halpa ja näin yksikköhinnat ovat laskeneet. Ennen logiikkaohjaukset poltettiin EPROM-piirille, joka on uudelleen ohjelmoitava piiri. ASIC-piirin avulla ohjausjärjestelmän kopiaimisesta järjestelmästä toiseen tuli helppoa, sillä tarvittiin vain piiri ja oikea runko. ASIC-piirin ympärille voidaan rakentaa monimutkaisiakin ohjausohjelmia. (Keinänen, ym. 2007, 213.)

Tietokoneohjaus antaa eniten tietoa itse käyttäjälle. Tietokoneohjaus on myös tarpeellinen, mikäli päättelyalgoritmi on monimutkainen. Tietokantapohjainen historiatiedon keruu antaa tietoa vikatilanteista ja helpottaa vikojen jäljittämistä. Tietokonetta voidaan myös pitää oheislaitteena, jolloin tietokoneella on rajattomat mahdollisuudet toimia. Tietokoneohjaus ei ole kovinkaan luotettava toteutustapa. Tietokoneiden käyttöjärjestelmät eivät ole tarpeeksi luotettavia automaatiolaitteiden ohjausjärjestelmälle. Käyttöjärjestelmistä UNIX-pohjaiset järjestelmät sopivat hieman paremmin ohjaukseen kuin Windows-pohjaiset. Windows-pohjaisia järjestelmiä voidaan hieman parantaa monitoroinnilla.

Monitorointi ei poista järjestelmän vikoja vaan häiriötilanteen sattuessa monitorointi käynnistää järjestelmän uudelleen. (Keinänen, ym. 2001, 208.)

Liikkeenohjausjärjestelmän pääsääntöisenä tarkoituksena on ohjata sähköisiä servomoottoreita ja askelmoottoreita. Tunnetuimmat liikkeenohjausjärjestelmät ovat robottiohjukset ja yleiset liikkeenohjausjärjestelmät. Robottien valmistajat valmistavat myös robottien liikkeenohjausjärjestelmät, koska robotit ovat monimutkaisia. Robotit valmistetaan yleensä noin kuudella ohjelmoitavalla nivelellä. Robottien nopeudet, mekaniikka ja rakenne vaativat paljon laskentakapasiteettia. Yleiset liikkeidenohjausjärjestelmät toimivat apuna ohjelmoitavien automaattien rakentamisessa. Käyttäjän takia järjestelmään lisätään yleensä logiikka tai tietokone. (Keinänen, ym. 2007, 214.)

5.2 Ohjausjärjestelmän valinta

Ohjausjärjestelmän valintaan vaikuttaa moni asia, kuten laitteiden ja informaation määrä, valmistusmäärä, käyttäjälle annettavan tiedon määrä, turvallisuus ja muutostarpeet. Järjestelmien monimutkaisuudella on suuri vaikutus järjestelmiin. Yksinkertaisissa järjestelmissä taloudellisten asioiden perusteella yleensä valitaan tapa, jossa on kiinteästi langoitetut loogiset kytkennät. Järjestelmän yksikköhinta pysyy täten alhaalla. Suuret järjestelmät tai monimutkaiset järjestelmät ratkaistaan joko hajottamalla logiikanohjukset tai valitsemalla suuritehoinen tietokoneohjaus. Kahden ääripään väliin jäävien järjestelmien ohjukset hoidetaan ohjelmoitavilla logiikoilla. (Keinänen, ym. 2007, 220.)

Valmistusmäärän kasvaessa suureksi satoihin ellei tuhansiin kannattaa rakentaa juuri tarkoitukseen soveltuva ohjelma. Pienissä järjestelmissä, joissa valmistusmäärä on suuri, suunnitellaan oma ASIC-piiri. (Keinänen, ym. 2001, 211.)

Mikäli käyttäjälle annettavan tiedon määrä on suuri, ei oikeastaan ole muita vaihtoehtoja kuin tietokoneohjaus. Tietokoneohjaus on myös ainut tapa, jolla voidaan hyvin kerätä historiatietoja. Tietokoneohjauksen heikkous on

epävakaisuus sekä näyttöjen viemä teho. Suoria tietokoneohjauksia käytetään harvoin pienivasteisissa ohjausjärjestelmissä. Pienivasteisissa ohjauksissa on koettu hyväksi menetelmäksi rakentaa ylemmän tason ohjaus tietokoneelle ja alemman tason ohjauslogiikan tai liikkeenohjausjärjestelmän varaan. Alempi taso hoitaa näin liikkeiden toteutuksen ja ylempi taso antaa vain käskyjä alemmalle tasolle. (Keinänen, ym. 2001, 212.)

Turvallisuuden vaikuttavien asioiden takia hätä–seis-piiri rakennetaan lähes aina kiinteästi langoitetuilla logiikoilla, koska hätä–seis-piiri ei saa olla riippuvainen muista laitteista ja näin turvalaitteet toimivat kaikissa olosuhteissa. Hätä–seis-piirin täytyy olla toiminnaltaan järjestelmän varmin osa. (Keinänen, ym. 2001, 212.)

Ohjelmoitavien ohjainten käyttöön siirrytään, mikäli järjestelmässä on muutostarpeita. Ohjelmoitavuus mahdollistaa toiminnan muutokset pienellä vaivalla. Yleensä ohjelmoitaviin ohjauksiin tehdään vain pienet tarpeelliset muutokset. (Keinänen, ym. 2001, 212.)

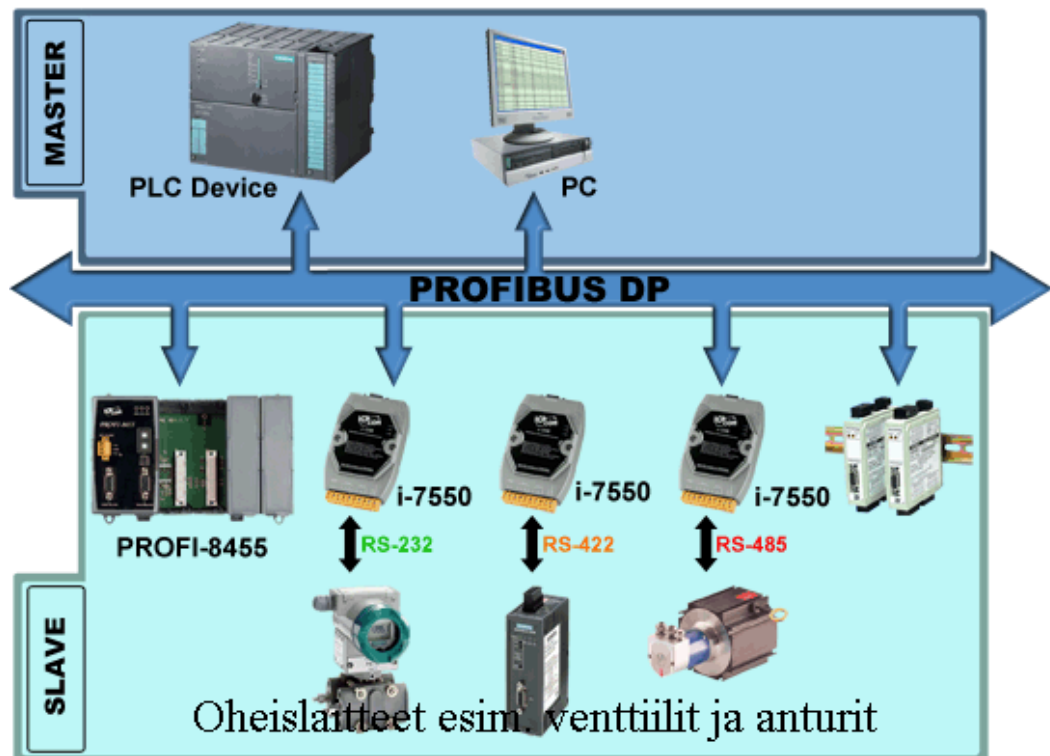
5.3 Profibus-väylä

Profibus on avoin standardi, joka ei riipu laitevalmistajasta ja profibus-väylää käytetään yleensä automaatiotekniikassa. Hajautetuissa järjestelmissä laitteet kommunikoivat keskenään profibus-väylän avulla. Kommunikointi on syklistä keskustelua ja profibus sopii täysin tähän tiedonsiirtoon. Profibus-väyliä ja hajautettua järjestelmää käytetään usein tuotanto- ja prosessiautomaatiosovelluksissa. Profibus-väylässä ei kulje mukana tehoa, jolla oheislaite voisi toimia, vaan väylässä kulkee pelkästään dataa. Teho tuodaan laitteeseen yleensä jostakin muualta. Mikäli teho halutaan tuoda laitteille samassa kuin data, tarvitaan AS-i-väylä. Ethernet-väylä voi tulla tulevaisuudessa kumoamaan profibus-väylän, sillä sitä käytetään jo niin laajassa mittakaavassa. (Teollisuusväyläteknikka 2000.)

Profibus-väylä välittää tiedon joko kuituoptiikka komponenteilla (ks. kuvio 1) tai normaalia suojattua, kaksinapaista parikierrettyä kuparia pitkin. Kuituoptiikalla tiedonsiirtoa suositellaan, mikäli kaapelin ympärillä on voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä tai tiedonsiirtonopeus on suuri pitkällä etäisyydellä. Tiedonsiirtoetäisyyteen vaikuttaa myös kuituoptiikan muotoisuus. Monimuotolasikuidulla voi päästä paljonkin pitempiin etäisyyksiin kuin normaalilla lasikuidulla. Monimuotokuidulla etäisyys voi olla jopa 30 km. Suojattu, kaksinapainen, kierretty parikaapeli sopii paremmin lyhyille matkoille. Normaalilla etäisyyksillä käytetään yleensä parikaapelia. Nopeuden voi valita laitteita konfiguroidessa. Nopeus täytyy olla 9,6 kbit/s ja 12 Mbit/s väliltä, ja valittua nopeutta käyttävät silloin kaikki väylässä olevat laitteet. Valittava nopeus täytyy valita oikeaksi, tähän vaikuttavat esimerkiksi tiedonsiirron etäisyys ja muut häiriötekijät. Tietojen mukaan maksiminopeus kannattaa valita, jos siirrettävä etäisyys on alle 100 m. Suurin etäisyys suojatulle parikaapelille on 1200 m. Maksimietäisyydellä nopeudeksi kannattaa valita vain 9,6 kbit/s. Profibus-väylälohkoihin voidaan lisätä 32 väyläasemaa, jotka pitävät sisällään Master- ja Slave-yksiköitä (ks. kuviot 1 ja 2). Väylän molempien päiden pitää olla aktiivisia väyläpäättäntöjä. Väylälohkoja voidaan lisätä, mutta tällöin pitää vahvistaa linjavahvistimia, jotka liittävät lohkoja toisiinsa tai yhdistävät laajennusyksiköitä. (Teollisuusväylätekniikka 2000.)



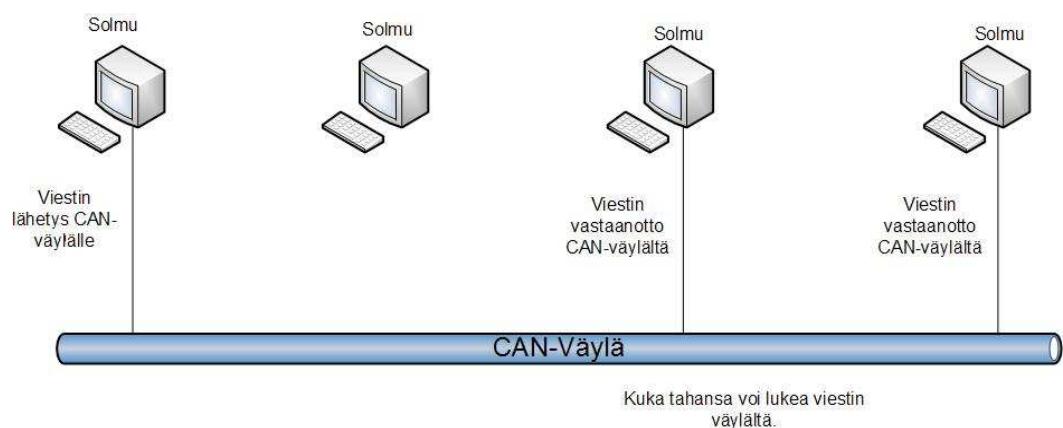
KUVIO 1. Uusia optisia profibus-väylän komponentteja (Siemens 2009)



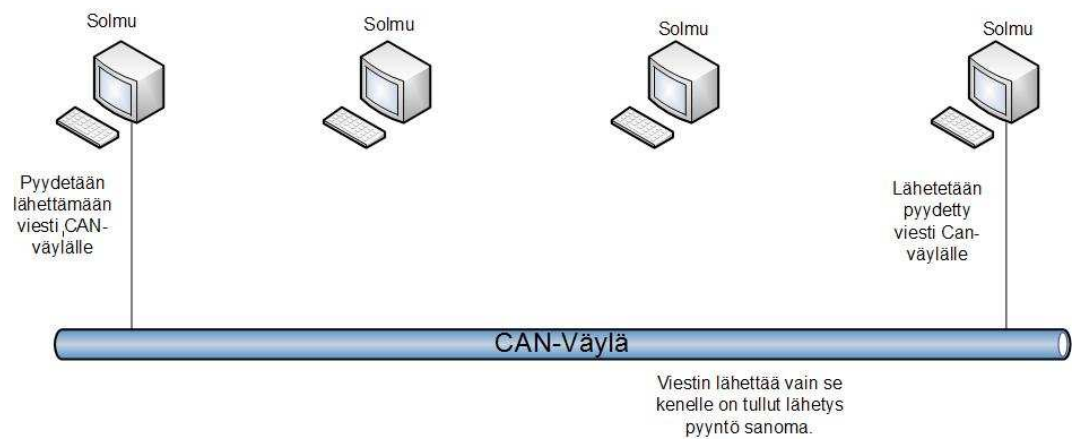
KUVIO 2. Esimerkki Profibus-väylästä (ICPDAS 2009)

5.4 CAN

Toinen yleisesti käytössä oleva väylä on CAN-väylä, jota käytetään pääsääntöisesti autoteollisuudessa. CAN-väylä on yksi hajautetun järjestelmän väylävaihtoehto. CAN-väylä sopii parhaiten teollisuudessa erilaisiin laitteisiin ja koneisiin. CAN-väylässä viestit lähetetään yleislähetteenä ja kohdesolmut ainoastaan kopioivat viestin itselleen. CAN-protokollasta on myös suurempitasoisia protokollia esimerkiksi SDS. SDS on tarkoitettu lähinnä vain ohjausjärjestelmiin ja I/O-laitteiden isäntä-orja-väliseen tiedonsiirtoon. CAN on alun perin rakennettu vain alemman tason tiedonsiirtoon, jota käyttävät lähinnä kulkuneuvot. CAN on yleisimmin käytetty väylä kulkuneuvoissa. CAN-väylän siirtonopeuden voi valita väliltä 125 kb/s-1 Mb/s. Siirtoetäisyyden kasvaessa nopeutta joudutaan pudottamaan huomattavasti, 500 m:n siirtoetäisyydellä käytetään hitainta siirtonopeutta. CAN-protokolla lähettää ja vastaanottaa pääsääntöisesti kahdeksan tavun viestejä, mutta peruspalvelun lisäksi tarvitaan usein myös korkeamman tason palveluita. Korkeamman tason palvelut toteutetaan ohjelmistoilla. Korkeamman tason palveluita ovat esimerkiksi: lohkosiiro, kuittauksellinen tiedonsiirto ja solmuvalvonta. Lähetettävä viesti lähetetään väylälle, josta jokainen viestin tarvitseva solmu kopioi viestin itselleen. Viestillä ei ole vastaanottajan eikä lähettäjän osoitteita vaan pelkkä viestin numero. Samaa numeroa ei saa käyttää useampaa kertaa, koska muuten tapahtuu törmäyksiä, joita CAN-protokolla ei salli. CAN-väylässä on mahdollista lähettää myös kyselyviestejä, jolloin pyydetään solmua lähettämään haluttu tieto väylälle. (ks. kuvat 3 ja 4) (Alanen & Virtanen. 1994, 61 ; Siirtola & Alanen. 1991, 44.)



KUVIO 3. Viestin lähetys



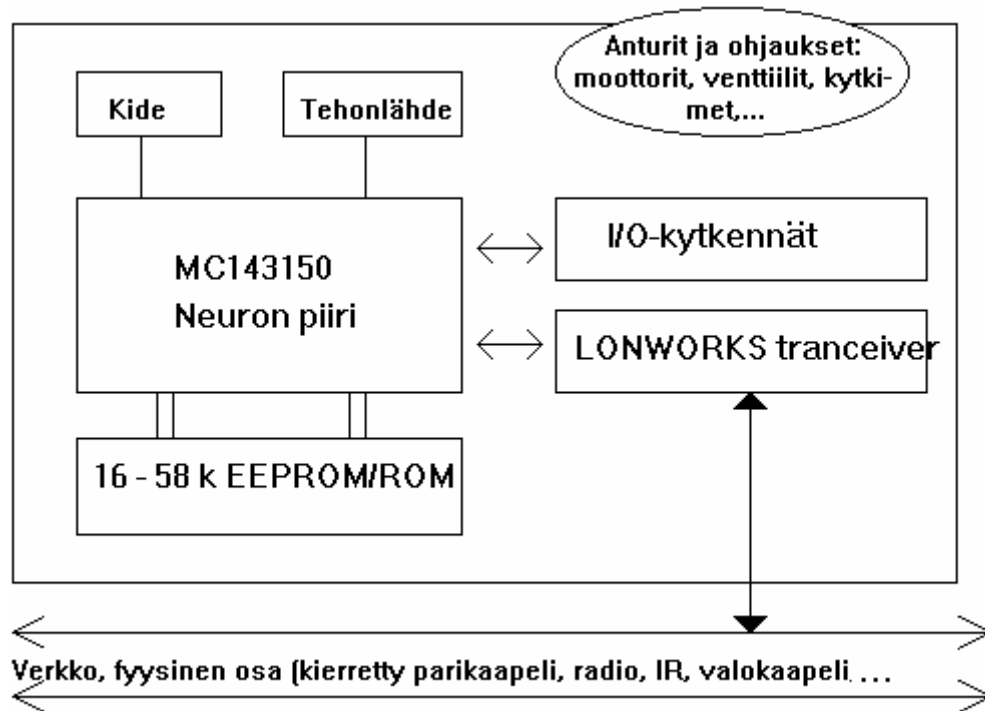
KUVIO 4. Kyselykehityksen lähettäminen CAN-väylälle

5.5 LON

LON-väylää käytetään yleensä teollisuudessa ja rakennusautomaatiossa. LON-väylässä kaikki väylän laitteet on nimetty omiksi yksilöiksi. LON-väylän kaikilla laitteilla täytyy olla oma prosessori, joka on tehty pelkästään LON-väylän takia ja sitä kutsutaan neutronpiiriksi. Prosessori pitää periaatteessa sisällään kolme mikroprosessoria. Jokainen mikroprosessori hoitaa omaa tehtävänsä, prosessorit ovat: mediaohjainprosessori (MAC), sovellusprosessori ja verkkoprosessori. Toisin kuin muut väylät, LON-väylä käyttää kaikkia seitsemää OSI-mallin kerrosta. (Avnet Nortec 1993, 12.)

Laitteet voidaan liittää LON-väylään usealla eri tavalla, koska LON-protokolla tukee langattomia ja langallisia yhteys tapoja. Yleensä laitteet kuitenkin liitetään väylään perinteisen parikaapelin avulla. Laitteiden liittäminen onnistuu myös muilla medioilla esimerkiksi: sähköverkolla, radiolinkillä, infrapunalla, valokaapelilla sekä koaksiaalikaapelilla. Käytössä oleva media vaikuttaa väylän nopeuteen, koska radioaalloilla ei päästä samoihin nopeuksiin kuin esim. koaksiaalikaapelilla. (LonWorks 1990, 19.)

LON-protokollan viesti koostuu useasta osasta. Ensimmäisenä tulee Preamble, joka synkronoi viestin. Preamble-osuuden jälkeen viestissä tulee varsinainen data, josta selviää otsikko, vastaanottajan osoite ja viesti. Viestissä virheenkorjauksen hoitaa CRC. Viestiin on mahdollista määrittää vielä prioriteettinumero, jolla määritellään, milloin viesti lähetetään eteenpäin. (ks. kuvio 5.) (Korhonen. 1996, 30.)



KUVIO 5. LON-väylän viesti (Netlab 1996)

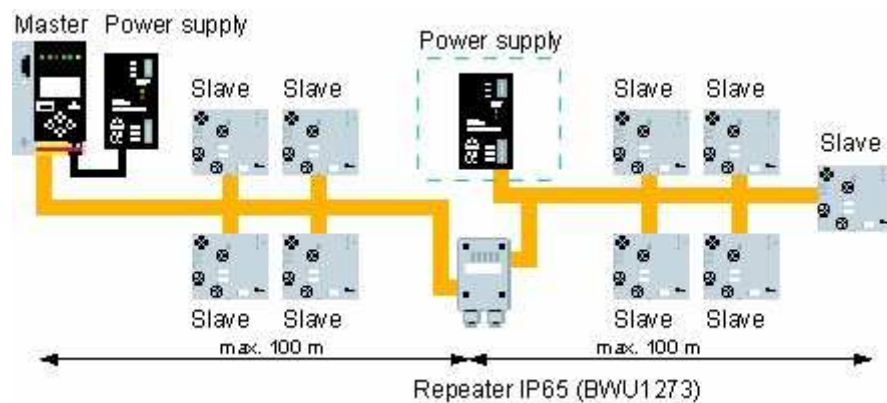
5.6 AS-i

AS-i-väylä on kehitetty, niin kuin muutkin väylät, vähentämään liityntä- ja johdotuskustannuksia komponenttien ja laitteiden liittymisessä ohjausjärjestelmään. AS-i-väylässä käytetään AS-i-väylän omaa kaapelia, joka on standardisoitu. Laitteet liitetään AS-i-väylään suoraan kytkemällä AS-i-kaapeli laitteeseen, näin liittymisestä ja laitteen pois ottamisesta on saatu helppoa. AS-i-kaapeli on muodoltaan epäsymmetrinen, joka vähentää väylän kytkemisvirheitä. AS-i-kaapeleita ei voida kuitenkaan rakentaa pitkiin välimatkoihin. Välimatka

suurimmillaan ilman toistinta voi olla n.100 m luokkaa. AS-i-väylä käyttää teholähteenään 24VDC:tä, jonka väylä saa yleensä muuntajan kautta. AS-i-kaapelissa kulkee samaan aikaan väylän teho ja data. (as-interface 2005.)

AS-i-väylän suurimmat hyödyt perustuvat helppoon ja yksinkertaiseen komponenttien ja laitteiden kytkemiseen. Tällöin kaikki laitteet ovat ketjussa AS-i-kaapelien avulla, jolloin jokaista laitetta ei tarvitse johdottaa eikä kytkeä I/O kortteihin. Laitteiden ja komponenttien lisääminen on varsin helppoa AS-i-väylän avulla. (as-interface 2005.)

AS-i-väylä pitää sisällään Master-yksikön, joka ohjaa väylän liikennettä (ks. kuvio 6). Väylän avulla Master-yksikkö on kytketty Slave-yksiköihin, joita ovat kaikki kentän komponentit ja laitteet. Master-yksikkö lähettää Slave-yksiköille kyselyitä, joihin Slave-yksiköt kertovat oman I/O tilansa. (Teollisuusväyläteknikka 2000.)



KUVIO 6. Esimerkki AS-i-väylästä (Hantekno 2009)

5.7 Väylävertailu

	Profibus	CAN	LON	AS-i
Käyttö	Automaatioteollisuus	Autoteollisuus	Rakennusautomaatiossa	Mikäli tarvitaan siirtää tehoa ja dataa samassa kaapelissa
Laitteiden liittäminen	Langallisesti omalla kaapelilla	Langallisesti omalla kaapelilla	Langallinen ja langaton	Langallisesti omalla standardisoidulla kaapelilla
Nopeudet	9,6kbit/s-12kbit/s	125kbit/s-1Mb/s	5kbit/s-1,25Mbit/s	Laitte riippuvainen nopeus
Max. pituudet	1200m, monimuotokuidulla 30km	500m	Parikaapelilla n.1000m, riippuvainen tiedonsiirto mediasta.	100m, vahvistimella 300m
Muuta	Tiedonsiirtoon kuituoptiikkaa	Laitteet kopioivat viestit väylältä, jos tarvitsevat viestiä. Tarjoaa myös korkeamman tason palveluita.	Kaikilla laitteilla oma prosessori. Käyttää OSI- mallin kaikkia kerroksia. Laitteiden liittäminen useilla medioilla. Viestiin voi lisätä prioriteetti numeron.	Master- ja slave-yksiköt. Master-yksiköt hallitsee liikennettä.

KUVIO 7. Väylävertailu

Väylät on suunniteltu jokainen omiin tarpeisiinsa. Väyliä vahvuudet on koottu niiden tarpeiden mukaan ja väylät eroavat toisistaan rakenteellisesti sekä viestien lähetyksellisesti (ks. kuvio 7).

6 YLEISTÄ SÄHKÖSUUNNITTELUSTA

Sähkösuunnittelu on yksi tärkeimmistä osista koko projektin suunnittelussa. Sähköiseen suunnitteluun käytetään paljon aikaa ja vaivaa. Suunnittelussa käytetään apuna useita eri menetelmiä ja tietokoneohjelmia, CADS Planner electric on yksi niistä. Ison projektin sähkösuunnittelu on ryhmätyötä muiden suunnittelijoiden kanssa.

6.1 Sähkösuunnittelun tarve

Sähkösuunnittelijan tehtävänä on löytää sopiva kokonaisuus ja tekniset ratkaisut, joiden avulla hän pystyy rakentamaan asiakkaan haluaman kokonaisuuden sovitussa aikataulussa ja annetun kustannusarvion mukaan. Suunnittelijan työhön vaikuttaa monia asioita, kuten lait, standardit ja suositukset. Sähkösuunnittelu ei kasvata paljoakaan koko projektin kustannuksia, mutta suunnittelu vaikuttaa noin 25 % projektin kustannuksista. Suunnittelun vaikutus kustannuksiin kasvaa entisestään kohteen ikääntyessä sekä kohteeseen tulevien mahdollisten muutoksien takia. Mikäli sähkösuunnittelija on onnistunut hyvin, suunnittelutulos näkyy parhaiten kokonaiskustannuksien pienentymisenä ja kohteen parempana laatuna. Tärkeänä lähtökohtana sähkösuunnittelun aloittamisessa on se, että suunnittelijan on tunnettava tulevan laitteiston toiminta todella hyvin ja ymmärtää oheislaitteiden vaatimukset. Tämän takia sähkösuunnittelijat käyvät usein laitteiston sijoituspaikalla, koska se selkeyttää tilannetta ja suunnittelussa voidaan näin ottaa huomioon myös mahdollisia häirtatekijöitä. (Sähköturva 2008.)

6.2 Sähkösuunnitelman sisältö

Sähkösuunnitelman sisältöön vaikuttaa hieman suunnitelman kohde, mutta perus asiat pysyvät samoina. Teollisuuden järjestelmien sähkösuunnittelu eroaa näin vain hieman normaalin omakotitalon suunnittelusta. Teollisuuteen rakennettavissa järjestelmissä on käytössä pääsääntöisesti moottoreita ja ohjausjärjestelmiä, mutta periaatteeltaan teollisuuden ohjausjärjestelmät suunnitellaan samoin perustein

talon sähkösuunnittelun kanssa. Sähkösuunnitelman perusteella kohde rakennetaan, asennetaan ja kytketään, joten suunnitelman täytyy olla helposti luettavissa ja yksinkertaisesti esitettynä. Kokonainen sähkösuunnitelma pitää sisällään ainakin tasokuvat, joista käy sähkölaitteiden sijoittelu ilmi sekä keskus-, piirikavio-, johdotus- ja logiikkakuvat. Sähkösuunnitelmaa täydennetään luetteloilla kuten kaapeli-, moottori- ja laiteluettelolla. (Joensuu 2008, 6.)

6.3 Sähkösuunnitelman tekeminen

Sähkösuunnittelun tekeminen aloitetaan mekaniikan kuvien perusteella. Mekaniikan kuvista ja mekaniikan osaluetteloista selviävät kaikki käyttöön tulevat laitteet ja venttiilit. Mekaniikan kuvat pitävät sisällään myös ns. virtauskaavion, josta selviää prosessin laitteiden käyttöjärjestys. Virtauskaavion ja mekaniikan osaluetteloiden perusteella tehdään laiteluettelo, jotta saadaan varmasti kaikki laitteet dokumentoitua. Laiteluettelosta selviävät laitteiden koodit, nimet, lyhyt selostus toiminnasta, muistiinpanot, valmistajat, tyypit, tehot, käyttöjännitteet, ohjauspiirit, sijoituspaikat sekä kotelointi. Sähkösuunnitelman logiikkakeskusten kuvat ja moottorikeskusten kuvat suunnitellaan erikseen. (Joensuu 2008, 7.)

Sähkösuunnitelma tehdään käyttäen apuna sähkösuunnitteluun rakennettuja tietokoneohjelmistoja. Ohjelmistot nopeuttavat ja helpottavat suunnittelutyötä verrattuna ennen käytettyyn piirrä paperillesuunnitteluun. Ohjelmistot mahdollistavat myös helpomman päivitysmahdollisuuden. Ohjelmistot pitävät sisällään tasokuvien ja piirikaavioiden piirtämiseen tarvittavat piirrosmerkit. Piirrosmerkit on usein syötetty ohjelmistoon valmiiksi, joten suunnittelu nopeutuu. Kokemuksella on suuri osuus suunnittelussa. Ohjelmistojen tehokas käyttö vaatii hieman kokomusta ohjelmasta, jotta siitä saadaan kaikki hyöty irti. Suunnittelija täytyy myös osata lukea laitevalmistajien katalogeja ja esitteitä. Laitevalmistajilta saadaan tietoa uusista laitteista ja laitteiden kehityksestä. Tämän takia yrityksissä järjestetään koulutuspäiviä, jotta laite kehitys siirtyisi myös sähkösuunnitteluun. (Joensuu 2008, 7.)

6.4 CADS

Sähkösuunnitteluohjelma, jota opinnäytetyön käytännönsuudessa käytetään, oli nimeltään CADS Planner electric ja käytössä oli myös CADS:stä tehty suomalainen päivitys. CADS Planner electric on yleiskäyttöinen cad-ohjelma, jota julkaisee Kyndata Ltd. CADS Planner Electric soveltuu laajasti sähkö- ja automaatioalan eri suunnittelu- ja dokumentointitarpeisiin: rakennussähköistykseen, teollisuussähkö- ja automaatio sekä keskusten layout-suunnitteluun. SähköCADS on tutkitusti ollut Suomen käytetyin ohjelmisto sähkösuunnittelussa ja -urakoinnissa. Ohjelmisto tuottaa DRW-, DWG-, DXF- ja PDF-tiedostomuotoja sekä lukee DRW-, DWG- ja DXF-tiedostoja. Tietomallipohjaisen suunnittelun tarpeisiin CADS Planner Electric Pro tuottaa 3D-mallista IFC 2x3:n mukaiset tiedostot. Yhdessä DB-tietokantajärjestelmän kanssa Electric Pro laajenee tietokantapohjaiseksi suunnittelutyökaluksi, jossa suunnittelutietoa hallitaan projektikohtaisesti tietokannoissa, ja suoraan tietokannoista tuotetaan erilaiset luettelot sekä listat. (CADS Planner 2008.)

6.5 Hajautusjärjestelmä

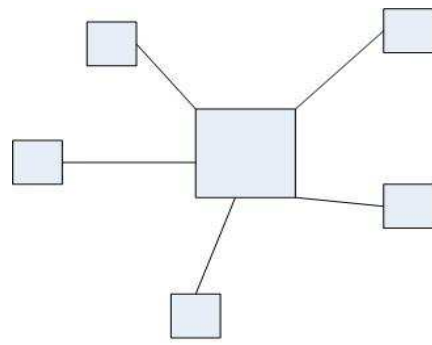
Hajautettu ohjausjärjestelmä pitää sisällään älykkäitä ohjausjärjestelmiä, jotka kykenevät toimimaan itsenäisesti ilman käyttäjän valvontaa. Ohjausjärjestelmien äly- ja liitosrajapinnat ovat erillään toisistaan eli sijoitettu eri paikkoihin. Älyä sisällään pitävät komponentit ovat yleistyneet, joten hajautettua järjestelmää ja älyä pidetään tulevaisuutenakin. Hajautetussa ohjausjärjestelmässä jokainen osa osaa hoitaa oman tehtävänsä, vaikka jokin järjestelmän osa vikaantuisi tai olisi jostain syystä pois käytöstä, järjestelmän osat eivät siis vaikuta toisiinsa. Tämän takia hajautettu järjestelmä on hyödyllinen, koska täten harvoin koko prosessi pääsee jähmettymään ja näin minimoidaan riskejä teollisuudessa. (Epec 2009.)

Hajautetun ohjausjärjestelmän eri osat yhdistetään väylällä, mahdollisia väylävaihtoehtoja ovat esimerkiksi: LON-väylä, CAN-väylä, AS-i-väylä ja Profibus-väylä. Väylän avulla järjestelmien osat vaihtavat tietoja keskenään ja kommunikoivat, kun väylä yhdistää eri osat toisiinsa saadaan kokonainen ohjausjärjestelmä. Kokonaista ohjausjärjestelmää voidaan hallita vain yhdestä

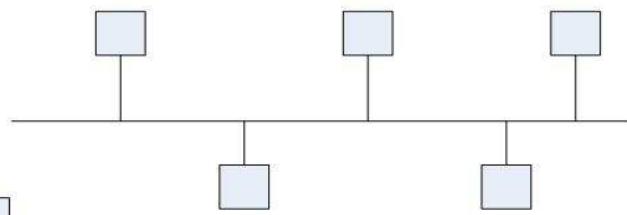
paikkaa, joka on tavallinen työasema, jolla on nämä oikeudet. Hajautetun järjestelmän tärkein ominaisuus on tiedon varastointi ja käsittely mahdollisimman lähelle tiedon käyttöpaikkaa. Ohjausjärjestelmän fyysiset osat ovat hyvin pieniä, joten osat on helppo sijoittaa haluamaansa paikkoihin. Fyysiset laitteet kestävät myös hyvin erilaisia olosuhteita, joka on tärkeä ominaisuus teollisuudessa. Ohjausjärjestelmän osaan kytketään antureita ja toimilaitteita. Anturit ja toimilaitteet voidaan kytkeä lyhyillä johdoilla järjestelmään, näin järjestelmästä saadaan vikasietoisempi, viiveettömämpi sekä paljon häiriötekijöitä saadaan poistettua lyhyiden kaapelien avulla. Jokainen ohjausjärjestelmän osa toimii siis itsenäisesti, joten jatkuva tiedonsiirto jää pois ja näin liikennöinti nopeutuu. Hajautetussa ohjausjärjestelmässä huoltotöiden mahdollistaminen on helpompaa, koska komponentit ovat pieniä, helppokäyttöisiä sekä vaivattomasti vaihdettavissa. (Epec 2009.)

6.5.1 Hajatustopologiat

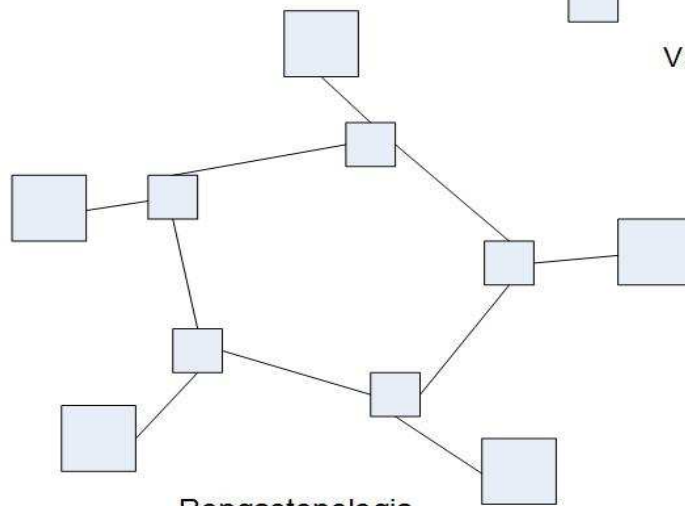
Hajatustopologioita on käytössä neljää eri tyyppiä: tähti-, väylä-, puu- ja rengastopologia (ks. kuvio 8). Hajatustopologioista väylä- ja puutopologia on käytetyimpiä topologioita, koska väylä- ja puutopologioihin uusien laitteiden lisääminen on helppoa. Puutopologia on pohjaltaan väylätopologia, mutta hieman muuteltuna. Väylätopologiassa kaikki laitteet jakavat saman väylän, mutta väylää saa käyttää vaan yksi laite kerrallaan. Laitteen lähettäessä paketin, paketti kulkee väylää pitkin kaikille laitteille, mutta vain vastaanottava laite kopioi sen itselleen. (Stallings. 1985, 329.)



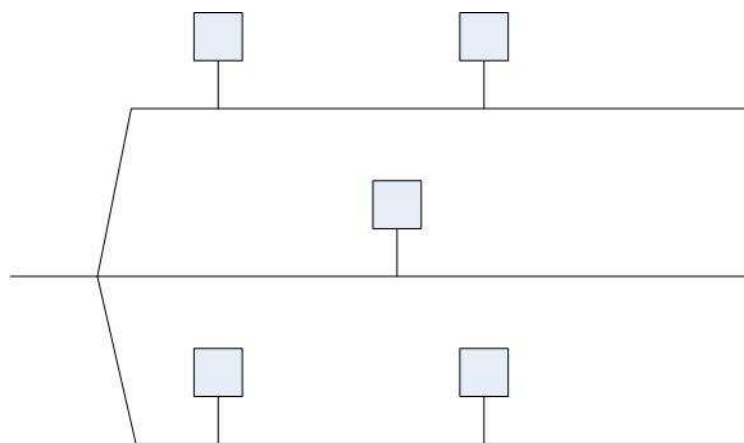
Tähtitopologia



Väylätopologia



Rengastopologia



Puutopologia

KUVIO 8. Hajatustopologiat

Voi olla tilanne, että useampi laite haluaa lähettää tietoa eteenpäin. Tätä varten täytyy olla protokolla, jolla vältytään törmäyksiltä sekä voidaan hallita verkkoa. Väylä- ja puutopologiassa käytetään usein CSMA- (Carrier Sense Multiple Access) protokollaa. (Stallings. 1985, 329.)

CSMA-protokollaa noudattava verkkohallinta toimii törmäyksiä vastaan. Kun törmäys huomataan, niin kaikille verkon laitteille lähetetään viesti törmäyksestä. Tämän jälkeen jokainen laite odottaa tietyn ajan ja yrittää lähettää paketin uudelleen. Tämä protokolla toimii hyvin, mikäli verkko ei ole kuormitettu täydeksi. (Stallings. 1985, 297.)

Hajautettu I/O hyötyy samalla tavalla järjestelmän hyödyistä. Kaikki I/O on kerätty tiettyihin pisteisiin ja tätä kautta tieto siirretään profibus-väylää pitkin päätelaitteelle. Hajautettu I/O on paljon käytännöllisempi kuin keskitetty I/O. Hajautuksella vähennetään kaapelointia, lisätään joustavuutta ja luotettavuutta sekä hajautettu I/O on edullisempi. (Stallings. 1985, 297.)

6.5.2 Hajautuksen hyötyjä ja haittoja

Hajautetulla järjestelmällä on myös haittapuolia muihin ohjausjärjestelmiin verrattuna, mutta enemmän hyötyominaisuuksia. Hajautetulla järjestelmällä on runsaasti etuja verrattuna keskitettyyn järjestelmään. Hajautetun järjestelmän skaalaaminen on helpompaa ja järjestelmän laajentaminen onnistuu lisäämällä vain uusi solmu järjestelmään. Toiminnallisuutta voidaan helposti lisätä syöttämällä järjestelmään uusi toiminto tai lisäämällä solmu ja toiminto. Keskitetyissä järjestelmissä toiminnon lisääminen voi olla vaikeaa, koska järjestelmän kapasiteetin lisääminen ei onnistu. Hajautetuissa järjestelmissä säästetään kustannuksia johdotuksessa verrattuna keskitettyyn järjestelmään, koska keskitetyssä järjestelmässä jokaiselle laitteelle täytyy vetää oma johdotus, kun hajautetussa järjestelmässä kaikki kommunikoivat yhden väylän kautta. Jos isäntäkone kommunikoi orjakoneilleen analogisesti, isäntäkone tarvitsee kaksi

kertaa suuremman kaistanleveyden verrattuna digitaaliseen kommunikointiin. Hajautettu järjestelmä monimutkaistaa kasvaessaan järjestelmää, koska mahdollisuudet myös kasvavat, tällöin verkon hallinta vaikeutuu ja jopa koko järjestelmän suorituskyky voi laskea. Tämän takia suunnittelu täytyy tehdä huolella. Haittapuolena on myös väylän käyttö. Mikäli väylä menee poikki, katkos lamaannuttaa aina osan järjestelmän solmuista. Analogisessa isännän ja orjan välisessä kommunikoinnissa siirtojärjestelmän katkeaminen lamauttaa vain yhden laitteen toiminnan. (Madan. 1994, 11.)

Toiminnan hajauttaminen suoritetaan väylien avulla. Toiminnallisessa hajautuksessa verkon solmuissa on enemmän järkeä kuin normaali I/O-laitteessa. Solmuille on annettu omat tehtävät, joita ne suorittavat. Tämän takia järjestelmällä pystytään suorittamaan todella monimutkaisiakin ohjaussovelluksia. Esimerkkinä hajautetusta toiminnasta on LON-väylä. LON-väylän laitteet sisältävät oman mikroprosessorin, joka suorittaa tehtävät.

6.5.3 Ohjauksen hajautus

Ohjauksen hajauttaminen tarkoittaa koko järjestelmän ohjauksen hajauttamista. Ohjauksen hajauttaminen ei ole helppo suorittaa, koska jokaisen osaohjauskeskuksen täytyy kyetä kommunikoimaan muiden osaohjauskeskusten kanssa ja toimimaan yhdessä. Solmuissa tapahtuvien vikatilanteiden tai poikkeustilojen hallinta on paljon monimutkaisempaa hajautetussa ohjauksessa kuin keskitetyssä ohjauksessa. Keskitetyssä ohjauksessa kaikki toiminnot tapahtuvat samanaikaisesti ja samassa järjestyksessä. Hajautetun ohjauksen toteuttamisessa käytetään tekoälyyn perustuvaa tekniikkaa. (Wooldridge & Jennings. 1994, 407.)

6.5.4 Toimistoautomaation ja ohjaussovellusten hajautuksien erot

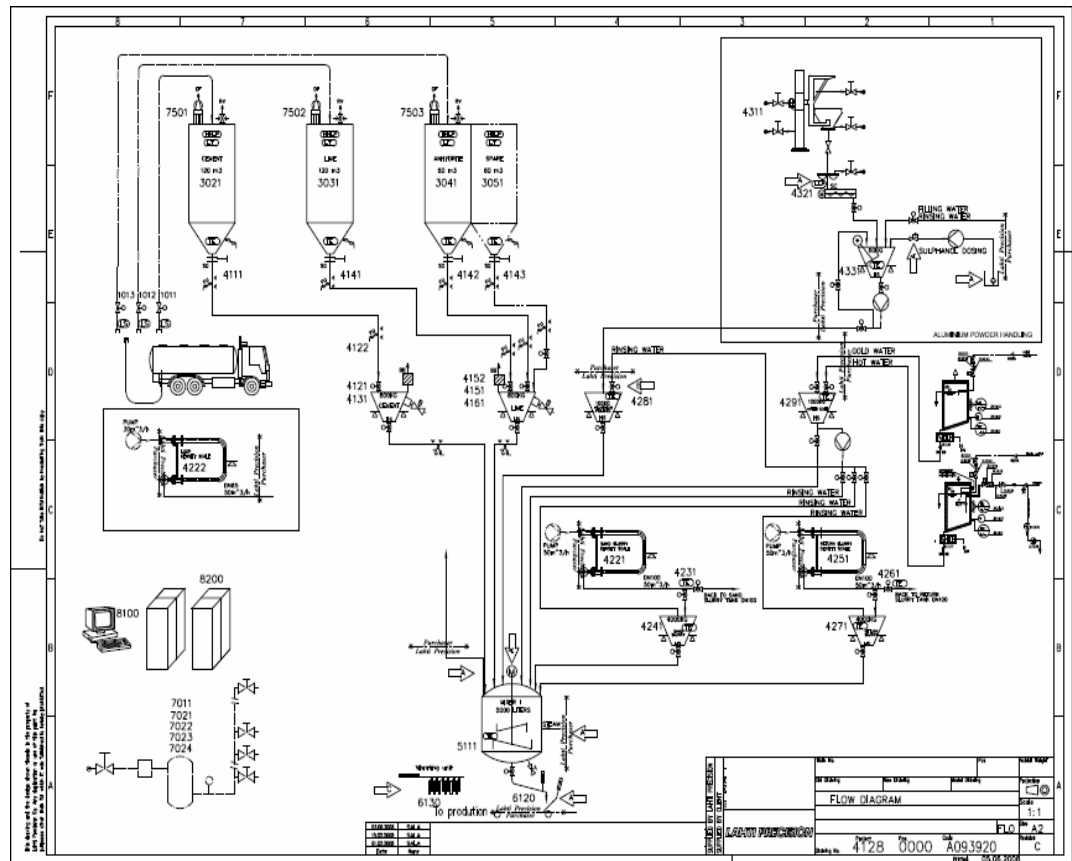
Ohjaussovellusten hajauttaminen eroaa toimistoautomaation hajautuksesta. Toimistoautomaation hajautuksessa suorituskkyä mitataan bittiä sekunnissa-yksiköllä kun taas automaatioteollisuuden hajautuksessa käytetään ennemminkin viestejä sekunnissa-yksikköä. Toimistoautomaation tiedonsiirtotarpeet ovat erilaiset kuin teollisuudessa. Teollisuudessa laitteet toimivat 24 tuntia vuorokaudessa, eikä katkoksiin ole varaa tai katkokset voivat aiheuttaa jopa vaaratilanteita. Toimistoautomaatiossa laitteet katkaistaan päivän päätyttyä, eikä katkoksista saa tulla haittoja. Teollisuudessa on myös paljon suuremmat olosuhteet, on suuria tehdashalleja, joissa voi olla käytössä jopa kymmeniä tuhansia laitteita. Toimistojärjestelmissä laitteiden määrä on paljon pienempi, mutta laitteet ovat monimutkaisempia kuin teollisuusjärjestelmässä. (Vähämäki. 1997, 10.)

7 LOGIikkakeskuksen SÄHKÖINEN SUUNNITTELU

Tämän opinnäytetyön käytännön osuus suoritettiin yrityksessä nimeltä Lahti Precision Oy. Työn tarkoituksena oli suunnitella ohjauksen sähköistys annostelu- ja punnitusjärjestelmään eli piirtää sähkökuvat ohjauksen kytkemiseksi. Lahti Precision Oy suunnittelee myös mekaaniset kuvat ja kaiken tarvittavan järjestelmää varten. Valmiit ohjauksen sähkökuvat otetaan käyttöön keyybetonitehtaassa Ukrainassa. Lahti Precision suunnittelee järjestelmän ja kokoaa sähkökaapit Lahdessa. Kootut ja testattu sähkökaapit lähetetään kaikkine osineen kohdemaahan. Kohdemaassa järjestelmä kootaan ja otetaan käyttöön.

Ennen kuin mekaanista- ja sähköistä suunnittelua aletaan tehdä, Lahti Precision on tarjonnut asiakkaan toiveiden ja vaatimuksien mukaisia mekaanisia laitteistoja, joihin kuuluu myös ohjauslaitteisto. Kun asiakas on hyväksynyt tarjouksen järjestelmästä, aloitetaan koko järjestelmän suunnittelu vasta tämän jälkeen. Projektin suunnittelu aloitetaan ensin mekaanisten kuvien osalta. Mekaanisten kuvien perusteella sähkösuunnittelijat alkavat tehdä omaa työtään.

Mekaniikan suunnittelijalta saadun virtauskaavion (ks. kuvio 9) ja osaluetteloiden perusteella aletaan suunnitella omaa sähköistä ohjausta. Virtauskaaviosta selvitetään kaikki tarvittavat sähkölaitteet, jotka on merkattu numerokoodein, sekä samalla nähdään järjestelmän kokonaiskuva. Virtauskaaviosta selviää myös järjestelmän kulku ja mekaanisten laitteiden sijainti, jonka perusteella koko järjestelmä jaetaan kenttäkoteloryhmiin sekä ohjausjänniteryhmiin. Samaan aikaan toimivat laitteet kuuluvat aina samaan ryhmään, näin järjestelmän osat saadaan pyörimään oikeassa järjestyksessä. Kaavion ja osaluetteloiden perusteella rakennetaan myös laitelista, josta selviävät helposti kaikki järjestelmän laitteet ja niiden tiedot sekä sijainnit. Käytettäviä laitteita ovat esimerkiksi: venttiilit, vaa'at, moottorit, ohjauslaatikot, painekeytkimet, anturit, hätä-seis piirit, sekoitin ja tärytin. Jokainen järjestelmästä löytyvä laite piirretään varsinaisiin logiikan sähkökuviin ja kytketään oikealla tavalla. Suunnittelemani järjestelmässä on noin 220 eri sähkölaitetta, joista suurin osa kuuluu logiikanohjaukselle.



KUVIO 9. Virtauskaavio

Varsinaisen logiikan sähkökuvien piirtäminen aloitetaan vasta kun laiteluettelo on täysin valmis. Logiikan sähkökuville oli tehty pohja valmiiksi, koska muut maailmalle menevät tehtaat toimivat samalla periaatteella, mutta eri osilla. Logiikan kuvien alussa on ns. sisällysluettelosivu (ks. kuvio 10), josta selviää logiikan kuvien sisältö. Kuvat pitävät sisällään: jännitejaon, ohjausjännitteet kaikille jännitejaon mukaan, hätä–seis-piirit, ohjelmointilaitteen kontrollointi sekä ohjelmointilaitteen digitaaliset inputit/outputit, vaakojen kontrollointi sekä jokaisen kenttäkotelon input/output-piirit. Kenttäkotelot jaetaan ryhmiin virtauskaavion perusteella. Suunnittelussa käytetään hajautettua järjestelmää, joten tämän takia kenttäkotelot on sijoitettu ympäri koko tehdasta. Hajautettuun järjestelmään päädyttiin, koska kustannukset pienenevät ja laitteiden tietoa päästään käsittelemään lähempänä kohdelaitteita. Sisällysluettelosta pääsee viitteiden kautta haluamalleen sivulle. Viittaukset näkyvät kuvassa pieninä nuolina otsikon perässä. Viittauksesta selviää myös sivu, jolta kyseinen otsikko alkaa, sekä tarkka piste koordinaatiston mukaan.

materiaalia, jotta seoksesta saadaan oikeanlaista. Ohjausjännitteen 1L31:n tarkoitus on ohjata materiaalien sekoitusta. Kun kaikkia materiaaleja on saatu annosteltua oikea määrä, materiaalit lasketaan suureen sekoittimeen, joka sekoittaa materiaalit keskenään. Sekoittimen lopputuloksena saadaan haluttu seos, joka kovettuessaan muodostaa kevytbetoniharkkoja eli Siporexia. Rajakytkimen ohjausjännite pitää huolen turvarajakytkimestä, joka sijaitsee sekoittimen huoltoluukussa. Tämä estää sekoittimen käynnistymisen, jos huoltoluukku on auki. Turvaraja on kytketty turvareleeseen, joka on liitetty sekoittimen hätä–seis-piiriin. Kun sekoittimen huoltoluukku aukaistaan, katkeaa sekoittimen ohjausjännite ja sekoitin pysähtyy ja sekoitinta täyttävät venttiilit menevät kiinni. Valmis seos pitää sisällään myös alumiinia. Ohjausjännite 1L41 ohjaa alumiinin annostelua ja sekoitusta. Alumiinijauhe sekoitetaan veteen, josta saadaan lopputuloksena tarvittava liuos. Lopputuloksena saatu liuos annostellaan omaan vaakaansa, josta liuos jatkaa sekoittimeen. Siporex-tuote tarvitsee myös hiekkaa saadakseen oikeanlaisen seoksen. 1L51-ohjausjännite ohjaa hiekkaseoksen kulkua sekoittimeen. Hiekkaseos annostellaan omiin vaakoihinsa, mutta seosta tarkkaillan tiheysvaakan avulla. Tiheysvaaka toimii kierrätys-periaatteella, jossa hiekkaseos kiertää putkiston läpi. Putkiston alle on asennettu vaaka, joka punnitsee putkiston painoa jatkuvasti. Mitä enemmän putkisto painaa, sitä paksumpaa seos on. Hiekkaseosta laimennetaan veden avulla. Ohjausjännite 1L61 on sekoittimen alla olevan tyhjennysaltan laitteita varten. Tästä altaasta ylimääräinen jätös kierrätetään uudestaan käyttöön. Suuret kevytbetoniharkot sahataan sopivan kokoisiksi; kyseistä toimenpidettä ohjaa ohjausjännite 1L71. Sahauksesta harkot menevät vielä uuniin, jonka jälkeen tuloksena on valmistuote, jota kaikki voivat ostaa rakennusliikkeistä.

Ohjausjännitteiden jälkeen sähkökuvissa tulee hätä–seis-piiri. Hätä–seis-piiri oli suunniteltava hajautetulle järjestelmälle. Hätä–seis-piiri kulkee logiikkasähkökaapista aina kentällä oleville sähkökoteloille IOB10 (materiaalin vastaanotto), IOB20 (materiaalin vastaanotto), IOB30 (annostelu), IOB40 (annostelu), IOB50 (sekoitin), IOB60 (alumiinin käsittely), IOB70 (leikkaus), IOB80 (hiekkaseos ohjaus) asti. Jokaiseen kentällä olevaan koteloon oli kytkettävä vähintään yksi hätä–seis-painike, joka pysäyttää kyseisen ohjausjännitteen.

Logiikkakaapista lähtee jokaiselle kentällä olevalle kaapille oma hätä–seis-kaapeli, kaapelit on kytketty omaan riviliitinrimaansa logiikkakaapissa.

Ohjelmoitavan logiikan virransyöttö näkyy kuvissa seuraavaksi. Logiikkaohjaus suunniteltiin Siemensin Simatic S7-400-logiikalla, koska yritys käyttää S7-400-logiikkaa muissakin annostelujärjestelmissä ja S7-400-logiikka on todettu hyväksi. Logiikka pitää sisällään sähkönsyöttöyksikön, CPU-osan, kommunikointiyksikön sekä digitaaliset input/output-lohkot. Output-lohkon kautta logiikan tiedot saadaan näkyviin ja input-lohkon kautta tiedot tulevat kenttäkaapeilta logiikalle. Logiikkakeskus on yhteydessä myös moottorikeskuksien kanssa. Jokaiselle keskukselle tai kaapille täytyi laittaa oma riviliitinsarja, jota kautta logiikkakeskus keskustelee muiden keskusten kanssa.

Digitaalisiin inputteihin tulee tietoa järjestelmän eri osilta ja ohjausjännitteiltä. Jokaiselle järjestelmän osalle ja ohjausjännitteelle täytyi antaa oma input-osoite, jotta logiikassa ei tulisi päällekkäisyyksiä. Outputit koostuvat lähinnä vain hätä–seis-piirin merkkilampuista, jotka antavat tietoa järjestelmän hätä–seis-piirien tilasta ulospäin ihmissilmälle.

Vaakojen ohjaus on yksi tärkeimmistä osa-alueista. Kuvista (ks. kuvio 10) näkee vaakojen kytkemisen sekä anturit. Jokainen vaaka tarvitsee oman ohjaustiedon ja myös jokainen vaaka on yhteydessä omaan kenttäkotelonsa input/output-kortteihin. Vaa´at on yhdistetty oman kenttäkotelonsa ethernet-kytkimeen, jota kautta vaakojen tiedot siirretään yhteiselle ethernet-kytkimelle, joka sijaitsee logiikkakeskuksessa. Yhteisen ethernet-kytkimen avulla tiedot saadaan tietokoneen näytölle asti. Vaa´at sijoitettiin annostelusiilojen yhteyteen, jossa ne punnitsevat annosteltavaa materiaalia.

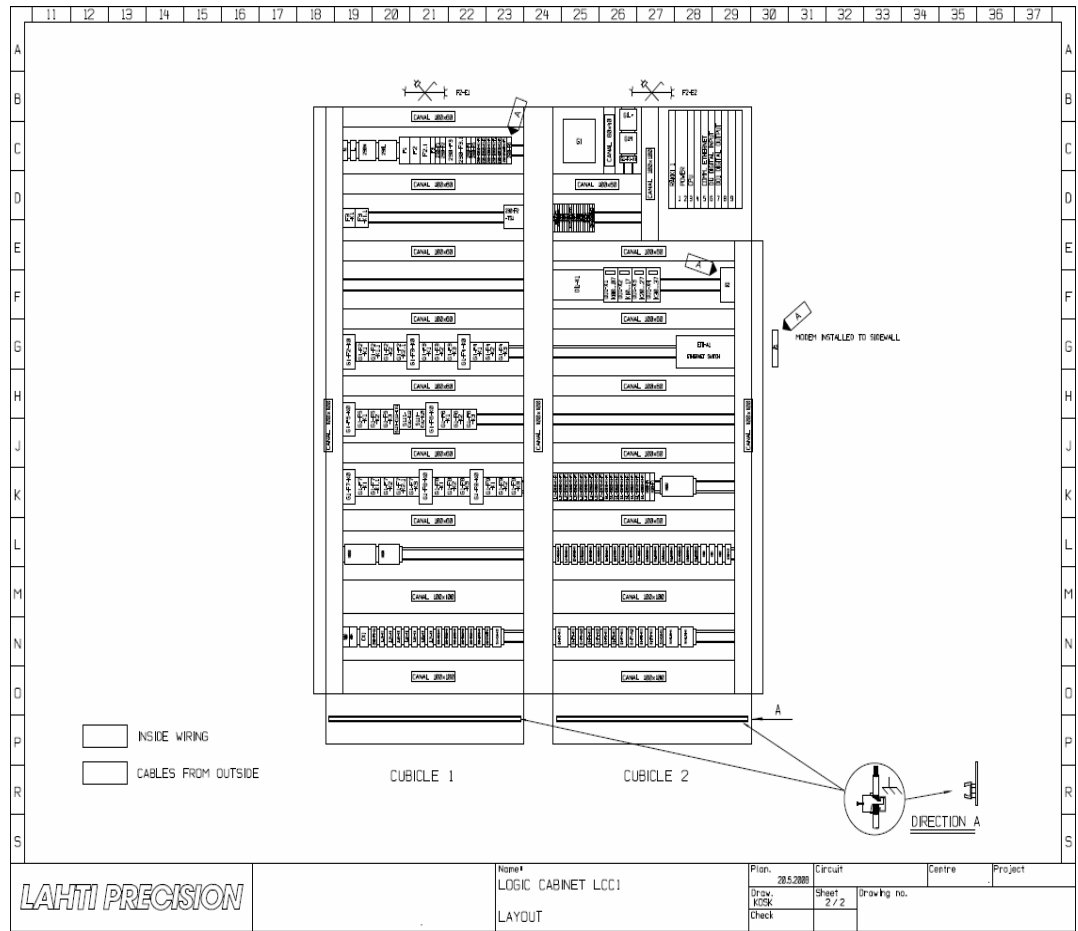
IOB10-IOB80-koteloihin on suunniteltu kenttälaitteiden inputit ja outputit. Kenttäkoteloihin on mukana ohjausjärjestelmässä, koska järjestelmä suunniteltiin hajautettavaksi. Järkevin hajautustopologia on väylätopologia, jossa kaikki hajautetut osat ovat yhteydessä toisiinsa Profibus-väylän kautta. Sähkökuvissa kenttäkoteloiden inputtien ja outputtien esitys aloitetaan aina korttien

sähköistyskuvilla, joista selviävät ohjausjännitteet ja korttien määrä. Jokaisessa korttipaketissa täytyy aina ensimmäisenä olla jännitejakokortti, joka jakaa jännitettä eteenpäin input- tai output-korteille. Yksi jännitejakokortti antaa jännitettä kuudelle input- tai output-kortille eli joka seitsemäs kortti täytyy olla jännitejakokortti. Korttien sähköistyskuvien jälkeen suunniteltiin kenttäkotelon input-korttien kytkennät. Digitaalisiin input-kortteihin on kytketty kaikki kenttäkotelon alueella olevat kytkimet, joista annetaan tieto halutulle laitteelle. Järjestelmässä on käytössä myös lämpötila-antureita ja pintamittareita, jotka kytketään erikseen analogisiin input-kortteihin. Analogiset input-kortit on esitetty digitaalisten input-korttien jälkeen. Analogisien input-korttien jälkeen suunniteltiin digitaaliset output-kortit. Output-kortteihin kytketään kaikki kentällä olevat venttiilit. Venttiilit on yleensä sijoitettu järjestelmässä annostelukartion yhteyteen. Venttiilit tyhjentävät annostelukartiot päästämällä materiaalin eteenpäin järjestelmässä. Kenttäkotelo-kortteihin on lisätty myös hätä–seis-piirin toinen kosketin, josta saadaan tieto, mikä hätä–seis-painike on aktivoitunut.

Logiikan sähkökuvien loppuun suunniteltiin yleisnäkymä järjestelmän rajapinnoista. Kuvista näkee, kuinka jokainen kenttäkotelo on yhteydessä toisiinsa Profibus-väylän kautta. Kenttäkoteloiden järjestys riippuu kotelon sijainnista. Väylän suunnittelussa on minimoitu väyläkaapelin pituus. Moottorikeskukset ovat samassa Profibus-väylässä logiikan kanssa, koska moottorikeskusten ja logiikkakeskuksen on toimittava yhteistyössä.

Sähkökuvien kaapelit merkittiin, koska näin kuvista saatiin selkeämmät ja näin asentajat näkevät heti, mihin kyseinen kaapeli on menossa. Kuvissa täytyi näkyä myös riviliitinkoodit, jotta asentajat tietäisivät laittaa oikean määrän liittimiä logiikkakeskukseen. Tämä selventää kytkemistä ja auttaa vikatilanteiden kartoittamista. Keskusten ja koteloiden komponentit täytyi etsiä yrityksen sisäisestä tietokannasta, jonka perusteella laaditaan ko. keskuksen tai kotelon osaluettelo. Osaluetteloiden perusteella tilataan osat valmistusta varten. Suunniteltuun järjestelmään liitettiin Hess Group-nimisen yhtiön järjestelmän osia, jotka ilmenevät kuvissa omina laatikkoinaan.

Logiikkakeskuksesta täytyi vielä suunnitella sähkökuvien lisäksi layout-kuvat. (ks. kuvio 11). Layout-kuvista selviää kaikkien keskuksen komponenttien sijoitussuunnittelu niin keskuksen sisällä kuin ulko-ovessakin. Suunnittelin layout-kuvat myös kenttäkoteloista, jotta saataisiin valittua oikean kokoinen kotelo komponenttien määrän mukaan. Suunnitelman teossa piti ottaa huomioon jokaisen komponentin koko sekä tarvittava kytkentätila. Layout-kuva piirrettiin todellisessa mittakaavassa eli komponentit oli suhteutettu keskuksen koon mukaan. Layout-kuvissa ryhmittely on tehty komponenttien mukaan, esimerkiksi logiikkakeskuksen layout-kuvissa kaikki vahvavirtapuolen komponentit ovat vasemmalla yläkulmassa ja riviliittimet on sijoitettu keskuksen alaosiin. Simatic S7-400-logiikka näkyy layout-kuvassa oikealla ylhäällä, josta selviävät mm. logiikan lohkot. Keskuksen vasemmalla puolella keskellä ovat kontaktorit, jotka vaativat eniten tilaa keskuksen laitteista. Oikealla keskellä ovat ohjauksen jännitteiden sulakkeet sekä ethernet-kytkin, jolla keskus kommunikoi muiden hajautuskoteloiden kanssa. Kenttäkotelot pitävät sisällään pääosin pelkästään input- ja output-kortit ja riviliittimiä, mutta suunnittelussa täytyi ottaa huomioon käytössä olevien koteloiden koot. Komponentit täytyi suunnitella mahdollisimman pieneen koteloon, mutta ottaen huomioon tarvittava kytkentätila, sillä ei ole kustannuksellisesti kannattavaa laittaa muutamaa riviliittintä valtavan kokoiseen koteloon. Suuri kotelo vie myös paljon tilaa ja kotelon sijoittaminen on vaikeampaa. Valmiista logiikkakeskuksesta otettiin vielä valokuvat arkistointia varten. (ks. kuvio 12.)



KUVIO 11. Logiikkakeskuksen layout-kuva



KUVIO 12. Valmis logiikkakeskus

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toimiva ja käytännöllinen ohjauksen sähköistys annostelu- ja punnitusjärjestelmään, joka otetaan käyttöön kevytbetoni tehtaassa, sekä perehtyä ohjausjärjestelmien ja logiikoiden toimintaan. Asetettu tavoite täyttyi, sillä kokemusta kertyi paljon sähkösuunnittelusta, ohjauksesta ja järjestelmistä sekä logiikan ja ohjausjärjestelmän sähköistys onnistui mallikkaasti. Logiikan ja ohjausjärjestelmän sähköistämisen suunnittelu on vain pieni osa koko järjestelmän sähköistä suunnittelua. Sähköinen suunnittelu pitää logiikan ja ohjausjärjestelmän lisäksi sisällään muitakin osa-alueita, esimerkiksi moottorikeskuksen sähköisen suunnittelun. Kun kaikkien tarvittavien osa-alueiden sähköinen suunnittelu on tehty, voidaan aloittaa sähkökaappien kasaaminen ja näin saadaan toimiva järjestelmä, esimerkiksi annostelu- ja punnitusjärjestelmä.

Opinnäytetyö pitää sisällään tietoa ohjausjärjestelmistä, logiikoista ja niiden käyttötarkoituksista sekä järjestelmien kommunikointitavoista. Ohjausjärjestelmän hajauttamisella säästetään kustannuksissa ja hajautus mahdollistaa helpomman vian etsinnän. Hajautetussa järjestelmässä järjestelmän osat kommunikoivat väylän avulla, esimerkiksi Profibus-väylän. Väylää pitkin tieto kulkeutuu eteenpäin järjestelmän osalta osalle, näin kaikki saadaan toimivaan oikealla ajallaan.

Opinnäytetyön tutkimusongelmana oli ohjauksen sähköinen suunnittelu. Ennen suunnittelun aloittamista täytyi perehtyä ohjauksen toimintaan ja sähköisiin piirrosmerkkeihin. Perehtyminen sujui helpoiten tutustumalla aikaisempiin jo valmiisiin projekteihin. Tämän avulla aloitettiin projektini vertailun jo valmiiseen projektiin. Ohjausjärjestelmiin ja logiikoihin tutustuminen kävi helpoiten lukemalla alan materiaaleja sekä käymällä katsomassa valmiiden projektien kasaussvaiheita ja komponentteja. Suurimmaksi ongelmaksi opinnäytetyön käytännön osuudessa tuli tarvittavien piirrosmerkkien löytäminen sekä oikeiden laitteiden löytäminen tietokannasta. Tietokannan selvyuden parantaminen ja laitteiden parempi kuvaus helpottaisi laitteiden ja komponenttien löytämistä.

Piirrosmerkkien avulla kasaajat tietävät asentaa tietyn laitteen sähkökaappiin ja kytkeä kaapin oikein. Piirrosmerkkien tietokanta oli todella suuri ja siitä täytyi löytää juuri sopivanlainen merkki oikeilla input- ja output-navoilla. Laitteiden tietokannasta on suunnittelijan löydettävä oikeat laitteet, jotta laitteet saadaan tilattua kasausvaiheeseen.

Tässä opinnäytetyössä saavutettua tulosta voidaan pitää hyvin onnistuneena, koska saatiin suunniteltua toimivat sähkökuvat järjestelmäohjaukselle ja saatiin paljon uutta tietoa prosessin ohjauksesta. Työ oli haastavaa, mutta kaikista haasteista selvitettiin kunnialla. Suunnitellut sähkökuvat menevät käytäntöön Ukrainassa, kevytbetonitehtaan annostelu- ja punnitusjärjestelmään. Tehdas on tarkoitus rakentaa vuoden 2009 aikana.

Tulevaisuudessa suurin kehitys tapahtuu todennäköisesti yksittäisissä komponenteissa ja väylissä. Perusidea ohjauksen suunnittelussa ja kasaamisessa tulee pysymään aikalailla samana vielä pitkän aikaa, sillä robotiikalla ei ole vielä edellytyksiä tämän tyyliin suunnittelu- ja kytkemistöihin. Tulevaisuuden kehittämisidea perustuisi väyliin hajautetussa järjestelmässä. Väylät toimivat varmasti vielä tulevaisuudessa langattomasti, jolloin kustannuksissa säästetään vieläkin enemmän. Langatonta vaihtoehtoa kannattaisi lähteä tutkimaan entistä enemmän, sillä todennäköisesti langattomuus tulee olemaan hyvä myyntivaltti maailman markkinoilla.

Kun laitteita ei kaapeloida, ympäristöön kertyy vähemmän kaapelointijätettä. Kaapelointijäte on ympäristön kannalta ongelmallista, koska kaapelit on suojattu eri materiaaleista valmistetuilla eristeillä, jotka eivät kaikki ole kierrätettävissä kovinkaan hyvin. Hyvällä langattomalla väylällä saadaan useita hyötynäkökohtia. Esimerkiksi taloudelliset ja ekologiset asiat vaikuttavat koko maailman tulevaisuuteen.

9 LÄHTEET

Alanen J. & Virtanen A. 1994. Ylemmän kerroksen CAN-kommunikointiarkkitehtuurit. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

AS-Interface. 2009. The system. AS-Interface. [viitattu 28.2.2009] Saatavissa: www.as-interface.net

Auser Oy. 2008. Tuotteet. Auser Oy. [viitattu 11.3.2009] Saatavissa: <http://www.auser.fi>

Avnet Nortec. LonWorks, yleinen tekninen kuvaus. 1993.

CADS [viitattu 4.9.2008] Saatavissa: www.cads.fi

Epec Oy. 2009. Tuotteet. Epec Oy. [viitattu 8.3.2009] Saatavissa: <http://www.epec.fi/62.html>

Fonselius J, Pekkola K, Selosmaa S, Ström M & Välimaa T. 1996. Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita

Hantekno Oy. 2009. Hantekno_tiedostot. Hantekno Oy [viitattu 29.2.2009] Saatavissa: www.hantekno.com

Hplush. 2008. Siporex. Hplush. [viitattu 15.2.2008]. Saatavissa: <http://www.hplush.fi/Siporex>

ICPDAS. 2009. Products. ICPDAS. [viitattu 29.2.2009] Saatavissa: www.icpdas.com

Joensuu J. 2008. Tyhjälaitteiden sähkösuunnittelu ja käyttöönotto. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Pori.

Jämerä. 2007. Jämerä. Hplush. [viitattu 16.2.2008]. Saatavissa:
<http://www.jamera.fi>

Keinänen T, Kärkkäinen P, Lähetkangas M & Sumujärvi M. 2007.
Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY.

Keinänen T, Kärkkäinen P, Metso T & Putkonen K. 2001. Logiikat ja
ohjausjärjestelmät. Vantaa: WSOY.

Korhonen V. 1996. Beginners Guide to LonWorks. ABB Relays. Vaasa.

Lahti Precision Oy. 2008. Lahti Precision Oy. [viitattu 8.3.2009] Saatavissa:
<http://www.lahtiprecision.fi>

LonWorks Product Line Brief 1990. Motorola.

Madan P. 1994. LonWorks technology for intelligent distributed interoperable
control networks. Echelon Corporation, Palo Alto.

Netlab. Koskenranta T. Teletekniikka. 1996. Opetus. Netlab. [viitattu 12.3.2009]
Saatavissa: www.netlab.hut.fi

Siemens Oy. 2009. Uutiset. Siemens Oy. [viitattu 12.3.2009] Saatavissa:
www.siemens.fi

Siirtola J. & Alanen J. 1991. Kenttä- ja ajoneuvoväylät. Helsinki:
Metalliteollisuuden kustannus.

Sähköturvakeskus. 2009. Sähkö ja rakentaja. Sähköturvakeskus.
[viitattu 16.2.2008] Saatavissa: <http://www.sahkoturva.info>

Teollisuusväyläteknikka, Oppi- ja harjoituskirja, AS-i / Pneumatiikka. JJJ-
Automaatio Oy, Tampere 02/2000.

Vähämäki O. 1997. LON-väylän käyttö sähköjakeluverkon suojaus- ja ohjausjärjestelmissä. ABB Transmit Oy.

Wooldridge M. J. & Jennings N. 1994. Intelligent Agents. Amsterdam;