

SÄHKÖSUUNNITTELUN JA
LOGIIKKAOHJELMOINNIN ROOLIT JA
RAJAPINTA AUTOMAATIOPROJEKTISSA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
01.04.2009
Mika Lehtinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

LEHTINEN, MIKA: Sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin roolit ja rajapinta automaatioprojektissa

Tuotantopainotteinen mekatroniikka, opinnäytetyö, 76 sivua

Kevät 2009

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sähkösuunnittelua, logiikkaohjelmointia, niiden rajapintaa sekä automaatioprojektia yleisellä tasolla. Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tutkimustyö Elmont Oy:lle sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin rajapinnasta.

Työn ohjaajina toimivat koulun puolesta Markus Halme, sekä Kari Koski, Elmont Oy:stä. Työtä varten kerättiin tietoa alan kirjallisuudesta, internetistä sekä haastateltiin alan osaajia Elmont Oy:ssä. Lopputuloksena saatiin kattava kokonaisuus sähkösuunnittelusta ja logiikkaohjelmoinnista osana automaatioprojektia sekä näkökulma niiden rajapinnasta.

Avainsanat: sähkösuunnittelu, ohjelmoitava logiikka, automaatio, rajapinta, sähkökomponentit, HMI, kenttäväylä

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

LEHTINEN, MIKA: The roles and the interface of electrical designing and
PLC programming in an automation project

Bachelor's Thesis in Production Oriented Mechatronics, 76 pages

Spring 2009

ABSTRACT

This thesis deals with electrical designing, PLC programming, their interface in an automation project and an automation project in general. The objective of this thesis was to study the interface of electrical designing and PLC programming for the commissioner of the thesis, Elmont Oy.

Advisors of this study were Markus Halme from Faculty Of Technology and Kari Koski from Elmont Oy. The information for this study were collected from literature and from the Internet. Interviews were conducted with the employees of Elmont Oy. As a result an inclusive ensemble of electrical designing and PLC programming as part of an automation project was received. A point of view of their interface could also be offered.

Key words: electrical designing, PLC, automation, interface, electrical components, HMI, field bus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	AUTOMAATIOYRITYSTEN TOIMINTATAVAT	2
3	PLC-OHJELMOIJAN JA SÄHKÖSUUNNITTELIJAN ROOLIT AUTOMAATIOPROJEKTISSA	5
4	SÄHKÖSUUNNITTELU	9
4.1	Sähkösuunnittelun rakenne	11
4.2	Sähkösuunnittelun vaiheet	13
4.2.1	Lähtötiedot	13
4.2.2	Komponenttivalinnat	13
4.2.3	Sähköpiirustukset (kaaviot)	24
4.2.4	Sähkötarvikkeiden tilaus ja keskusvalmistuksen seuranta	29
4.2.5	Sähködokumentointi	29
5	LOGIIKKAOHJELMOINTI	30
5.1	Ohjelmoitavan logiikan rakenne ja toiminta	32
5.1.1	Rakenne	32
5.1.2	Ohjelmoitavan logiikan toiminta	36
5.2	Logiikka ohjauslaitteena	37
5.3	Logiikoiden luokittelu	38
5.4	Tulot ja lähdöt	39
5.5	Ohjelmointi	41
5.5.1	Ohjelmointikielet	42
5.5.2	Soft-PLC	45
5.6	Standardointi logiikoissa	46
5.7	Asennus	47
5.8	Liitännät ohjelmoitaviin logiikoihin	48
5.8.1	Kenttäväylät	48
5.8.2	Käyttöliittymät (HMI)	52
5.8.3	Kappaleiden automaattinen tunnistus	54
5.9	Ohjelmoitavan logiikan valinta	55
5.10	PLC:n ja prosessinohjausjärjestelmän vertailu	56

6	SÄHKÖSUUNNITTELUN JA LOGIIKKAOHJELMOINNIN RAJAPINTA	57
6.1	I/O-lista	58
6.2	Erikoiskortit logiikassa	59
6.2.1	Analogiakortit	61
6.2.2	Laskuri- ja paikoituskortit	64
6.2.3	Väyläkortit (Profibus)	65
6.2.4	Säädinkortti	65
6.3	Taajuusmuuttaja ja servovahvistin	66
6.3.1	Taajuusmuuttaja	66
6.3.2	Servovahvistin (AC-servot)	67
6.4	Väyläkaavio	69
6.5	Komponenttivalinnat	69
7	YHTEENVETO	70
	LÄHTEET	71

SANASTO

PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
DCS	Distributed Control System, hajautettu automaatiojärjestelmä
PROFIBUS	Process Field Bus, kenttäväyläjärjestelmä, yleisin Euroopassa käytetty teollisuusväylä
PROFIBUS DB	Decentralized Peripherals, kenttäväylä nopeaan tiedonsiirtoon ja laitteiden edulliseen yhteenkytkentään, erityisesti hajautettuja kentälaitteita varten
PROFIBUS PA	Process Automation, kenttäväylä prosessiautomaation tarpeisiin
PROFIBUS FMS	Fieldbus Message Specification, yleiskäyttöinen kenttäväylä kommunikointitehtäviin
ASI	Actuator Sensor Interface, kenttäväylä binäärisille antureille ja toimilaitteille, toimii master-slave-periaatteella
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus
TUKES	Turvateknikan keskus
PWM	Pulse Width Modulation, pulssileveysmodulaatio, modulointitapa, jossa jännitettä säädetään pulssisuhdetta muuttamalla
HMI	Human Machine Interface, käyttöliittymä ihmisen ja koneen välillä
I/O	Input/Output, tulot/lähdöt
EMC	ElectroMagnetic Compatibility, sähkömagneettinen yhteensopivuus
DC	Direct Current, tasavirta
AC	Alternating Current, vaihtovirta
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö
LAN	Local Area Network, lähiverkko

TCP/IP

Transport Control Protocol/Internet Protocol, tietoliikenneprotokolla/internetprotokolla

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Elmont Oy. Tehtävänantona oli tehdä tutkielma sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin rajapinnasta automaatioprojektissa. Työhön on lisätty myös sähkösuunnittelijan ja logiikkaohjelmoijan roolit automaatioprojektin eri vaiheissa, sekä pohjustuksena automaatioalan yritysten toimintatavat yleisellä tasolla. Työn tavoitteena oli tuottaa toimeksiantajalle aiheesta informaatioita ja uusia näkökulmia, joita he voivat käyttää hyödyksi omassa toiminnanohjauksessaan.

Teoriaosuus koostuu viidestä pääkohdasta, joissa käsitellään automaatioyritysten toimintatapoja yleisesti, sähkösuunnittelijan ja logiikkaohjelmoijan rooleja, sähkösuunnittelua, logiikkaohjelmointia, ja viimeiseksi määritellään rajapintaa näille kahdelle. Rajapintaa on määritelty logiikkaohjelmoijan näkökulmasta, jolloin on tutkittu niitä asioita, joita logiikkaohjelmoija tarvitsee sähkösuunnittelijalta luodakseen projektille logiikkaohjauksen.

Tiedonhankintamenetelminä on käytetty automaatioalan kirjallisuutta, internetiä ja haastatteluja, joissa haastattelin Elmont Oy:n työntekijöitä. Haastattelut antoivat hyvän lisämausteen lopputulokseen, koska heiltä oli mahdollisuus hankkia paljon sellaista tietoa, jota ei löydä kirjallisuudesta.

Työn merkitys Elmont Oy:lle on suuntaa antava, koska sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin rajapinta on hyvin moniulotteinen käsite, jota ei ole juurikaan aiemmin käsitelty tutkielman muodossa. Tämä työ antaa hyvän teoreettisen taustan automaatioalan sähkösuunnittelusta ja logiikkaohjelmoinnista sekä näkökulman näiden kahden rajapinnasta.

Elmont Oy

Elmont Oy sijaitsee muutaman kilometrin päässä Lahden keskustasta, vanhan Heinolantien varrelle osoitteessa Tyynentie 12. Yrityksessä työskentelee reilut 40 henkilöä, ja sen liikevaihto on noin 4-5 miljoonaa euroa vuodessa. Elmont Oy rakentuu noin 300 m² kokoisesta tuotanto-osiosta, jossa sähkökeskusvalmistus tapahtuu sekä toimisto-osiosta, jossa toteutetaan esimerkiksi sähkösuunnittelu ja PLC- ohjelmointi. Elmont Oy tuottaa laadukkaita sähköautomaatiopalveluita koneenrakentajien ja projektitoimittajien tarpeisiin sekä asiantuntevaa elinkaaripalvelua tuotantolaitosten jatkuvan toiminnan takaamiseksi. Elmont Oy toimittaa palveluitaan kotimaan lisäksi miltei kaikkialle maailmaa, kuten Kiinaan, Brasiliaan, Venäjälle sekä Baltian maihin. (Elmont Oy 2009.)

Elmont Oy tarjoaa ohjauskoteloiden ja -keskusten valmistusta, konesähköistyksiä, vakioituja tai räätälöityjä PLC/PC -pohjaisia automaatiojärjestelmiä erilaisiin kappaleen tai materiaalin käsittelyratkaisuihin sekä edellä lueteltujen osa-alueiden huolto- ja ylläpitopalvelua. Toiminta on jaettu kolmeen erityyppiseen palvelukonaisuuteen: kokonaistoimituksiin, ohjauskeskusvalmistukseen sekä automaatiopalveluihin. Kokonaistoimitukset kattavat esimerkiksi erilaiset ohjelmistosuunnittelut ja niiden toteutukset. Ohjauskeskusvalmistus tarkoittaa nimensä mukaisesti ohjaus- ja moottorikeskusten kokoonpanoa ja sähköistystä. Automaatiopalvelut tarkoittavat erilaisia suunnittelu- ja ohjelmointipalveluja, kuten PLC- ja PC-ohjelmointia. Kokoonpanotilan yhteydessä ylläpidetään tarvikevarastoa, josta löytyvät kaikki kriittisimmät komponentit ohjauskeskusten valmistukseen. (Elmont Oy 2009.)

Automaatioyritysten ensisijaisia sovellusalueita ovat erilaisten koneiden ohjaus ja kappaleenkäsittelyn automaatoratkaisut eri teollisuusaloille, kuten esimerkiksi kappaletavara- ja sähkötarviketeollisuudelle. Yleisimmät automaatoratkaisujen ohjaukset toteutetaan ohjelmoitavilla logiikoilla (Programmable Logic Controller, PLC) tai hajautetulla automaatiojärjestelmällä (Distributed Control System, DCS). Automaatiojärjestelmien toimituksia leimaavat kasvava kehitys, laatu- ja turvallisuusvaatimukset (standardit), tiukat aikataulut ja kiristynyt kilpailu. (Suomen Automaatioseura ry 2005, 9.)

Automaatioalan yritykset ovat hyvin erilaisia toimintavoiltaan ja liiketoiminnaltaan. Mitään yleistä suunnittelumallia ei ole olemassakaan, vaan toimintatapoihin vaikuttavat monet eri asiat kuten yrityksen

- toimintasektori
- kulttuuri
- henkilöstön määrä
- kokemus
- alihankkijoiden käyttö.

Yrityksen toimintasektori on ratkaiseva toimintatapojen osalta, koska esimerkiksi insinööritoimisto voi suunnitella pelkän uuden ohjelmiston, kun taas kokonaisen automaatiojärjestelmän tekevä yritys joutuu tekemisiin todennäköisesti myös mekaniikan, sähkösuunnittelun, ohjelmoinnin sekä erilaisten käytännön kokoonpanoratkaisujen ja testausten kanssa. Yrityksen kulttuuri on muokkautunut vuosien toiminnan tuloksena ja vaikuttaa paljon toimintamalleihin. Esimerkiksi pienissä yrityksissä yksilöiden osaaminen, roolit ja vastualueet korostuvat, jolloin yritykseen syntyy vapaamuotoinen toimintamalli. Tällaisen toimintamallin vaarana on henkilöriippuvuus, jolloin toisen tuotoksia on hankala tulkita.

(Suomen Automaatioseura ry 2005, 19-21.)

Yrityksen koon ja projektien kasvaessa vapaamuotoinen toimintamalli ei välttämättä enää toimikaan, vaan tarvitaan jonkinlainen toiminnanohjausjärjestelmä. Toiminnanohjausjärjestelmä sisältää esimerkiksi toimintaohjeet eri työvaiheisiin

sekä ohjeet erilaisten dokumenttien laatimiseen. Tällainen järjestelmä selkeyttää, yksinkertaistaa ja yhtenäistää työskentelyä. Esimerkiksi sähködokumentointi voidaan ohjeistaa tehtäväksi tietyin yhteisten pelisääntöjen mukaan, jolloin se on yhtenevä muiden yrityksen dokumenttien kanssa ja muidenkin on helppo tulkita sitä. Toiminnanohjaus ei välttämättä ole pelkkää kirjallista ohjeistamista, vaan siinä on pyrittävä myös tehostamaan yrityksen sisäistä tiedonkulkua, projektin hallintaa sekä kommunikaatioita. (Suomen Automaatioseura ry 2005, 19-21.)

Automaatioalalla projektit ovat yleensä ainutlaatuisia, joten tuotteistaminen on vaikeaa. Toimitukset joudutaan räätälöimään monelle eri tasolle, ja saman asian uudelleen käyttö on hankalaa projektien ainutlaatuisuuden ja henkilöriippuvuuden takia. (Suomen Automaatioseura ry 2005, 19-21.)

Automaatioprojektin yleispätevään toimintamalliin kuuluvat:

1. määrittelyvaihe (Esisuunnittelu ja perussuunnittelu)
2. suunnitteluvaihe (Järjestelmäsuunnittelu ja toteutussuunnittelu)
3. toteutusvaihe
4. asennusvaihe
5. toiminnallinen testaus
6. tuotannollinen koeajo
7. tuotantovaihe.

(Suomen Automaatioseura ry 2005, 74-94.)

Nykypäivänä automaatioyritysten toiminta täytyy olla tehokasta ja erittäin kilpailukykyistä, koska markkinat ja teknologia muuttuvat nopeasti. On tärkeä etu erikoistua alalla ja mukautua uusiin tilanteisiin tekniikan ja työntekijöiden osaamisen kautta. Kilpailun kasvaessa on syytä tähyillä uusia asiakkaita ulkomaisilta markkinoilta, hakea tietoa uudentyypisistä tekniikoista ja sovelluksista tai täydentää vanhoja palveluja teknisillä ratkaisuille. Loppuasiakkaat ovat laatutietoisia ja haluavat entistä laajempia kokonaisuuksia, jotka täyttävät laatu-, toimitusaika- ja kustannusvaatimukset. Pelkkien tuotannollisten laitteiden sijasta ostetaan toimintoja, palveluita ja kapasiteettia. Isot investoinnit ovat kalliita ja pitkäikäisiä, joten

monille alan yrityksille suurin osa liiketoiminnasta muodostuu olemassa olevien laitosten ylläpidosta (huoltosopimukset) ja vanhojen järjestelmien modernisoinneista. (Strömman 2005.)

3 PLC-OHJELMOIJAN JA SÄHKÖSUUNNITTELIJAN ROOLIT AUTOMAATIOPROJEKTISSA

Sähkö- ja automaatio suunnittelun tavoitteena on tuottaa asiakkaalle oikein toimiva, turvallinen ja kestävä järjestelmä. Sähkö- ja automaatio suunnittelussa tarvitaan eri alojen asiantuntijoiden välistä yhteistyötä, tiimityötä. Automaatio projektien laajuus vaihtelee paljon, mikä tarkoittaa sitä, että projektit ovat usein ainutlaatuisia. Toisinaan projektissa ei tarvita suunnittelua lainkaan, ja toisaalta projekti voi olla kokonaistoimitus sisältäen kaikki projektin päävaiheet määrittelyvaiheesta valmiiseen toimitukseen asti. Seuraavssa käydään läpi PLC-ohjelmoijan ja sähkösuunnittelijan rooleja automaatio projektissa. Projektirunko on Elmont Oy:n yleispätevä malli, joka sisältää kokonaistoimituksen päävaiheet.

Projektirunko (Elmont Oy)

Määrittelyvaihe

Määrittelyvaiheeseen pyrkivät osallistumaan molemmat, sekä sähkösuunnittelija että logiikkaohjelmoija. Sähkösuunnittelija osallistuu poikkeuksetta tähän vaiheeseen, mutta logiikasta vastaava henkilön ei projektista riippuen ole aina mukana. Määrittelyvaiheessa määritellään projektin lähtötiedot, jotka toimivat myöhemmin suunnittelun perustana. Lähtötietoina määritellään esimerkiksi jännitteen syöttö, hätäseispiirit, ohjausvirtapiirit, automaatti- ja huoltoajot ja valvomotoiminnot.

Määrittely voidaan teettää myös konsultilla, joka toteuttaa dokumentin annettujen ohjeitten mukaisesti. Valmis määrittely esitellään asiakkaalle. Määrittely dokumenttiin voidaan tehdä vielä jälkikäteen muutoksia, jos esimerkiksi suunnitteluvaiheessa on huomattu joitain epäkohtia. Määrittelyvaiheen jälkeen sähkösuunnit-

telijalla ja logiikkaohjelmoijalla tulee olla selvillä ainakin laitteen toimintakuvaus ja tarvittavat layoutit.

Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheen päätavoite on suunnitella määrittelyvaiheen tulosten perusteella projekti siihen pisteeseen, että toteutus voidaan aloittaa. Tässä kohtaa päärooli on sähkösuunnittelijalla, joka tutustuu huolella laitteen toimintakuvaukseen ja layoutiin. Näiden perusteella sähkösuunnittelija sijoittelee tarvittavat laitteet ja komponentit layoutille, valitsee komponentit, suunnittelee kaapeloinnin ja väylien käytön sekä ottaa huomioon koneturvallisuusasiat, kuten hätäseis- ja turvapiirit.

Yhdessä logiikkaohjelmoijan kanssa sähkösuunnittelija suunnittelee logiikkaan liittyvät ratkaisut, kuten logiikan tyyppin ja koon, käytettävät kortit, hajautusasiat sekä projektin luonteen siltä osin, käynnistetäänkö projekti osissa vai kerralla.

Toteutusvaihe

Toteutusvaiheessa sähkösuunnittelija tekee suunnitelmien pohjalta kaikki komponenttitilaukset ja laatii kaikki sähkökaaviot, joita käytetään niin keskus- ja kenttäasennuksissa kuin käyttöönotoissakin. Sähkösuunnittelija piirtää kaikki sähkökaaviot SähköCADS-ohjelmalla. Sähkökaaviot sisältävät muun muassa kokoonpano-layoutit, kytkentäkaaviot ja tarvikeluettelot. Sähkösuunnittelija tekee usein yhteistyötä myös sähköasentajien kanssa kesken keskusvalmistuksen, koska sähkökaavioissa voi esiintyä epäselvyyksiä ja suunnitteluvirheitä.

Logiikkaohjelmoija saa sähkösuunnittelijalta tämän laatiman I/O-listan, jonka avulla ohjelmoija laatii tarvittavan logiikkaohjelman. Valmiin ohjelman logiikkaohjelmoija pyrkii testaamaan jo toimistolla yleensä liittämällä testaukseen tarvittavat logiikkamoduulit ja komponentit. Väylätestaus ja erilaisten komponenttien

parametrointi tehdään ohjauskeskusten valmistuttua aikataulusta riippuen joko sähkökeskusten kokoonpanoiloissa tai vasta käyttöönottovaiheessa.

Logiikkaohjelmoija toimii myös yhteistyössä HMI-suunnittelijan ja PC-ohjelmoijan kanssa. Logiikkaohjelmoija sopii HMI-suunnittelijan kanssa rajapinnasta logiikan ja käyttöliittymän välillä sekä selvittää käyttöliittymässä näytettävät prosessit ja arvot. Rajapintana voidaan pitää I/O-tietoja ja sitä, että käyttöliittymä pystyy lukemaan logiikan Data Block:ia ja tätä kautta HMI-suunnittelija saa parametritiedot ja mitta-arvot logiikasta. I/O-listan HMI-suunnittelija saa projektin sähkösuunnittelijalta ja PC-ohjelmoija saa logiikkaohjelmoijalta muistialuemäärittelyn, jonka avulla kommunikointi onnistuu logiikan ja valvomon välillä.

Varastohallinnassa rajapintana on logiikkakommunikointi, jossa ohjelma kommunikoi koko ajan logiikan Data Block:n kanssa. PC-ohjelmoijan ei välttämättä tarvitse olla tekemisissä sähkösuunnittelijan kanssa, koska heidän osa-alueensa eivät aina kohtaa.

Asennusvaihe

Asennusvaiheessa järjestelmä asennetaan asiakkaan tiloihin ja kytketään sähkösuunnittelijan laatimien sähkökaavioiden mukaisesti. Tässä vaiheessa sähkösuunnittelijaa ei välttämättä tarvita paikan päällä, ja hänen tehtäväkseen jää päivittää sähködokumentit kenttäasennuksia varten. Varsinkin kytkentäkaaviot tarvitsevat yleensä päivityksiä, koska niihin on usein tehty korjauksia kokoonpanon aikana.

Kun sähköasennukset on saatu valmiiksi, tehdään laitteistotestit, joilla osoitetaan järjestelmän olevan sähköisesti toimiva. Tässä vaiheessa kenttäasennuspaikalla voi projektista riippuen olla mukana käyttöönottoinsinööri, joka on yleensä kyseisen projektin logiikkaohjelmoija. Laitteistotestien kohteeksi joutuvat komponentit, niiden kytkennät ja ohjelmisto.

Käyttöönotto vaihe

Käyttöönotto vaihe tarkoittaa käytännössä sitä, että laitteisiin kytketään sähköt ja niiden testaus aloitetaan. Yleensä logiikkaohjelmoija suorittaa käyttöönoton. Sähkösuunnittelijan osallistuminen riippuu täysin projektista. Käyttöönottaja kytkee kaikki varokkeet, moottorisuojat, käyttökytkimet ja sulakkeet nolla-asentoon, minkä jälkeen kytketään sähköt pääkytkimestä keskukseen. Keskus on merkittävä selkeästi jännitteiseksi.

Yleensä käyttöönotto aloitetaan I/O-testauksella, jossa sähköasentaja toimii apuna. Seuraavaksi käyttöönottaja tekee seuraavat toimenpiteet:

- testaa hätäseispiirin ja turvapiirin
- kytkee syötöt logiikalle sekä taajuusmuuttajille ja parametrit taajuusmuuttajat
- tarkastaa moottorien pyörimissuunnat (turvakytkimien toimintakunto samalla)
- käynnistää ohjelmapuolen (logiikka, paneeli)
- hoitaa käyttöliittymän kuntoon (pyritään testaamaan jo ennen työmaalle tuloa)
- tekee laitteiden väliset kommunikointitestaukset.

Käyttöönottaja ilmoittaa projektipäällikölle esiintyvistä vioista, ongelmista ja viivytyksistä. Automaattiajo-vaiheen jälkeen sovitaan asiakkaan kanssa laitteen koeajo, jonka jälkeen asiakas joko hyväksyy laitteen toiminnan tai vaatii lisäkorjauksia. Koeajon jälkeen tehdään tuotannollinen käyttöönotto/ajo, jolloin käyttöönottajan kuuluu olla vielä paikalla varmistamassa, että kaikki sujuu oikein.

Dokumentointi

Käyttöönoton jälkeen sähkösuunnittelija päivittää sähkökaaviot ja luettelot keskusvalmistuksen ja käyttöönoton aikana tulleiden korjausten mukaisesti, mistä

asiakkaalle tehdään lopullinen asiakaskansio. Asiakaskansioon lisätään käyttöön-ottopäiväkirja ja tarvittavat manuaalit. Sopimuksesta riippuen asiakkaalle tehdään tarvittaessa myös huolto-ohje. Kaikki edellä mainitut dokumentit ovat yleensä sähkösuunnittelijan laatimia, jolloin logiikkaohjelmoijan ei juurikaan tarvitse dokumentoinnista huolehtia.

Projektin lopetus

Projektin loppuksi pidetään asiakkaan kanssa loppupalaveri sekä toimittajan sisäinen palaveri, jossa kootaan yhteen projektin onnistumisen kannalta hyvät ja huonot asiat. Sähkösuunnittelija ja logiikkaohjelmoija pyrkivät osallistumaan päätös-palaveriin. Palaverit ovat hyvä tapa antaa palautetta ja samalla tilaisuus tarjota lisäpalveluita kyseessä olevalle asiakkaalle, kuten huoltosopimusta tai lisäosia toimitettuun kokonaisuuteen. Jos asiakas on kiinnostunut muutoksista, on todennäköistä, että tämä lisää tulevaisuuden projekteja asiakkaan kanssa.

4 SÄHKÖSUUNNITTELU

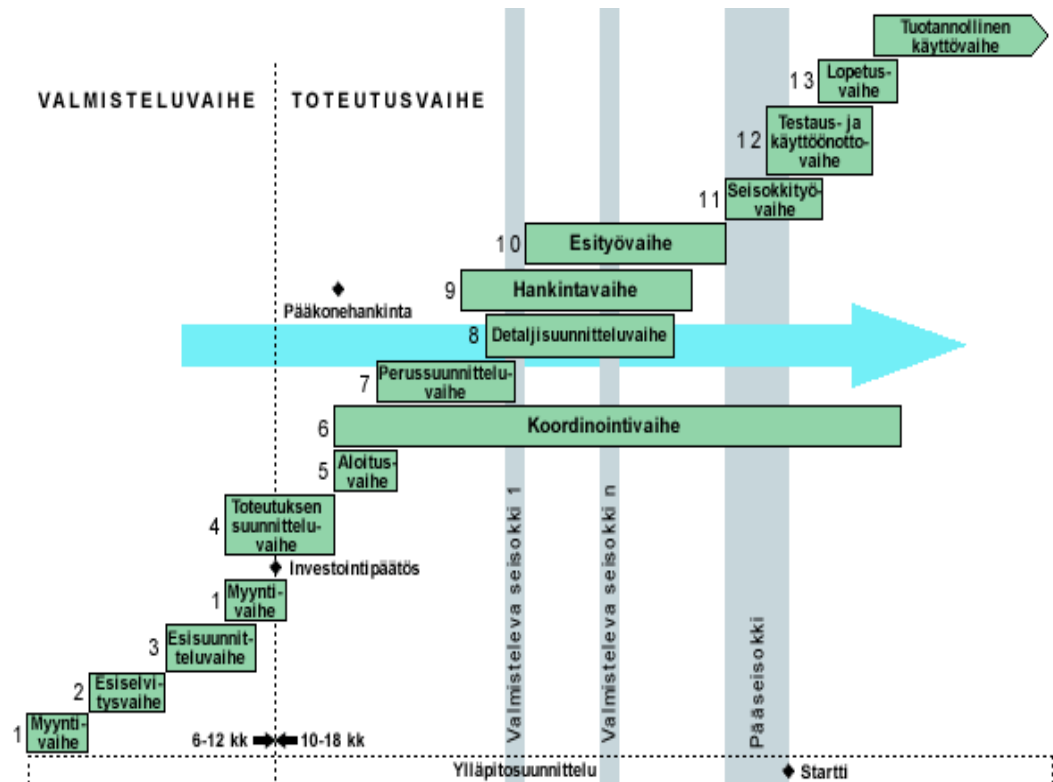
Sähkösuunnittelu automaation osana on melkoisen laaja käsite, joka tarkoittaa yleisesti projektin sähködokumenttien tekoa, joiden pohjalta sähköistys toteutetaan. Sähkösuunnittelu voidaan karkeasti jakaa teollisuusautomaatio- ja rakennus-

sähkösuunniteluun. Tässä osiossa perehdyn ainoastaan teollisuusautomaation sähkösuunnitteluun. Teollisuussähkösuunnittelussa tuotetaan tarvittavat dokumentit (ei pneumatiikka/hydrauliikka):

- ostoja
- keskusvalmistusta
- PLC-suunnittelua (laitteet & I/O-lista)
- kenttäasennusta
- käyttöönottoa
- asiakasta varten.

Sähkösuunnittelijan tehtävänä on löytää sellaiset tekniset ratkaisut, joiden avulla toteutetaan asiakkaan toivomukset annetuissa kustannus- ja aikataulurajoissa. Päätöksentekoon vaikuttavat myös lait, alan standardit sekä suositukset. Monella yrityksellä on omat sovitut menetelmät ja tekniset ohjeistukset, kuten esimerkiksi standardikomponentit sähkösuunnittelun toteuttamiseksi. On arvioitu, että sähkösuunnittelu maksaa vain noin prosentin projektin kustannuksista, mutta se vaikuttaa noin viidennekseen projektin kustannuksista. Vaikutus lisääntyy merkittävästi, kun otetaan huomioon kohteen elinkaarikustannukset ja mahdolliset tulevat muutokset. Hyvä suunnittelu näkyy alentuvina kokonaiskustannuksina ja parempana laatuna. Sähkösuunnittelussa tärkeänä lähtökohtana on se, että suunnittelijan tulee selkeästi ymmärtää tulevan laitteiston toiminta ennen suunnittelutyön aloittamista. (Joensuu 2008.)

Yleisimpiä yritysten tarjoamia teollisuussähkösuunnittelupalveluita ovat sähköpiirustusten, I/O-listojen, laitetyyppitysten (anturit, taajuusmuuttajat, logiikat) sekä kaapelireittisuunnitelmien tekeminen.



KUVIO 1. Teollisuuden suunnitteluprojektin elinkaari kaavioesityksenä.
(Nyyssönen 2008)

4.1 Sähkösuunnittelun rakenne

Aluksi ennen varsinaista suunnittelua sähkösuunnittelija pyrkii osallistumaan jo tarjousvaiheessa kokonaisuusien määrittelyyn ja selvittää projektin käynnistyttyä lähtötiedot projektipäällikön ja asiakkaan kanssa. Näin ollen sähkösuunnittelija voi jo alusta alkaen antaa omat näkemyksensä projektin toteutukseen ja ehdottaa komponenttivaihtoehtoja ja muita lähtötiedoiksi määriteltäviä asioita.

Varsinaisen suunnittelun suunnittelija aloittaa tutustumalla lähtötietoihin, joiden perusteella suunnittelija

- sijoittelee keskuskaapit ja toimilaitteet layoutiin (rajakytkimet, valokennot, ohjaukotelot)
- tekee komponentti- ja kaapelivalinnat

- määrittelee hätäseis-/turvapiirien lukumäärän
- kartoittaa kaapelireitit
- ratkaisee väylien käytön (Profibus, Asi)
- pohtii laajennettavuutta ja mahdollisia erikoisvaatimuksia (ympäristön vaatimukset, erikoiskomponentit)
- tekee laskelman kaikista komponenteista
- arvioi suunnitteluun kuluvan ajan.

(Elmont Oy 2008.)

Tämän jälkeen suunnittelija aloittaa varsinaisten kaavioiden piirtämisen. Yleensä on tapana tehdä suunnitelmat ensin raakaversiona (esim. Excel), jotta säästyy moninkertaiselta kaavioiden korjaukselta. Sähkösuunnittelijan työkaluna käytetään pääsääntöisesti CAD-pohjaista piirustusohjelmaa, kuten AutoCAD- tai Sähkö-CADS-ohjelmaa, jolla suunnittelija piirtää kaikki sähkökaaviot, joita käytetään niin keskus- ja kenttäasennuksissa kuin käyttöönotoissakin.

Kaavioiden piirtäminen kattaa seuraavat asiat:

- pääpiirikaaviot
- jännitteenjakokaaviot (230 VAC, 24VDC)
- logiikan tulot ja lähdöt (digitaaliset ja analogiset)
- väyläkaaviot
- keskuksen layout
- kaapelointikaaviot.

Sähkösuunnittelijan pitää olla tietoinen sovituista malleista ja toimintatavoista, sekä siitä, että suunnitellut asennustavat ja komponentit vastaavat sähköturvallisuus-, EMC- ja koneturvallisuusmääräyksiä. (Elmont Oy 2008.)

4.2 Sähkösuunnittelun vaiheet

4.2.1 Lähtötiedot

Määrittelyvaiheessa määritellään projektin lähtötiedot, jotka toimivat suunnittelun perustana. Lähtötietoina määritellään muun muassa moottorilähtöjen, antureiden, toimilaitteiden, hätäseis- ja ohjausvirtapiirien lukumäärä, komponenttien ja kaapeloinnin vaatimukset, jännitteen syöttö, automaatti- ja huoltoajot ja valvomotoiminnot. Paras mahdollinen tilanne on, jos lähtötietoja tekemässä ovat projektin sähkösuunnittelija(t) ja ohjelmoinnista vastaavat henkilöt. Projektista ja henkilöstön tilanteesta riippuen tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista. Yleensä vähintään projektipäällikkö ja vastaava sähkösuunnittelija osallistuvat lähtötietojen määrittämiseen.

4.2.2 Komponenttivalinnat

Yleensä automaatiopuolen sähkösuunnittelussa komponenttivalinnoilla tarkoitetaan sähkökeskuksen komponentteja, moottoreiden turvakytkimiä, logiikan hajautusyksiköitä, antureita ja kaapeleita.

Sähkösuunnittelussa komponentit valitaan joko asiakkaan toiveiden mukaan tai niin sanotusti tyypittämällä komponentit, joita asiakas ei ole valinnut tai hankkinut itse. Yleensä yrityksellä on esimerkiksi sähkökeskuksen komponenteista valmis kojeluettelo, joka esitetään asiakkaalle, ja luetteloa muutetaan, jos asiakkaalla on erityisvaatimuksia tai korjattavaa. Kokenut suunnittelija osaa jo projektin alkuvaiheessa ehdottaa sopivia komponentteja (valmistaja ja malli), ja yrityksillä on yleensä sopimukset tärkeimpien komponenttivalittajien tai alihankkijoiden kanssa. Aika-ajoin on viisasta tarkistaa ja kilpailuttaa komponenttien hinnat. (Elmont Oy 2008.)

Komponenttien valintaan vaikuttavat ainakin seuraavat asiat:

- taloudellisuus
- hinta-laatusuhde
- yksikköhinta
- kestävyys
- saatavuus
- toimituskulut
- asennettavuus
- kokoonpano
- tilausmäärät.

(Elmont Oy 2008.)

Sähkökeskuksen komponentteja

Sähkökeskuksessa komponenttien valinnan lähtökohtana on sähköiset ominaisuudet, kuten käyttöjännite ja kuormitusvirta. Kuormitusvirran perusteella valitaan suojalaitteet ja siitä eteenpäin johdotukset, riviliittimet ja muut tarvittavat komponentit. Seuraavaksi arvioidaan komponenteille tarvittava tila, jonka perusteella tiedetään, kuinka suuri keskus (pohjalevyn pinta-ala) on hankittava.

1. Pääkytkin (1- tai 3-vaiheinen sähkönsyöttö AC)

Pääkytkimen kautta viedään sähkönsyöttö (1- tai 3-vaiheinen AC) riviliittimien kautta esimerkiksi moottorinsuojakytkimelle. Pääkytkimellä tehdään koko laitteisto jännitteettömäksi (ei välttämättä huoltopistorasiaa). (Lahtinen 2006.)

2. Suojalaitteet, kuten erilaiset sulakkeet, johdonsuoja- ja moottorinsuojakatkaisimet

Suojalaitteet toimivat ylivirtasuojina, suojaen johtoja ja komponentteja ylivirran vaikutuksilta. Johdonsuoja- ja moottorinsuojakatkaisimilla on kaksi laukaisutapaa: lämpölaukaisu pienille ja magneettinen laukaisu suurille ylivirroille. (Lahtinen 2006.)

3. Kontaktorit

Kontaktori on releen kaltainen sähkömekaaninen kytkin, jolla ohjataan korkeampia jännitteitä ja sähkövirtoja. Kontaktorit voidaan jakaa teho- ja ohjauskontaktoreihin. Tehokontaktori kestää suurempia virtoja, ja niitä käytetään tyypillisesti sähkömoottorien ohjauksessa. Ohjauskontaktoria käytetään ohjausvirtojen ohjaukseen. Kontaktoreihin liitetään usein myös apukoskettimia, joilla voidaan ilmoittaa esimerkiksi logiikalle kosketintieto eli kontaktorin tila.

4. Erilaiset tehonlähteet ja muuntajat

Muuntajalla muodostetaan yksivaiheohjausjännite (230V) pääjännitteestä (400V). DC-tehollähteellä muodostetaan ohjausjännite (24V) esimerkiksi logiikalle.

5. Logiikka

Ohjaa prosessia. (Katso LOGIIKKAOHJELMOINTI).

6. Taajuusmuuttaja ja servovahvistin

Taajuusmuuttajalla säädetään moottorin pyörimisnopeutta taajuutta muuttamalla.

7. Riviliittimet

Riviliittimiä käytetään syöttöjen ja lähtöjen välissä. Kun syöttö tuodaan keskukseseen, viedään se pääkytkimen jälkeen riviliittimien kautta eteenpäin suoja-laitteille. Kaikki keskuksen ulkopuolelta tulevat kaapelit kytketään ensin riviliittimiin ja vasta sitten eteenpäin haluttuun komponenttiin. Myös keskuksen oman johdotuksen välissä käytetään riviliittimiä.

8. Keskuksen ovelta tai päädystä olevat komponentit (häätäseispainike, painonapit, kytkimet, merkkivalot, pistorasiat)

Hätäseispainike on turvalaite, joka pysäyttää järjestelmän turvarelettä ohjaamalla. Painonapeilla ja kytkimillä ohjataan järjestelmää ja merkkivalot kertovat järjestelmän tilasta (esimerkiksi Häiriömerkkivalo palaa). Pistorasiat ovat keskuksen sisällä tai ulkopuolella. Esimerkiksi käyttöönottovaiheessa saa kannettavan tietokoneen kytkettyä verkkovirtaan lähelle keskusta. (Lahtinen 2006.)

9. Johdotukset

Keskuksen johdotus mitoitetetaan kuormitusvirran mukaan. On olemassa kuormitustaulukot koskien sitä, kuinka suuri poikkipinta-ala pitää johdolla olla tietyn virran vallitessa. Esimerkiksi 10 A:n suoja vaatii vähintään 1,5 mm²:n johdon. Pidemmässä johdotuksissa pitää myös huomioida jännitteen alenema. Tärkeitä johdotuksissa ovat myös johtojen värikoodit, kuten millä värillä tehdään tehpuolen ja ohjauspuolen johdotukset. Sähkösuunnittelijalle tärkeää on ainoastaan värikoodien maininta (sähködokumenttien alussa), koska johdotuksista muuten vastuussa on sähköasentaja. (Lahtinen 2006.)

Alla oleva kuvio (kuvio 2) esittää sähkökeskuksen sisältöä. Komponentit ovat pohjalevyssä kiinni joko DIN-kiskolla tai omalla, komponentille tarkoitetulla kiinnitysosalla. Komponenttien ympärillä erikokoisia johtokouruja.



KUVIO 2. Komponentit sähkökeskuksessa.

Seuraavassa esimerkki moottorilähtökomenttien valintataulukoista kolmen ison valmistajan osalta.

TAULUKKO 1. Ote moottorilähtökomenttien valintataulukosta.
(Elmont Oy 2008.)

Valmistaja	Moottorin teho/kW	Moottorin-suoja-katkaisija	Asettelu-alue/A	Kontakto-ri	Kaapeli
Siemens	0,25	3RV1011-0HA10	0,55...0,8	3RT1015-...	4x1,5S
	1,1	3RV1021-1DA10	2,2...3,2	3RT1024-...	4x1,5S
	5,5	3RV1021-1KA10	9...12,5	3RT1025-...	4x2,5S

Moeller	0,25	PKZM 0-1	0,63...1	DILM9-10	4x1,5S
	1,1-1,5	PKZM 0-4	2,5...4	DILM9-10	4x1,5S
	5,5	PKZM 0-16	10...16	DILM17-10	4x2,5S

Telemecanique	0,25-0,37	GV2-P05	0,63...1	LC1-D09P7	4x1,5S
	1,1-1,5	GV2-P08	2,5...4	LC1-D09P7	4x1,5S
	5,5	GV2-P16	9...14	LC1-D25P7	4x2,5S

Erikoiskomponentit

Erikoiskomponentteja ovat esimerkiksi taajuusmuuttaja, servovahvistin, vaaka, puhallin, viivakoodinlukija ja erilaiset näytöt. Erikoiskomponenttien kanssa on syytä tutustua valmistajan ohjeisiin ja ottaa selvälle, mitä toimenpiteitä kyseessä olevan laitteen asennus ja käyttö vaativat.

Anturit

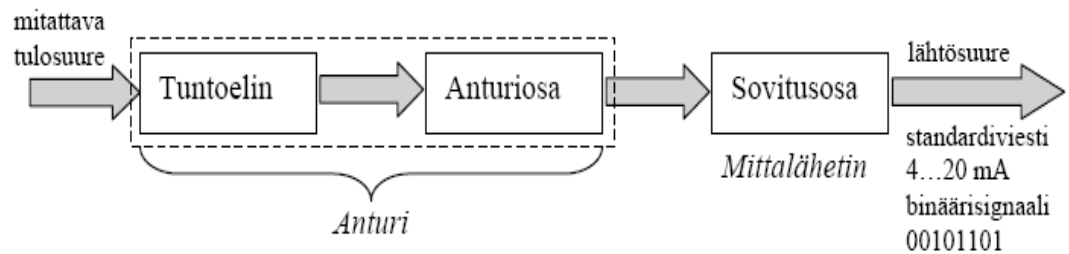
Anturi on tekninen aistin (sensori), joka tutkii prosessin tilaa, muuttaa mitattua suureesta sähköiseen muotoon ja lähettää signaalinsa ohjausjärjestelmään tai haluttuun näyttölaitteeseen. Anturin tehtävänä on siis kerätä tietoa prosessin eri vaiheista. Yleisimmin käytetään niin sanottuja perusantureita, jotka mittaavat halutun suureen ja lähettävät signaalin eteenpäin. On myös olemassa älykkäitä antureita, jotka käsittelevät itse mitattua dataa. (Kettunen 2004.)

Yleisimpiä automaatioprosesseissa käytettyjä antureita ovat

- lähestymiskytkimet: mekaaniset rajakytkimet, induktiiviset-, optiset-, kapasitiiviset-, ultraääni- ja magneettiset lähestymiskytkimet sekä erilaiset valokennot ja –verhot.
- asema-anturit (digitaaliset ja analogiset): pulssianturit (absoluuttianturi, ohjelmoitava pulssianturi), potentiometrit, resolverit, synkrot ja laseranturit.
(Kettunen 2004)
- älykkäät anturit.

Lähestymiskytkimien eli rajakytkimien toiminta perustuu mekaaniseen kosketukseen (mekaaniset rajakytkimet), sähkö- tai magneettikenttään (kapasitiiviset, induktiiviset, magneettiset) tai valoon tai ääneen (valokennot ja –verhot, ultraääni). Näitä käytetään muun muassa kappaleiden tunnistuksessa, prosessinohjauksessa sekä turvakytkiminä. Asema-antureiden toiminta perustuu magnetismiin ja optiseen valonsäteeseen (pulssianturit), resistanssin vaihteluun (potentiometri), sähkömagneettiseen induktioon (resolveri, synkro) ja lasersäteeseen (laseranturi). Asema-antureita käytetään aseman, siirtymän, etäisyyden, nopeuden, kiihtyvyyden ja kiertymiskulman mittaamiseen. Älykkäät anturit käsittelevät itsenäisesti keräämäänsä dataa ja voivat sisältää itsessään oman logiikan (prosessori, I/O-

yksiköt, muisti), jolloin ne eivät tarvitse erillistä PLC -tukea. Älykkäät anturit on tarkoitettu todella nopeaan ja tarkkaan tunnistukseen. (Kettunen 2004.)



KUVIO 3. Anturin perusrakenne. (Kettunen 2004)

Projekteissa on tärkeää valita oikeat anturit käyttötarkoitukseen. Anturoiden valinnassa on otettava huomioon:

- mitattava suure: koko, muoto, materiaali
- mitta-alue ja –nopeus
- mittaustarkkuus
- sähköiset ominaisuudet: käyttöjännite, virrankesto, PNP, NPN
- anturin mekaaninen koko ja muoto
- ympäristöolot ja anturin suojausluokka
- mekaaninen ja sähköinen suojaus
- anturin luotettavuus
- huollettavuus ja vaihdettavuus
- hinta
- asennus: mihin ja miten asennetaan, etäisyys muihin komponentteihin (virhetilanteet).

Kaapelointi

Yrityksillä on yleensä kaapelivalintaan omat suosituslistansa ja mitoitustaulukonsa, joista käy ilmi ainakin kaapelin valmistaja, tyyppi, minimi poikkipinta-ala, kuormitusvirta/käyttöjännite ja läpivientitiiviste. Kaapelin läpivientiä varten tarvitaan standardin kokoinen tiiviste (Esimerkiksi Skintop), joka valitaan kaapelin halkaisijan mukaan. Yhdestä läpivientitiivisteestä voidaan viedä yksi tai useampia (monireikäkumit) kaapeleita läpi. Kiristämällä läpivientitiiviste saadaan kaapelille vedonpoisto. Kaapelit asennetaan oikaistuna kaapelihyllylle ja sidotaan tarvittavista kohdista nippusitein.

Sähkösuunnittelijan tulee miettiä ennen kaapelien tilaamista muutamia tärkeitä seikkoja:

- kaapelien häiriösuojaus
- johdotusten vieminen samassa kaapelissa useamman komponentin osalta, kuten esimerkiksi samassa kaapelissa moottorille ja turvakytkimelle jännitteet ja tilatieto turvakytkimestä
- kaapelin valinta energiansiirtoketjuun (kestävyys, joustavuus)
- lämmönkesto
- instrumentointikaapelit (NOMAK)
- väyläkaapelit (Profibus)
- maadoitus*
- harvinaiset kaapelikoot (ei suositeltavia)
- vetomatkojen pituus => jännitteenalenema**
- kustannukset: hankinta, asennus, kunnossapito, häviö
- mekaaninen ja kemiallinen kesto.

Seuraavassa taulukossa esimerkki keskusten syöttökaapelien valinnasta.

TAULUKKO 2. Taulukko syöttökaapelien valinnasta. (Elmont Oy 2008.)

KESKUKSEN PÄÄKYTKIN/ KATKAISIJA (A)	KAAPELIN MINIMIPOIKKIPINTA	SUURIN SALLITTU KUORMITUSVIRTA (A)
63	MCMK 4x25+16 tai MMJ 5x25S	70
125	AMCMK 4x70+21Cu tai MCMK 4x50+25S	125 tai 135
200	AMCMK 4x185+57Cu	220
250	AMCMK 4x185+57Cu	250
315	AMCMK 2x(4x120+41Cu)	355
400	AMCMK 2x(4x150+41Cu)	440
630	AMCMK 2x(3x300+88Cu+ eril- linen kevi jos tarvitaan nolla) tai MCMK 2x(4x240+120Cu)	680
800	AMCMK 3x(4x240+72Cu)	880

* Maadoitus ja EMC-suojaus

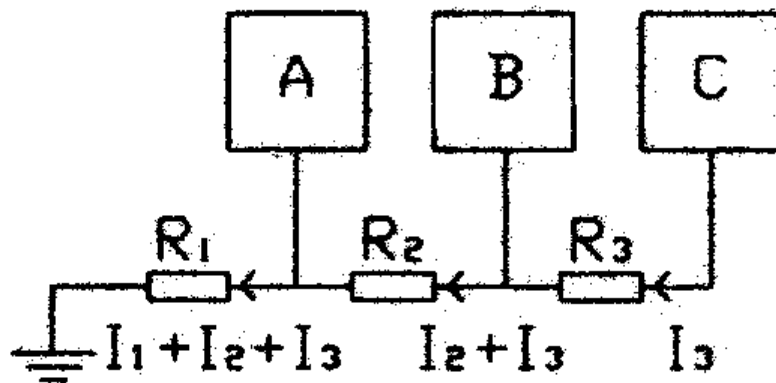
Maadoitus on elintärkeä käyttäjän turvallisuutta ja laitteiden vikasuojaa ajatellen. Maadoittaminen tarkoittaa käytännössä sähkölaitteen liittymistä maan potentiaaliin. Maadoitusten ensisijainena tarkoituksena on rajoittaa vikatapauksissa esiintyviä kosketusjännitteitä ja askeljännitteitä. Sähkölaitteiston kaikki jännitteelle alttiit johtavat osat on kytkettävä suojamaadoituspiiriin. (Elmont Oy 2008.)

Väylämaadoitus eli potentiaalitasaus Profibus-väylässä suositellaan maadoitettavaksi, aina kun väylä viedään keskuksesta ulos ja varsinkin jos laitoksen koko on suuri, jolloin solmupisteitä tulee paljon.

Väyläkaapelin suojavaippa suositellaan maadoitettavaksi molemmista päistään

(huomioitavana tasoitusvirrat). Suositeltavaa on asentaa lisäpotentiaalintausjohdin väyläkaapelia tiukasti myötäillen, jolloin mahdollinen tasoitusvirta kulkee pieni-impedanssisessa väylämaadoitusjohtimessa eikä väyläkaapelin vaipassa. (Elmont Oy 2008.)

Hajautetussa järjestelmässä kaikki väyläkotelot on vielä syytä maadoittaa kentällä sijaitsevaan potentiaalintauskiskoon, jottei synny kuvion 4 mukaista galvaanista kytkeytymistä sarjaankytketyssä väylämaadoituksessa. (Elmont Oy 2008.)



KUVIO 4. Sarjaankytketyn maadoituksen kautta tapahtuva galvaaninen kytkeytyminen. (Elmont Oy 2008.)

Suojaus EMC-häiriöitä vastaan tarkoittaa suojautumista sähkömagneettisia häiriöitä vastaan. EMC-häiriöitä voidaan vähentää maadoittamalla, potentiaalitasauksella, kaapelin valinnalla ja reitillä sekä komponenttien oikealla valinnalla.

** Jännitteenalenema tarkoittaa jännitteen laskua tietyllä matkalla.

Seuraavassa esimerkki jännitteenaleneman laskennasta, kun kaapelinpituutena on 120m:

Jännitehäviö (U_h)

$$\begin{aligned}
 U_h &= I_N * (R * \cos\varphi + X * \sin\varphi) \\
 &= 125\text{A} * (0,268\Omega/\text{km} * 0,12\text{km} * 0,8 * 1,05 + \\
 &\quad 250\mu\text{H}/\text{km} * 10^{-6} * 0,12\text{km} * 0,6) \\
 &= \underline{3,38\text{V}}
 \end{aligned}$$

I_N = Nimellisvirta A

R = Tasavirtaresistanssi Ω

X = Reaktanssi

φ = Vaihejännitteen ja virran välinen vaihesiirtokulma

Jännitehäviö prosentteina

$$U_{h\%} = (U_h / U_N) * 100\%$$

$$U_{h\%} = (3,38\text{V} / 400\text{V}) * 100\%$$

$$U_{h\%} = \underline{0,84\%}$$

$$U_{h\%} = \underline{0,84\%}$$

(Elmont Oy 2008.)

4.2.3 Sähköpiirustukset (kaaviot)

Sähkösuunnittelija aloittaa kaavioiden piirtämisen, vasta kun tärkeimmät komponentit on valittu ja laitteen projektin toimintakuvaus selvitetty kunnolla. Sähkösuunnittelussa käytetään miltei poikkeuksetta jotain CAD-piirustusohjelmaa, kuten AutoCAD tai (Sähkö)CADS. Tapoja kaavioiden piirtämiseen on monia ja seuraavassa esittelen yhden mallin projektin sähkökaavioiden piirtämiseen.

1. Moottoriluettelon teko ja pääpiirikaavion suunnittelu

Sähkösuunnittelija vastaanottaa mekaniikkasuunnittelijalta tai kokoaa itse listan käytettävistä moottoreista, tarkastaa sen ja luo projektille moottoriluettelon. Pääkaavion suunnittelu aloitetaan laskemalla/mitoittamalla pääkytkimen ja syöttökaapelin koko. Pääkaavio koostuu muun muassa (keskuksen) sähkönsyötöstä sekä moottori- ja lämmityslaitelähdöistä. (Elmont Oy 2008.)

2. Jännitteenjakokaaviot

Suunnittelija suunnittelee ensin 230 VAC-syötöt (puhaltimet, keskusvalaistus, ohjelmointipistorasia), jonka jälkeen 24 VDC-syötöt. Huomioitavaa tässä kohdalla ovat myös syötöt logiikan korteille ja ohjauspaneelille, väyläasiat sekä mahdollinen tarve UPS-laitteille. (Elmont Oy 2008.)

3. I/O-luettelon, logiikan lähtö- ja tulokaavioiden suunnittelu

I/O-luettelosta tulee selvittää kunkin tulon ja lähdön osoite (esimerkiksi I 0.7), toiminnan kuvaus ja signaalityyppi. Logiikan tulojen piirtäminen kannattaa ensin tehdä keskuksen sisäisten tulojen osalta (ohjausjännite, moottorisuojat OK, hätä-seis OK, turvapiiri OK), minkä jälkeen keskuksen ovesa olevat painonapit ja kytkimet. Seuraavaksi lisätään kuviin kaikki anturit (+valokennot ja muut rajat). Logiikan lähdöt suunnitellaan samalla lailla: ensin tehdään keskuksen sisäiset (moottorikontaktorien ohjaus) lähdöt, minkä jälkeen suunnitellaan muut toimilaitteet (merkkilamput). Logiikan analogiset tulot ja lähdöt tehdään samalla periaatteella kuin digitaaliset: huomioidaan häiriösuojaukset sekä galvaaniset erottimet/muuntimet. Kaikkiin tulo- ja lähtökaavioihin on hyvä muistaa jättää varalle muutama tulo ja lähtö mahdollisia lisäyksiä varten. (Elmont Oy 2008.)

4. Väyläkaavion suunnittelu

Väyläkaaviot suunnitellaan kaikkien käyttöön tulevien väylien osalta (Asi, Profibus, Ethernet). Ohjelmointia varten kaavioihin lisätään esimerkiksi Asi Slave:n ja profibus:n osoitteet sekä asetukset väyläkuviin (päätyvastukset, dippikytkinten asennot). (Elmont Oy 2008.)

5. Keskuslayoutin suunnittelu

Ensin hahmotellaan keskuksen runko asennuslevyineen, minkä jälkeen komponentit sommitellaan kuvaan niin, että 230 VAC-komponentit ovat erillään 24 VDC-komponenteista. Yleensä keskuksen moottorikomponentit on sijoitettu lähellä toisiaan, esimerkiksi kontaktorit laitetaan moottorisuojien alapuolelle. Riviliitinryhmät suunnitellaan omiksi ryhmiksiin (moottorilähdöt, logiikka). Keskuksen layoutsuunnittelussa pitää huomioida kourujen riittävä leveys ja etäisyys lämmittävistä laitteista, kuten taajuusmuuttajista, jarruvastuksista ja muuntajista. Riviliittimien ja kourujen väliin on jätettävä tilaa 25-30 millimetriä. (Elmont Oy 2008.)

6. Kaapelointikaavioiden teko

Kaapelointikaavioihin merkitään kaikkien kaapelien tunnuksot ja niiden kytkentätiedot. Erikseen on yleensä projektimapin lopussa oleva kaapeliluettelo, johon on kerätty kaikki projektia koskevat kaapelit ja mainittu niiden arvioidut pituudet, viittaukset ja kytkentäpaikat.

7. Tarkistaminen

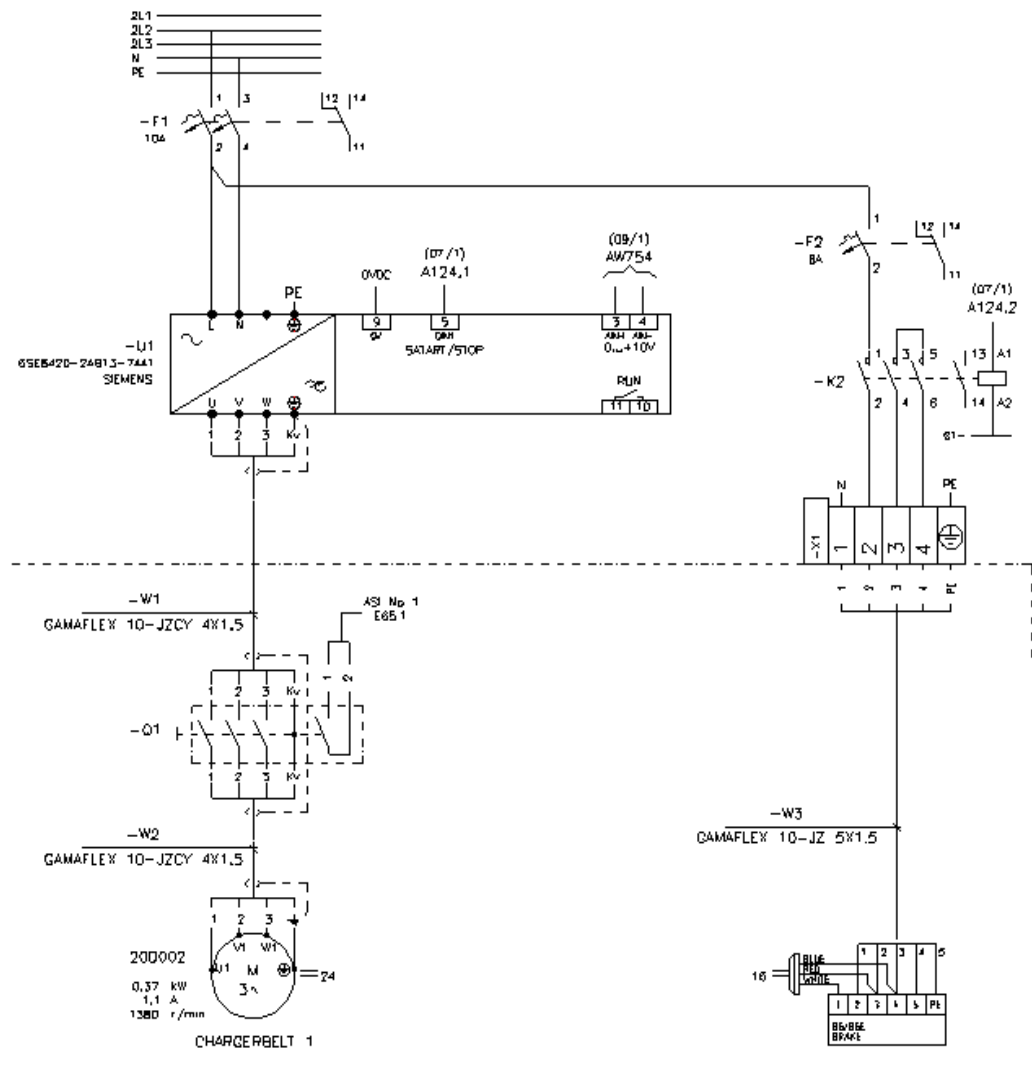
Suunnittelija tarkistaa kaikki tekemänsä kaaviot huolellisesti. Pienetkin virheet ja epäkohdat kostaavat viimeistään kenttäolosuhteissa (asennus, käyttöönotto).

Suunnittelijan pitää tuntea sekä yleiset että oman yrityksensä symbolit sähköpiirtämisessä. Seuraavassa muutamia esimerkkejä symboleista:

Moottorikeskus	MK
Ohjauspaneeli	OP
Pääkytkin	Q1
Jännitesyöttö, etukoje	F5-F9
Suora ohjausjännite	1L1-3

(Elmont Oy 2008.)

Seuraavassa kuviossa (kuvio 5) on esitetty esimerkki pääpiirikaaviosta, jossa on taajuusmuuttajaohjattu moottorilähtö. Taajuusmuuttaja on kuvassa keskellä, josta virta johdetaan moottorille turvakytkimen kautta. Oikealla alhaalla on moottorin jarru (oma syöttö).



KUVIO 5. Taajuusmuuttajaohjattu moottorilähtö. (Elmont Oy 2008)

4.2.4 Sähkötarvikkeiden tilaus ja keskusvalmistuksen seuranta

Sähkösuunnittelija kokoaa listan projektin tarvikkeista ja siirtää ne tietokantaan. Yrityksillä on yleensä omat tietokantansa, joihin projektiin valitut komponentit merkitään/liitetään. Tietokannan kautta komponenteista tehdään luettelo, jonka avulla yrityksen ostaja hankkii aikataulun mukaan tarpeelliset komponentit haluttuun osoitteeseen (suoraan työmaalle/yrityksen omaan keskusvalmistukseen). Komponenttien tilauksessa on syytä ottaa huomioon vaihtelevat toimitusajat ja komponenttien hinnat (kilpailuttaminen). (Elmont Oy 2008.)

Sähkösuunnittelijan vastuualueeseen voi yrityksen hierarkiasta riippuen kuulua myös keskusvalmistuksessa tarvittavien resurssien varmistaminen, kuten kalusto, tilat ja tarvittava työvoima. Tässä tapauksessa suunnittelija valvoo keskusvalmistuksen etenemistä, aikataulua sekä menettelytapoja. Tarvittaessa suunnittelija käy asentajan kanssa sähkökaaviot läpi ja on mukana mahdollisten ongelmatilanteiden ratkonnassa. Kaikki sähkösuunnitteluratkaisut eivät välttämättä toimi käytännössä, ja kaavioita joudutaan usein muuttamaan kesken asennuksen.

Keskuksen tekijänä ollut sähköasentaja testaa ja tarkastaa keskuksen ja tekee siitä tarkastuspöytäkirjan. Sähkösuunnittelijalle (jos on käyttöönotossa mukana) puolestaan kuuluu käyttöönottovaiheessa I/O-testaus sekä mahdollisesti väylän testaus. Yleensä käyttöönotto kuuluu logiikkaohjelmoijalle, joka on vastuussa logiikkaohjelmasta ja sen toimivuudesta. Lopuksi kaikkien asennuksien osalta suoritetaan käyttöönottotarkastus. Yli 35 A:n asennuksista on tehtävä varmennustarkastus, jonka suorittaa henkilö, jolla on Tukes:n myöntämät valtuudet. (Elmont Oy 2008.)

4.2.5 Sähködokumentointi

Sähködokumenttien pohjalta tehdään asennukset ja käyttöönotto, ja niistä tulee selvittää kaikki projektin sähkölaitteisiin liittyvät asiat. Seuraavassa esimerkki projektikansion rakenteesta:

TAULUKKO 3. Malliesimerkki projektikansion rakenteesta.

PROJEKTIKANSION RAKENNE	
1. Moottoriluettelo	
2. Kenttälaiteluettelo	
3. Kaapeliluettelo	
4. Kaapelointikaavio	
5. Moottorien ja koteloiden sijoituspiirustus	
6. Keskus MK1	
Kokoonpano	Osaluettelo
Kilpiluetelo	Piirikaavio, ohjausjännite
Logiikan liitännät	Johdotuskaaviot
7. Väyläkaavio	
8. I/O-luettelo	
9. Ohjauspaneelit ja riviliitinkotelot	
10. Ohjauskotelo OK1	
Kokoonpano	Osaluettelo
Kilpiluetelo	Kytkentäkaavio
Johdotuskaaviot	
11. Parametrit (taajuusmuuttajat, servovahvistimet)	
12. Keskuksen tarkastuspöytäkirja	

Asennusten ja käyttöönoton jälkeen on loppudokumentoinnin aika, jolloin korjataan sähkökaavioihin merkatut muutokset ja kootaan täydennetty kansio, joka lähetetään asiakkaalle. Asiakaskansioon lisätään käyttöönottopäiväkirja, erikoiskomponenttien (taajuusmuuttajat) käyttö- ja huolto-ohjeet. (Elmont Oy 2008.)

Ohjelmoitava logiikka PLC (Programmable Logic Controller) on yleisnimitys ohjauslaitteille, jotka hoitavat kommunikoinnin laitteiden välillä. Ohjelmoitava logiikka on teollisuusautomaation perustyökälu. Nykyisin suurin osa ohjausjärjestelmistä toteutetaan ohjelmoitavalla logiikalla. Yleisimmin ohjelmoitavaa logiikkaa käytetään kappaletavarateollisuudessa sekä kone- ja prosessiautomaatiossa. Ohjelmoitava logiikka syntyi 1970-luvun alussa amerikkalaisessa autoteollisuudessa korvaamaan hankalasti päivitettävään relelogiikan. (Pylkkänen 2008; Lahtinen 2006)

PLC:n historia

1880	Mekaniikka
1920	Releet (sähkömekaaniset ohjaukset)
1950	Transistorit
1960	Ensimmäiset prosessitietokoneet
1970	IC (Integrated Circuits = mikropiirit) => ohjelmoitavat logiikat
1980	Mikroprosessorit
1990	Soft-plc, kenttäväylät (Standardi 61131 logiikan ohjelmointikielistä)
2000	Hajautus, avoimet järjestelmät (Standardi 61499 logiikan toimilohkomallista)

(Strömman 2007.)

General Motors toi markkinoille ensimmäisenä muistiin ohjelmoitavan logiikkalaitteen jo 60-luvulla ja sen jälkeen laitteet ovat yleistyneet nopeasti. Mikroelekt-

roniikan nopea kehitys 70- ja 80-luvuilla on muokannut ohjelmoitavia logiikoita yhä monipuolisemmiksi, ja laajimmat logiikkajärjestelmät muistuttavatkin nykyisin automaatiojärjestelmiä ja raja näihin on näin hämärtyvässä. Yhdellä logiikalla voi helposti korvata satoja tai tuhansia aiemmin käytettyjä releitä ja ajastimia. Ajan myötä niiden toimintojen määrä ja suorituskyky ovat lisääntyneet prosessorien kehityksen myötä. Ohjelmiston rooli automaatiossa on korostunut, ja ohjelmoitavat logiikat ovat saaneet uusia ominaisuuksia ja käyttökohteita. Nykypäivän logiikat ovat toiminnaltaan ja käytettävyydeltään huomattavasti kätevämpiä kuin vanhat relelogiikat. Nykyään voidaan esimerkiksi koota ja kytkeä sähkökeskus ilman valmista logiikkaohjelmaa, ja vianhaku sekä muutosten teko on nykylogiikalla huomattavasti helpompaa kuin relelogiikoiden aikakaudella. (Automaatiotekniikka 1 2006; Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto 2005.)

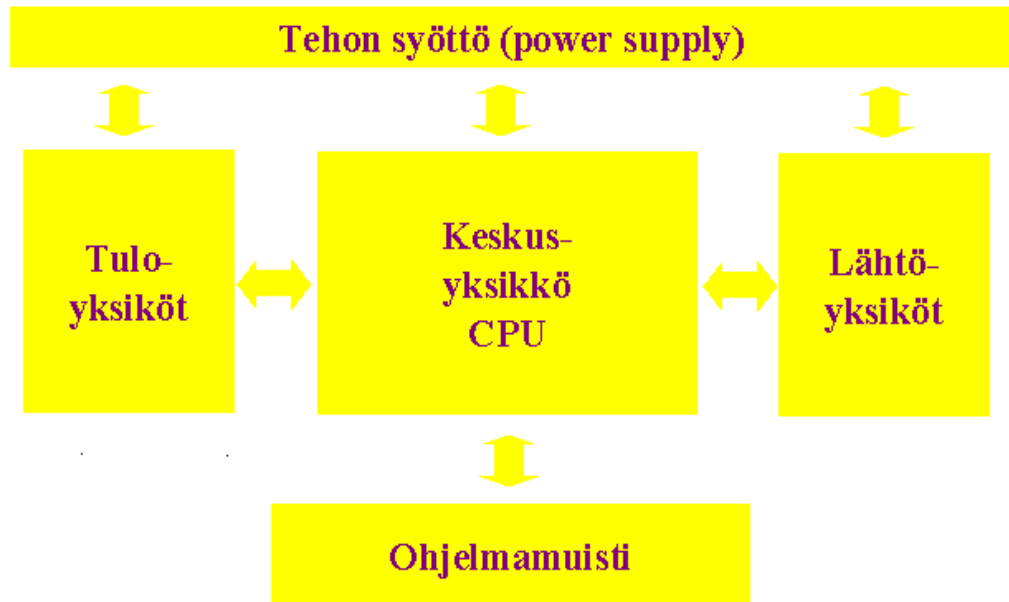
Ohjelmoitavien logiikoiden käyttökohteet ovat miltei rajattomat. Niitä käytetään toistuvien työjaksojen, kuten esimerkiksi kokoonpanolinjojen, pakkaus- ja lajittelukoneiden automatisointiin.

Maailman logiikkamarkkinoita hallitsevat monikansalliset yritykset, joista merkittävimpiä ovat mm. Siemens, Omron, Mitsubishi ja Allen-Bradley. Jokaiselle näistä ohjelmoitavista logiikoista on erilainen ohjelmointikieli, ne ovat fyysisesti erilaisia ja niillä on erilaisia ohjausominaisuuksia. Se, että minkä yrityksen logiikka on paras, on täysin riippuvainen käyttökohteesta ja monesti myös kokemuksen tuomasta mielipiteestä. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

5.1 Ohjelmoitavan logiikan rakenne ja toiminta

5.1.1 Rakenne

Ohjelmoitavan logiikan pääosat ovat tehon syöttö (power supply), keskusyksikkö (CPU), ohjelmamuisti sekä tulo- ja lähtöyksiköt. (Lahtinen 2006.)



KUVIO 6. Ohjelmoitavan logiikan perusrakenne. (Lahtinen 2006.)

PLC- järjestelmä on mikroprosessoriin perustuva ohjausjärjestelmä, joka koostuu keskusyksiköstä, muistista, teholähteestä, tulo- ja lähtöporteista, taustaväylästä sekä mahdollisista erikoisyksiköistä.

Keskusyksikkö

Keskusyksikössä sijaitsee logiikan käyttöjärjestelmä ja mikroprosessori. Se toimii siis logiikan aivoina. CPU:n koko ja tyyppi määräävät muun muassa logiikan pro-

sessinopeuden sekä ohjelmointitoimintojen määrän. Keskusyksikkö hoitaa myös viestiliikennettä logiikan ja ohjelmointilaitteiden välillä.

Muisti

Ohjelmoitavassa logiikassa on ohjelmoitava muisti, jota käytetään ohjaukseen tarvittavien komentojen tallentamiseen. Sieltä löytyy kaikki informaatio, jolla automatisoitu laitteisto toimii. Muisti voidaan jakaa kahteen osaan: pysyvään luku- ja tyhjenevään luku- ja kirjoitusmuistiin. Pysyvään muistiin yleensä tallennetaan varsinainen logiikkaohjelma.

Teholähde

Tehon syöttö antaa nimensä mukaisesti virtaa logiikalle. Se syöttää virtaa prosessorin mikropiiristölle sekä tulo- ja lähtöporteille. Teholähteitä on saatavilla 24 VDC- ja 230 VAC-käyttöjännitteille. (PLCTutor 2004; Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115.)

Tulot ja lähdöt

Tulo- ja lähtöportteihin on kytketty erilaisia kentällä olevia antureita ja toimilaitteita. Tuloportteihin (input) voidaan kytkeä antureita ja kytkimiä ja lähtöportteihin (output) toimilaitteita, joita logiikalla halutaan ohjata. Tuloyksikön tärkein tehtävä on välittää tilatieto antureilta keskusyksikölle. Muita tuloyksikön tehtäviä ovat galvaanisen erotuksen toteuttaminen, anturijännitteiden sovittaminen logiikan jännitteeseen ja suojata logiikkaa häiriöiltä. Lähtöyksikön tärkeimpänä tehtävänä on välittää tieto toimilaitteelle. Muina tehtävinä sillä on galvaaninen erotus ja jännitteen sovitus logiikan ja toimilaitteiden käyttöön sopivaksi. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115.)

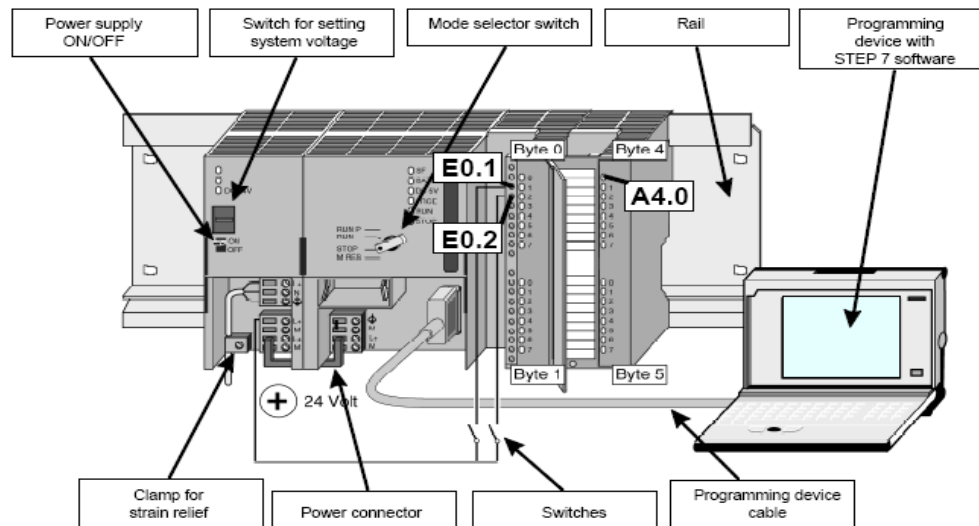
Taustaväylä

Ohjelmoitavassa logiikassa on tietokonetyyppinen väylä, jonka protokolla on pääsääntöisesti valmistajakohtainen. Väylää pitkin tieto kulkee CPU: lta korteille ja päinvastoin. Väylään kytkeytyy toiminnallisia ja liitännällisiä yksiköitä. Toiminnallisia ovat esimerkiksi CPU ja muisti. Liitännällisiä ovat tulot, lähdöt sekä pikalaskuri.

Erikoisyksiköt

Erikoisyksiköillä tarkoitetaan niin sanottuja älykkäitä yksiköitä, joilla on oma prosessori. Näitä ovat muun muassa nopeat laskuritulo-, väylä-, paikoitus- ja säätäjäsiköt. Nopeita laskurituloyksiköitä tarvitaan esimerkiksi silloin, kun logiikkaan liitetään pulssiantureita. Tämä siksi, että nopea laskurituloyksikkö pystyy laskemaan suuren taajuuden signaalia, johon normaali binääritulo ei kykene. Väyläyksiköitä käytetään liittymisessä muihin laitteisiin, kuten etäyksiköihin, toisiin logiikoihin, tietokoneeseen ja oheislaitteisiin. Paikoitusyksikköä käytetään muun muassa askelmoottoreiden, DC- ja AC-servokäyttöjen sekä hydraulikka- ja pneumatiikkakäyttöjen ohjaukseen. Säätäjäsiköt ovat pääsääntöisesti tehty nopeuttamaan säätöjen tekemistä, esimerkiksi hitaan analogiayksikön ja sovellusohjelman sijaan säätäjäsikkö hoitaa säätötehtävän itsenäisesti.

(Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115.)



KUVIO 7. Logiikan rakenne, Siemensin S7-300. (Siemens 2003.)

5.1.2 Ohjelmoitavan logiikan toiminta

Logiikan toiminta perustuu loogisten perustoimintojen toteuttamiseen. Tietoa käsitellessään logiikka reagoi tulotietojen muutokseen. Esimerkiksi kun kahden tulon tilat ovat vaikutettuina, ohjelma ohjaa halutun lähdön päälle. Logiikka tekee päätelmiä muistiakun avulla, johon prosessori tallentaa kunkin operaation tuloksen. Seuraavaa tehtävää suorittaessaan prosessori vertaa tulon tilaa muistiakun tilaan ja tallentaa jälleen tuloksen muistiakkuun. Lähtöä osoittaessaan prosessori siirtää muistiakun tilan lähtöön. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

Analogiatiedon käsittely on logiikalla monimutkaisempaa kuin edellä mainittujen, koska silloin tarvitaan monimutkaisempia käskyjä, kuten laskenta-, tiedonsiirto-, vertailu- ja tiedonmuuntokäskyjä. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

Nykyään automaatioteollisuudessa käytetään toimintaperiaatteeltaan vain yhdenlaisia logiikoita, niin sanottuja pyyhkäiseviä logiikoita. Ennen puhuttiin myös toisesta, reaaliaikaisesta logiikasta, joka toimi nimensä mukaisesti mahdollisimman reaaliaikaisesti. Tällainen logiikka reagoi nopeasti tilan muutokseen, jolloin

tulojen ja lähtöjen tilat voivat muuttua ohjelman läpikäynnin aikana. Tästä syystä ohjelmointi tällä logiikalla on hankalampaa kuin pyyhkäisevällä logiikalla, ja näin ollen suurin osa nykyään teollisuudessa käytettävistä logiikoista on pyyhkäiseviä logiikoita. Pyyhkäisevä logiikka toteuttaa ohjelmaansa tietyin väliajoin. Pyyhkäisy eli ohjelmakierto kestää yleensä muutamia millisekunteja. Ohjelmakierron aikana logiikka lukee tulojen tilat muistiin, suorittaa ohjelman, hakee tulojen tilat muistista, asettaa lähtötiedot muistiin ja sitä kautta hakee ne lähtöyksiköille. Tämän logiikan etuna on, etteivät tulojen ja lähtöjen tilat muutu ohjelman toteuttamisen aikana.

Yksi ohjelmakierto (kesto muutamia millisekunteja):

1. Logiikka lukee tulojen tilat muistiin.
2. Ohjelma ohjaa tulojen tilojen vaikutuksesta halutut lähdöt päälle.
3. Ohjelma tallettaa lähtöjen tilat muistiin.
4. Tulot luetaan uudelleen.

Ohjelman kiertonopeus on yksi logiikan suorituskykyä kuvaavista suureista. (Lahtinen 2006.)

5.2 Logiikka ohjauslaitteena

Ohjauslaitteena logiikka siis ottaa anturilta saamansa informaation vastaan ja reagoi saamansa tiedon perusteella ohjelman määräämällä tavalla. Reagointi ilmenee toimilaitteiden tarkoituksenmukaisena toimintana. Reagointitapa riippuu täysin ohjelmoijan tekemästä ohjelmasta ja reagointinopeus logiikan ominaisuuksista.

Logiikalla voidaan toteuttaa sekä niin sanottua kriteeriohjausta että askeltavaa ohjausta. Kriteeriohjauksella tarkoitetaan tavanomaista ohjausta, jossa työvaiheet eivät seuraa toistuvasti toisiaan, vaan toimilaitteita ohjataan pelkästään antureilta saadun informaation pohjalta. Kriteeriohjaukset ovat suoria ja yksittäisiä toimintoja, jotka eivät välttämättä ole kytköksissä muihin ohjelman toimintoihin. Esimerkiksi rajakytkin menee päälle ja merkkilamppu syttyy.

(Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

Askeltava ohjaus eli sekvenssiohjaus ottaa huomioon antureilta saamansa informaation lisäksi sen, että ollaan oikeassa askeleessa. Sekvenssiohjaus etenee rullaavasti, jossa jokaisen askeleen jälkeen tulee olla siirtoehto ja vastaavasti jokaisen siirtoehdon jälkeen askel. Askel voi olla aktiivinen tai vaikutukseton. Yhteen askeleeseen on kerätty ne toimenpiteet, jotka voidaan suorittaa samalla kertaa. Kun askel on aktiivinen, haluttuja toimintoja suoritetaan. Kun askeleen vaikutus loppuu, toiminto joko päättyy tai säilyttää tilansa. Esimerkkinä sekvenssiohjauksesta voidaan mieltää teollisuusrobotin liikerata, jossa ajallisesti peräkkäiset toiminnot seuraavat toisiaan. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

5.3 Logiikoiden luokittelu

Logiikat luokitellaan yleensä kolmeen eri kategoriaan: pieniin, keskisuuriin ja suuriin logiikoihin. Jakoperusteena käytetään tässä jaossa prosessorin kapasiteettia käsitellä I/O:ta. Ennen käytettiin myös termejä kompaktit ja modulaariset logiikat, joissa pienet logiikat olivat kompakteja ja keskisuuret- ja suuret logiikat modulaarisia.

(Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

Seuraavassa logiikoiden jaottelu kolmeen eri kategoriaan:

1. Pienet logiikat:

- I/O-määrä alle sata kappaletta, pääosin binääriliitännöitä
- tarkoitettu yhden koneen ohjaukseen
- ei laajennettavissa lisäkortein
- esimerkkinä Siemensin S7-200 (CPU 221).

2. Keskisuuret logiikat:

- I/O-määrä 100-500 kappaletta, binääri- ja analogialiitännöjä (A I/O>60)
- tarkoitettu pienprosessien automaatioon, esimerkiksi solun ohjaukseen
- saatavilla erilaisia mittaus-, ohjaus-, kommunikaatio- ja laskentakortteja
- verkkoratkaisut mahdollistavat suuret sovellukset
- esimerkkinä Siemensin S7-300 sarja.

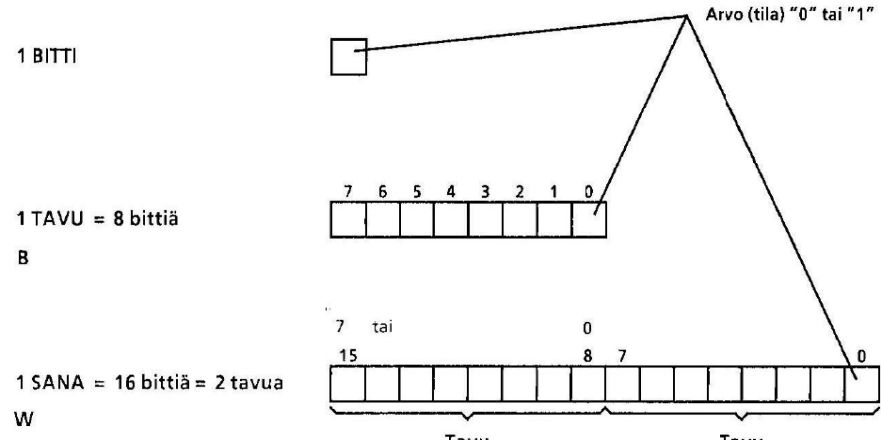
3. Suuret logiikat:

- I/O- määrä useista tuhansista kymmeneen tuhansiin, binääri- ja analogialiitännöjä (A I/O>500)
- monimutkaiset ja suuret sovellukset, esimerkiksi kokonaisen tehtaan ohjaus
- esimerkkinä Siemensin S7-400 sarja.

5.4 Tulot ja lähdöt

Tulot ja lähdöt ovat ohjelmoitavan logiikan ulkoisia liitännöjä (I/O, Input/Output). Tuloporttien kautta logiikka saa tietoa järjestelmän tilasta, ja lähtöporttien kautta se ohjaa järjestelmää. Seuraavaksi tarkastellaan tuloja ja lähtöjä logiikan ohjelman kannalta, jossa tulot ja lähdöt ovat yleensä ryhmitelty rinnakkaiksi bittiryhmiksi eli tavuiksi (B, BYTE) ja sanoiksi (W, WORD). Tavu on kahdeksan rinnakkaista bittiä ja sana kaksi tavuryhmää eli 16 bittiä (tuplasana, DW, Double Word = 32 bittiä).

SIEMENS



KUVIO 8. Bitti, tavu ja sana. (Rantanen & Tuominen 2006.)

Tavanomaisessa ohjelmoinnissa tulot voidaan ymmärtää riviliitinryhmänä, joiden numerointijärjestelmä vaihtelee logiikkamerkeittäin. Seuraavassa taulukossa on esimerkkejä hieman vanhempien logiikoiden tulo- ja lähtönumeroinnista sekä muusta I/O-avaruudesta. Isompiin, laajennettaviin (modulaarisiin) logiikoihin näitä ominaisuuksia voidaan liittää lisää. (Wikipedia 2008c; Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2002, 249.)

TAULUKKO 4. Esimerkki pikkulogiikoiden tulo- ja lähtö numeroinnista ja muista ominaisuuksista. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2002, 249.)

Ominaisuus	LOGIIKKAMALLI			
	Festo FPC202 C Siemens S7-200 Omron CQM1 Mitsubishi Melsec FXO			
Tulot(Input)	E 0.0 - 0.7	E 0.0 - 0.7	IR 0.00 - 0.15 X0 - X7	
Lähdöt (Output)	A 0.0 - 0.7	A 0.0 - 0.7	IR 1.00 - 1.15 Y0 - Y5	
Apumuistit	256	1024	2720	512
Ajastimet	32	64	512	56
Laskurit	32	64	512	16

5.5 Ohjelmointi

PC on nykyisin tavallisin ohjelmointilaite, jolla logiikkaohjelmoija suunnittelee ohjelman rakenteen ja määrittelee käytettävät muistialueet. Muistialueita määrittäessä ohjelmoija varaa muistialueet myös kommunikointeja (muut järjestelmät) sekä tiedonkeruuta varten. Logiikkaohjelmoija nimeää muistialueiden muuttujat yrityksen nimeämiskäytännön mukaisesti.

Ohjelmointi tehdään joko offline- tai online-tilassa, joista offline-tila on turvallisempi ja yleisempi tapa ohjelmoida. Offline-tilassa ohjelmoitaessa toiminnot ohjelmoidaan logiikan muistiin etukäteen ja otetaan sieltä käyttöön, kun ohjelma on valmis. Tämä tapa ei kuormita toimivaa yksikköä, ja ohjelma voidaan testata etukäteen. Online-tilassa ohjelmointi tapahtuu logiikan toiminnan aikana suoraan keskusmuistiin. Tämä tapa mahdollistaa nopeat muutokset mutta tuo mukanaan omat riskinsä. Ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmistokehitys ei ole yhtä kehittynyttä kuin varsinainen tietokoneohjelmointi, joten tämän vuoksi logiikkasovellukset ovat usein riippuvaisia henkilöstä ja vaikeasti ylläpidettäviä. Huono ylläpidet-

tävyys voi johtua myös puutteellisesta dokumentoinnista tai sovellusten sekavista rakenteista. (Automaatiotekniikka 1 2006.)

5.5.1 Ohjelmointikieliet

Logiikkaohjelmointiin on kehitetty omat ohjelmointikielensä, jotka poikkeavat valmistajasta ja tyypistä riippuen. Esimerkkinä Siemensin valmistama S7-200 sarjan logiikka ohjelmoidaan eri ohjelmistolla kuin tehokkaammat ja teollisuudessa käytetyimmät S7-300 ja S7-400 logiikat. PLC:n ohjelmoinnissa erilliset ohjelmointilaitteet ovat jääneet historiaan, ja nykyisin ohjelmointi tapahtuu PC-ohjelmalla, josta sovellusohjelma ladataan ohjelmoitavaan logiikkaan käyttämällä PC:n sarja- tai rinnakkaisporttia, USB- tai Ethernet-väylää. Logiikat voidaan liittää toisiinsa useammalla eri tavalla, joista yleisin on teollisuusväylä, esim. Profibus-väylä. Windows-käyttöjärjestelmiin siirtymisen myötä eri valmistajien ohjelmointityökalut ovat alkaneet muistuttaa enemmän toisiaan ja ovat tämän takia helpompia oppia. Muita etuja ovat helppo integrointi muihin suunnittelutyökaluihin sekä sovellusohjelmien tallentaminen tiedostopalvelimille. (Strömman 2007; Asmala 2003.)

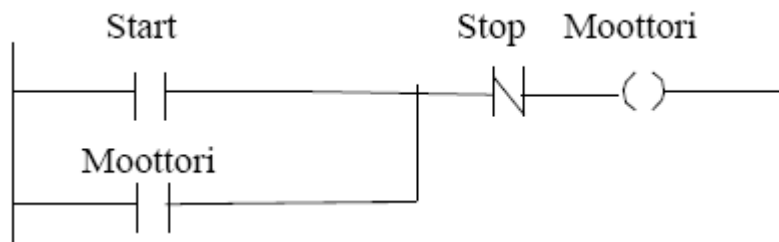
Nykyään suurimmaksi osaksi käytetään viittä kansainvälisen standardin (IEC 61131-3) täyttävää ohjelmointikieltä:

- FBD (Function Block Diagram): Toimilohkokaavio (Logiikkakaavio)
Funktioihin ja toimilohkoihin perustuva graafinen ohjelmointikieli.
- LD (Ladder Diagram): Tikapuukaavio
Sähköpiirikaaviota muistuttava graafinen ohjelmointikieli.
- IL (Instruction List): Käskylista
Assembler-kieltä muistuttava tekstipohjainen ohjelmointikieli.
- ST (Structured Text): Rakenteellinen teksti

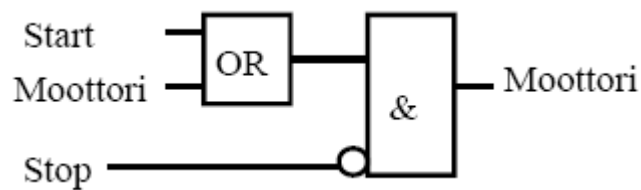
Pascal-tyyppinen korkeamman tason ohjelmointikieli.

- SFC (Sequential Function Chart): Sekvenssifunktiokaavio
Ei ole varsinainen kieli, vaan sillä kuvataan ohjelman sekventiaalista (askelta-
vaa) käyttäytymistä.

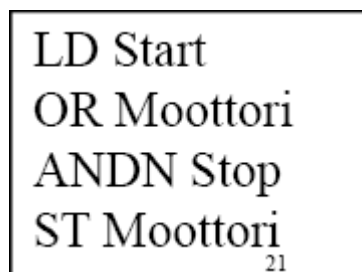
Esimerkki samasta ohjelmaosasta eri ohjelmointikielillä:



KUVIO 9. Tikapuukaavio (LD). (Strömman 2007.)

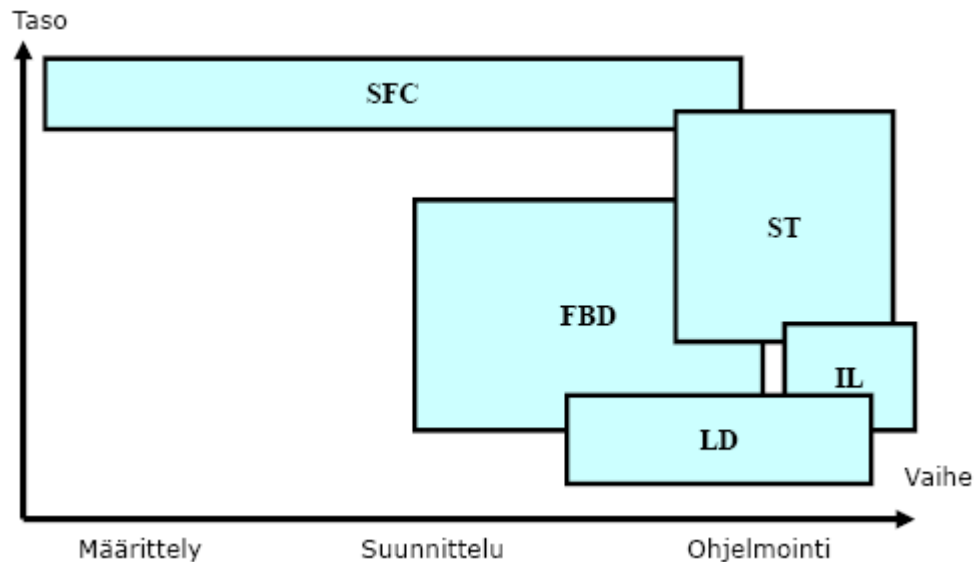


KUVIO 10. Toimilohkokaavio (FBD). (Strömman 2007.)



KUVIO 11. Käskylista (IL). (Strömman 2007.)

TAULUKKO 5. Ohjelmointikielten tasot ja käyttökohteet.
(Strömman 2007.)



Standardissa (IEC 61131-3) määritellään ohjelmointikielien, ohjelmiston yleinen arkkitehtuuri, muuttujien tietotyypit sekä joitain valmiita funktioita ja toimilohkoja. Standardi käsittelee ohjelmoijan ja ohjausjärjestelmän välistä rajapintaa, ja täten määrittelyt liittyvät vain suunnitteluun eivätkä ota kantaa järjestelmien sisäisiin toteutusratkaisuihin. Standardi ei varsinaisesti liity toteutuspuoleen mitenkään, vaan se ohjeistaa vain ja ainoastaan esitystapaan.

(Suomen Automaatioseura ry 2005, 13-14.)

Standardeista huolimatta logiikkaohjelman rakennetta on vaikea ohjeistaa, koska se on hyvin riippuvainen projektista sekä ohjelmoijasta itsestään. Kun ohjelma sisältää paljon operaatioita ja tuloja ja lähtöjä on paljon, vaaditaan ohjelmoijalta järjestelmällisyyttä ja dokumentointitaitoa, jotta on helpompi seurata, mitä vaihetta ohjelma missäkin vaiheessa suorittaa. (Suomen Automaatioseura ry 2005, 13-14.)

Logiikkaohjelmoinnin kulkua teollisuudessa voidaan yleisellä tasolla kuvata seuraavanlaiseksi:

1. Ohjelma suunnitellaan ja kirjoitetaan PC:llä.
2. Ohjelma simuloidaan PC:llä.
3. Ohjelma ladataan PLC:n muistiin.
4. Ohjelman toiminta testataan ohjattavan koneen kanssa ja tehdään tarvittavat muutokset.
5. Kone otetaan tuotantokäyttöön.

Logiikkaohjelmoija pyrkii testaamaan logiikat jo toimistolla, yleensä liittämällä testaukseen tarvittavat logiikkamoduulit ja komponentit. Väylättestaus ja erilaisten komponenttien parametointi tehdään ohjauskeskusten valmistuttua, aikataulusta riippuen joko yrityksessä tai vasta käyttöönottovaiheessa.

5.5.2 Soft-PLC

Soft-PLC tarkoittaa ohjelmoitavan logiikan suoritusyksikön korvaamista PC:ssä ajettavalla sovellusohjelmalla, joka suorittaa logiikkaohjelman käskyt. Lyhyesti se siis tarkoittaa logiikkaohjelman suorittamista PC:ssä. Soft-PLC suorittaa tietokoneessa reaaliaikaista logiikkaohjelmaa niin sanotussa suojatussa tilassa, jolloin ohjelman suoritus ei ole riippuvainen tietokoneen muiden ohjelmien tai käyttöjärjestelmän tilasta.

Soft-PLC:ssä esimerkiksi moottorinohjaus rakennetaan suoraan tietokoneeseen. Ohjelma, joka on usein Windows-pohjainen, suorittaa kaikki laskelmat ja antaa komennot yhdelle tai useammalle lisäkortille, jotka ohjaavat moottoria annettujen arvojen mukaisesti. Viestintä muiden järjestelmien kanssa tapahtuu kenttäväylien kautta toisiin lisäkortteihin, jotka hoitavat esimerkiksi ohjausta ja viestintää. (Kördel & Johnsson 2004.)

Soft-PLC:n ennustetaan korvaavan paljon tämän hetkisiä PLC-järjestelmiä.

5.6 Standardointi logiikoissa

Ohjelmoitavan logiikan rooli prosessi-, kappaletavara- ja koneautomaatiassa on kasvanut erittäin tärkeäksi. Ohjausjärjestelmien vaatimukset kasvavat jatkuvasti. Ohjelmistot ovat laajentuneet, jolloin myös virheiden mahdollisuus on lisääntynyt ja täydellinen etukäteistestaus on lähes mahdotonta. PLC-prosessin suunnittelun kehittämisessä on ohjelmointikielten ja järjestelmien ymmärtäminen tärkeää kaikille. (Asmala 2003.)

PLC-sovellusohjelmien tuotantoprosessit eivät ole yhtä pitkälle kehittyneitä kuin tietokoneohjelmoinnin menetelmät. Osasyynä tähän ovat eri valmistajien erilaiset ohjelmointikielien ja työkalut. Tätä ongelmaa on pyritty ratkaisemaan standardoinnin avulla. Erilaisilla standardeilla pyritään yhdenmukaistamaan ohjelmointityökaluja. Seuraavaksi käydään läpi tärkeimmät logiikkaohjelmointia koskevat standardit.

(Suomen Automaatioseura ry 2005, 13-14.)

- IEC 61131-3 Ohjelmointikieliä käsittelevä standardi
- IEC 61499 Toimilohkomallia käsittelevä standardi
- IEC 61804 Määrittää teknologiasta riippumattomia toimilohkomalleja, sekä määrittelee EDDL-laitekuvauskielen (Electronic Device Description Language)

(Suomen Automaatioseura ry 2005, 13-14.)

Standardit on yleisesti hyväksytty laitevalmistajien keskuudessa, vaikka suurimmat valmistajat suhtautuvat asioiden yhdenmukaistamiseen epäluuloisesti. Standardoinnit ovat silti selkeyttäneet paljon logiikkaohjelmointia, ja ne ovat laajalti käytössä, mutta kaikki yritykset eivät kuitenkaan noudata niitä täysin.

(Suomen Automaatioseura ry 2005, 13-14.)

5.7 Asennus

Logiikka asennetaan yleensä sähkökeskuksen tai -kotelon sisälle. Logiikka on helppo asentaa keskuksen sisälle (sille tarkoitetun kiskon päälle, katso alla kuvio 12), josta siihen pääsee helposti käsiksi, ja se on turvallisessa paikassa, kun puhutaan käyttövarmuudesta. Sähkömagneettisten häiriöiden välttämiseksi logiikka on asennettava mahdollisimman kauas moottori- ja tehokaapeleista sekä tehojohtimista.



KUVIO 12. Siemensin ET200M-hajautusyksikkö asennettuna keskuksen.

5.8 Liitynnät ohjelmitaviin logiikoihin

5.8.1 Kenttäväylät

Kenttäväylällä tarkoitetaan yleensä logiikan ja kenttälaitteen kytkemistä toisiinsa yhdellä tiedonsiirtokaapelilla. Tämä säästää paljon työtä ja kaapelointikuluja, silloin kun järjestelmässä on suuri määrä tuloja ja lähtöjä, tai ne ovat hajallaan tai kaukana toisistaan. Kenttäväylät mahdollistavat tiedonsiirron kenttälaitteiden ja automaatiojärjestelmän välillä. Niiden avulla voidaan mitata ja säätää prosessien eri vaiheita, ja ne mahdollistavat ohjelmitavien logiikoiden, digitaalisten automaatiojärjestelmien sekä kenttälaitteiden kytkemisen toisiinsa. Väyläratkaisujen tärkeimpänä tehtävänä on logiikoiden hajautus. Seuraavaksi käydään läpi tärkeimpiä ja eniten käytettyjä kenttäväyliä automaatioteollisuudessa.

Profibus

Saksalainen Profibus-väyläperhe on etupäässä Siemensin kehittämä kenttäväylästandardi, ja se on yleisin Euroopassa käytettävä teollisuusväylä. Profibus on ensimmäinen teollisuuden kaikki kommunikaatiotarpeet kattava väylä. Profibus-väylä on jo pitkään käytössä ollut ylemmän tason teollisuusväylä. Tämä nimitys siksi, että siihen voidaan liittää muitakin väyliä aliväyliksi, esimerkiksi Asi-väylä. Profibus-väylän tiedonsiirto perustuu kaksijohtimiseen maadoitettuun kaapeliin, jossa tiedonsiirto tapahtuu. Väylää käytetään liittämään kenttälaitteita, kuten hajautettua I/O:ta tai taajuusmuuttajia automaatiojärjestelmään. Profibus on avoin kenttäväyläjärjestelmä, jolla on lyhyet vasteajat. (Santala 2005.)

Eri sovelluksiin on oma Profibus-protokollansa. Valittavana on muun muassa Profibus FMS (Suuret tietomäärät ja kehittyneille toiminnoille), Profibus DP (Pienemmät tietomäärät ja yksinkertaisemmille toiminnoille) sekä Profibus PA (Kehittyneille toiminnoille turvallinen tiedonsiirto, kehittyneempi versio Profibus DP:stä). Profibus on valmistajasta riippumaton, ja siihen voi kytkeä ja siitä voi irrottaa yksiköitä käytön aikana. (Lindh 2007a.)

Interbus-S

Interbus-S on Phoenixin kehittämä anturi- ja toimilaitteväylästandardi, joka on ollut markkinoilla kauan. Väylä on tarkoitettu pienille tietomäärille ja yksinkertaisille toiminnoille. Käytön aikana siitä ei voi irrottaa yksiköitä. Kuten Asi-väylä, Interbus-S käyttää isäntäasemaa, joka ohjaa renkilaitteita, joihin anturit ja toimilaitteet ovat kytketty. Interbus-S-väylän käyttö on nykypäivän automaatiossa todella harvinaista. Vanhahtavan tekniikkansa takia se on jäämässä pois automaatiopuolelta kokonaan. Väylän käyttö suuntautui erityisen paljon autoteollisuuteen.

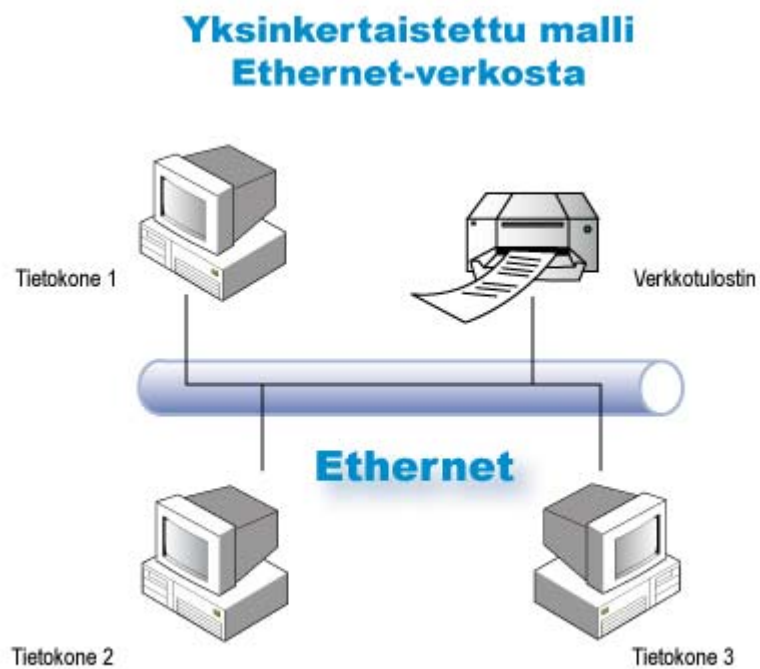
Asi-väylä

ASI (Actuator Sensor Interface)-väylä on alimman tason väylä, joka on suunniteltu korvaamaan perinteistä rinnakkaiskaapelointia. Asi-väylän etuina on, että kaikki komponentit voidaan kytkeä helposti ja nopeasti vain yhdellä kaapelilla, sitä on mahdollista laajentaa jatkossa eikä siinä tarvita erillisiä I/O-kortteja. Väylässä käytetään kaksijohtimista kaapelia, jolla viedään syöttöjännite ja datatiedot kiinnitetyille komponenteille. Yhteiskäytön takia kaapelissa kulkeva virta on enimmillään 2 A, mikä tuo rajoituksena muun muassa sen, että laitteille joudutaan yleensä tuomaan lisävirtaa erillisellä kaapelilla. Kaapelien pituus on maksimissaan 100 metriä, mutta sitä voidaan jatkaa vahvistimilla. (Santala 2005.)

Asi-väylä saa syöttöjännitteen Asi-Power nimisestä laitteesta, joka kiinnitetään kaapelilla Asi-kaapelin päälle. Asi-liikettä ohjaa Asi-master, joka ottaa vastaan ja lähettää bittejä Asi-slaveihin. Asi-master korvaa logiikan I/O-kortit. Kun master lähettää kutsun slavelle, slave vastaa ja antaa tilatiedon takaisin. Slavet ovat Asi-väylän komponentteja, joihin voidaan liittää esimerkiksi antureita ja venttiilejä. Asi-väylässä on yksi master per yksi väylä, ja jokaisella slavella on oma kiinteä osoitteensa. Asi-väylän yleisimmät käyttötarkoitukset ovat kappaletavara- ja koneautomaatioanturit ja -toimilaitteet. (Santala 2005.)

Ethernet

Ethernet on yleisin ja laajasti hyväksytty lähiverkkoratkaisu (LAN). Ethernetin kehityksen taustalla on ALOHA- radioverkko, jota kehittämällä nykyinen Ethernet-standardi syntyi. Perinteinen 10Mbps nopeudella toimiva Ethernet-verkko perustuu kaikkien käyttäjien yhteisen siirtoväylän jakamiseen. Uusin versio Gigabit Ethernet on nopeudeltaan jo peräti 1 gigabitti sekunnissa. Ethernetin yleisyys teollisuudessa perustuu sen valmistajariippumattomuuteen. Ethernet-väylässä tiedonsiirto tapahtuu joko kaapelissa tai optisessa kuidussa. (Rantanen & Tuominen 2006.)



KUVIO 13. Malli Ethernet-verkosta. (Wikipedia 2008a.)

Profinet

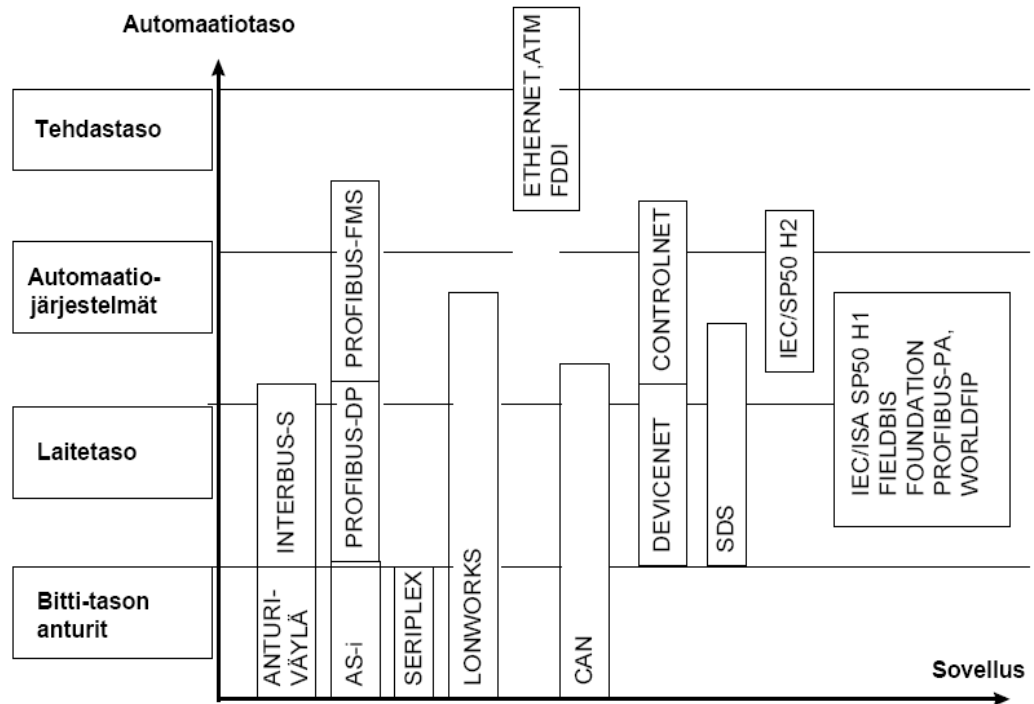
Profinet on niin sanottu reaaliaikainen teollisuuden automaatioon kehitetty Ethernet, joka yhdistää kenttätason laitteet suoraan tuotannonohjaustasolle. Profinet perustuu teollisuus-Ethernetiin, ja se käyttää TCP/IP:tä. Profinet-väylässä reaaliaikainen kommunikointi, käyttäjä- ja prosessitiedonsiirto tapahtuvat samassa kaa-

pelissa. Profinet on tulevaisuuden kenttäväylä, joka on yleistymässä kovaa vauhtia. Profinet yhdessä Profibus:n kanssa ovat yleisimpiä väyliä nykypäivän automaatiossa. (Siemens Osakeyhtiö 2008.)

DeviceNet (CAN-väylä)

CAN-väylä kehitettiin 80-luvulla ajoneuvojen sisäiseen tiedonsiirtoon. Väylä on suosituin Amerikassa, ja se on verrattavissa Profibus:n asemaan Euroopassa. DeviceNet on yksi CAN-väylän protokollista ja alunperin Allen-Bradleyn kehittämä väylä. DeviceNet on siis CAN-pohjainen, teollisuuteen tehty kenttäväylä, jonka avulla laitteita voidaan helposti liittää verkkoon ja etähallita. Kaikki laitteet, kuten logiikat, I/O-yksiköt, (kuituoptiikan) anturit, säätimet, konenäköjärjestelmät, servot ja taajuusmuuttajat, voidaan integroida saumattomasti DeviceNet-järjestelmään. Väylä antaa helpon ja tehokkaan keinon hallita monimutkaisiakin automaatioprosesseja. DeviceNet käyttää kahta kierrettyä parikaapelia, joista toinen tehonsiirtoon ja toinen viesteille. Nykyään erityisesti Omron (myös yksi DeviceNetin perustajista) on integroinut monet tuotteensa yhteensopiviksi DeviceNetin kanssa. (Lindh 2007a.)

(Automaation tietoliikennetekniikka 2007)



5.8.2 Käyttöliittymät (HMI)

Käyttöliittymä on työkalu ihmisen ja logiikkaohjelman välissä, ja sen avulla ohjelmaa pystyy muuttamaan ja poikkeavat tilanteet voidaan huomata ja korjata. Käyttöliittymänä toimii yleensä operointipaneeli tai valvoma-ohjelmalla varustettu PC. Käyttöliittymän kautta käyttäjä voi seurata käynnissä olevan prosessin tilaa sekä hankkia esimerkiksi keruu- ja laskentatietoja. Seuraavaksi käydään läpi tärkeimmät käytössä olevat käyttöliittymät. (Wikipedia 2008c.)

Operointipaneeli

Paikallisten operointipaneelien käyttö ohjattavien prosessien ja koneiden yhteydessä on lisääntynyt voimakkaasti. Esimerkiksi hajautetussa järjestelmässä operointipaneeli mahdollistaa parametrien syötön ja reseptien vaihdon paikallisesti ohjauskohteen läheisyydessä. Operointipaneeli kytketään ohjelmoitavaan logiikka-

kaan, jolloin siitä ohjataan logiikan muistipaikkoja tai suoraan lähtöjä, joista ohjussignaalit menevät edelleen kentällä oleviin laitteisiin. Vastaavasti logiikka lukee ja vastaanottaa kentällä olevien laitteiden tilatietoja ja mittausviestejä, jolloin nämä tiedot voidaan lukea operointipaneelilta. Paneeli valitaan tarvittavien ominaisuuksien ja käyttökohteen mukaan ja ohjelmoidaan erillisellä tietokoneohjelmalla, jotka ovat valmistajasta riippuen erilaisia. Paneeleita on sekä painikkeellisia että kosketusnäyttöisiä. Operointipaneeli liitetään logiikkaan sarjaliikenneväylän tai logiikkaverkon kautta. Logiikalta saatavat numeroarvot voidaan paneelilla esittää joko numeroina tai graafisesti, kuten pylväinä. Esimerkkinä valitaan jokin vaihtoehto Siemensin SIMATIC HMI paneelituoteperheestä, joka ohjelmoidaan Pro-Tool/Pro- tai WinCC flexible- ohjelmalla. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

PC-valvomo (InTouch)

Kun PLC:hen lisätään valvomo-ohjelmalla varustettu PC, saadaan PC-valvomo, jolla voidaan ohjata järjestelmää logiikan ilmoittamien parametrien mukaan. InTouch-ohjelmisto on yksi eniten käytetyistä tällä alalla. InTouch on Wonderware valmistama Windows-pohjainen sovellus, joka on tarkoitettu HMI-sovelluksiin. Sitä käytetään automaatioprosessien visualisointiin, kontrollointiin ja valvontaan. Wonderware-ohjelmistoissa on valmiit liitynnät kaikkiin merkittäviin automaatiolaitteisiin. Sen animoituja näyttöikkunoita voidaan yhdistää teollisiin I/O-järjestelmiin ja muihin Windows-pohjaisiin sovelluksiin. (Nikula 2006.)

Muut sovellukset

Muina sovelluksina on hyvä mainita Web-valvomot, jotka ovat lisääntyneet internetiyhteyksien ja tietotekniikan kehittyessä. Web-valvomon etuina ovat muun muassa seuraavat asiat: ei päivitettäviä ohjelmia, ei tarvita automaatio-ohjelmilla varustettuja tietokoneita, käyttö internetissä omalla standardi PC:llä (omat tunnukset) sekä muut organisaatiot voivat hyödyntää tuotettua tietoa.

5.8.3 Kappaleiden automaattinen tunnistus

Automaattinen tunnistus nopeuttaa prosessia huomattavasti, koska kappaleen tiedot tarvitsee syöttää vain kerran järjestelmään, tiedonsiirto ja tallennustapa ovat nopeita, todennäköisyys virheisiin on pieni sekä automaattinen tunnistaminen vapauttaa työvoimaa. Seuraavassa tarkastellaan tärkeimpiä tunnistusmenetelmiä. (Juntunen, Mäkinen & Tuominen 2006.)

Viivakoodinlukija

Viivakoodit ovat optisesti luettavia merkkijonoja, joissa jokainen merkki (kirjain, numero) on koodattu viivoja käyttäen. Kutakin merkkiä vastaa aina tietty yhdistelmä ohuita ja paksuja viivoja sekä niiden välejä. Liittämällä tällaisia viivayhdistelmiä peräkkäin saadaan aikaiseksi viivakoodi. Viivakoodia luettaessa lukijalaite tulkitsee eli dekodaa koodin tietojärjestelmän ymmärtämään muotoon. Se voidaan lukea etu- ja takaperin. Viivakoodin lukeminen on tapa syöttää tietoa tietojärjestelmään, päätteeseen, logiikalle tai ohjaussysteemiin. Viivakoodin avulla tapahtuva tiedon syöttö on nopeaa verrattuna normaaliin käsin tapahtuvaan näppäilyyn tietoja tallennettaessa. Nopeus voi olla jopa viisinkertainen, ja virhemahdollisuus pienenee huomattavasti, ja näin tiedon syöttö tehostuu huomattavasti käytettäessä viivakoodia. Viivakoodilukijan valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa lukuetaisyys, valaistus, kaltevuuskulmat ja ympäristön olosuhteet. Tärkeimpiä automaatioteollisuudessa käytettäviä viivakoodinlukijoita ovat laserskannerit, kameralukijat sekä kiinto- ja korttilukijat. (Juntunen, Mäkinen & Tuominen 2006.)

RFID

RFID eli radiotaajuinen etätunnistaminen on työkalu tiedon etälukuun ja tallentamiseen. RFID-tekniikka toimii sillä periaatteella, että tunniste (saattomuisti) kiin-

nitetään tunnistettavaan kappaleeseen ja tunniste sisältää antennin, joka lähettää ja vastaanottaa tietoa radiotaajuudella. Automaatiotekniikassa RFID:n hyötyjä ovat tuotantoprosessin tehostuminen, työtehokkuuden kasvaminen sekä tärkeimpänä logististen ratkaisujen kehittyminen. RFID-tekniikka on hiljalleen syrjäyttämässä viivakoodit ja vastaavat vanhemmat ratkaisut. (Wikipedia 2008b.)

Konenäkö

Konenäkö (Machine Vision) koostuu kamerasta ja tietokoneesta, jossa kameran ottamat kuvat analysoidaan sille tarkoitettulla ohjelmalla. Saadun analyysin perusteella ohjauskomennot annetaan edelleen itse tuotantolinjaan koneille ja laitteille. Konenäön kameroiden kehityksen myötä saadaan tarkkoja ja nopeita kuvia ja analysointeja kohteista. Viimeisin kehityssuunta on niin sanotut älykamerat, joihin on sisäänrakennettu kaikki konenäössä tarvittavat elementit: kuvanottokamera, valaistus ja kuvankäsittelytietokone. Automaation kannalta huomattava asia on myös infrapunakamerat, jotka näkevät pimeässä, käyttäen apunaan lämpötilaeroja. Konenäön sovellukset automaatiossa ovat hyvin moninaisia, mutta yleisimmin konenäköön törmää laadunvalvontatehtävissä. Laadunvalvonnassa konenäön tietokoneeseen asennetaan ideaali kuva kappaleen muodosta tai koosta ja konenäkö vertaa kameran avulla kappaleita tallennettuun kuvaan. Konenäöstä esimerkkinä on Siemensin SIMATIC Machine Vision. (Soini 2006.)

5.9 Ohjelmoitavan logiikan valinta

Logiikan valintaan vaikuttavat ensisijaisesti tarvittavan I/O:n määrä, käyttötarkoitukseen vaadittavat toiminnot, liitettävien yksiköiden määrä ja tyyppi, suorituskyky ja hinta. Valinnassa on huomioitava myös mahdolliset erikoisvaatimukset, kuten erikoiskomponentit (punnitus- ja liikkeenohjauskortit), riittävä tehon syöttö, valmius toimia väyläohjauksessa sekä käytettävät kortit, esimerkiksi analogia- ja Ethernet-kortit. Jos järjestelmä halutaan hajauttaa, on mietittävä, miten se tehdään ja miten se tulee vaikuttamaan lopputulokseen. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

Logiikan valinnassa on hyvä ensiksi valita kokoluokka, joka on yleensä suoraan verrannollinen tarvittavaan I/O-määrään. Tämän jälkeen on syytä tarkastella riittävä käskyjen määrä, esimerkiksi pienissä logiikoissa ei välttämättä ole vakiona säätöön ja askellusohjaukseen tarvittavia käskyjä. Ennen valintaa on selvitettävä vielä erikoisyksiköiden tarve ja se mihin logiikoihin näitä voi liittää.

(Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

PLC-järjestelmät eroavat toisistaan koon, tiedonsiirron sekä anturointi- ja ohjauskomponenttien suhteen. Kooltaan järjestelmät vaihtelevat muutaman digitaalisen I/O-pisteen minilogiikoista aina kokonaisten laitosten ohjaukseen tarkoitettuihin usean logiikan muodostamiin kokonaisuuksiin. PLC-järjestelmä voidaan tarvittaessa hajauttaa käyttäen kenttäväylää, ja suurempia logiikoita voidaan tarvittaessa laajentaa muun muassa analogisilla ja digitaalisilla I/O-yksiköillä, erityisillä mitausyksiköillä, moottorilähdöillä, säätimillä, paikoitusyksiköillä sekä tiedonsiirtoyksiköillä.

(Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1996, 102-115, 133, 148.)

Yleisesti ottaen nykylogiikat ovat erittäin toimintavarmoja.

5.10 PLC:n ja prosessinohjausjärjestelmän vertailu

Prosessinohjausjärjestelmiä on monenlaisia, mutta yleisesti sillä tarkoitetaan yhdistettyä automaatio- ja informaatiojärjestelmäverkkoa. Prosessinohjausjärjestelmiä (keskitettyjä ja hajautettuja) ovat esimerkiksi ALCONT, MetsoDNA ja DAMATIC. (Lindh 2007b.)

Seuraavassa on vertailtu hajautettua prosessinohjausjärjestelmää sekä ohjelmoitavaa logiikkaa.

TAULUKKO 7. PLC: n ja hajautetun prosessinohjausjärjestelmän vertailua.

(Strömman 2007.)

HAJAUTETTU PROSESSINOHJAUS- JÄRJESTELMÄ	PLC
☒ Integroitu kokonaisjärjestelmä	☒ Perustoimintona logiikkaohjaukset
☒ Jatkuvat säädöt	☒ Voidaan toteuttaa sekvenssiohjauksia
☒ Logiikkaohjaukset	☒ Lisäkorteilla nopeita säätöjä
☒ Sekvenssiohjaukset	☒ Skaalattavissa hyvin pienistä varsin suuriin
☒ Monipuoliset laskentaominaisuudet	☒ Ylätasolla PC- valvomo- ohjelmistot ja prosessidatan keruu tietokantoihin: yhdistelmän toiminnallisuus lähestyy automaatiojärjestelmiä
☒ Prosessidatan keruu tietokantaan	☒ Sovellukset tyypillisesti kappaletavarateollisuudessa ja koneohjauksissa
☒ Skaalattavissa pienehköistä sovelluksista hyvin suuriin	
☒ Sovellukset tyypillisesti prosessiteollisuudessa, metsä, kemia..	
☒ Integroitu suunnittelu- ja toteutusympäristö	

Nykyään näiden kahden selkeä erottaminen toisistaan on hankalaa, koska suuret logiikat (esimerkiksi Siemens S7-400) ovat ominaisuuksiltaan jo hyvin lähellä automaatiojärjestelmiä. Lisäämällä PLC-järjestelmään esimerkiksi kattavan valvomo- ja tietokantajärjestelmän, päästään hyvin lähelle edellä mainittua järjestelmää. Ehkä ratkaisevimpana erona voidaan edelleen pitää valvomotoimintojen toteutusta ja laskentakapasiteettia. (Strömman 2007.)

6 SÄHKÖSUUNNITTELUN JA LOGIIKKAOHJELMOINNIN RAJAPINTA

Teollisuusautomaatiossa sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin rajapinta on epämääräinen käsite, joka on vaikea rajata selkeäksi osa-alueeksi. Tällä rajapinnalla tarkoitetaan sitä rajaa, jossa nämä kaksi osa-aluetta niin sanotusti kättelevät

eli kohtaavat. Puhuttaessa näiden kahden rajapinnasta, kuulee usein sanottavan, että kaikki asiat vaikuttavat kaikkeen, mutta sähkösuunnittelijan ja logiikkaohjelmoijan näkökulmista katsottuna asian voi nähdä tarkemmin ja löytää ne osa-alueet, jossa nämä kaksi asiaa ovat kytköksissä toisiinsa.

Seuraavaksi tarkastellaan tätä rajapintaa sillä perusajatuksella, että mitä tietoja logiikkaohjelmoija tarvitsee sähkösuunnittelijalta pystyäkseen suunnittelemaan ja toteuttamaan projektille logiikkaohjelman. Tarkemmin ajateltuna näitä välttämättömiä lähtötietoja ei ole montaa ottaen huomioon sen, että logiikkaohjelmointi on vain yksi osa-alue sähkösuunnittelun jatkumoa, kuten PC- ja valvomosuunnittelu. Logiikkaohjelmoijan ei tarvitse olla tietoinen jokaisesta sähkösuunnittelijan tekemistä ratkaisusta komponenttien ja sähkökaavioiden osalta. Tärkeimpiä rajapintana pidettäviä asioita ovat I/O-lista, erikoiskortit logiikassa, taajuusmuuttajan ja servovahvistimen ohjaus ja parametointi, väyläratkaisut sekä osa komponenttivalinnoista. Rajapinnaksi luokiteltavia asioita on varmasti näkökulmasta ja mielipiteestä riippuen muitakin, mutta seuraavassa tarkastellaan näitä yllä mainittuja asioita.

6.1 I/O-lista

Rajapinnasta puhuttaessa ensimmäisenä ja tärkeimpänä tulee mieleen I/O-lista. Sähkösuunnittelija laatii input-output-listan, joka toimii lähtökohtana logiikkaohjelmointiin. Sähkösuunnittelija laatii I/O-listan muun muassa moottoriluettelon ja anturivalintojen pohjalta. I/O-listan tulisi olla valmis ennen kuin aloitetaan kaavioiden piirtäminen. I/O-lista ei sisälly projektikansioon, ja se tehdään taulukkomuotoon, esimerkiksi MS Excel:llä, josta se on mahdollista suoraan liittää tarvittaviin kaavioihin. I/O-listaan kuuluu normaalien tulojen ja lähtöjen lisäksi myös turvalogiikan tulot ja lähdöt. Turvalogiikan tuloihin kuuluu ainakin hätäseis-painikkeet sekä turvaovien rajakytkimet. Turvalogiikan lähtöjä voisi verrata erillisen turvareleen koskettimiin.

I/O-lista sisältää käytettävän kortin tunnuksen ja tyyppin, tulojen ja lähtöjen osoitteet, lyhyen kuvauksen toiminnolle, laitteen tunnuksen ja mahdolliset huomiot laitteesta/toiminnosta.

TAULUKKO 8. Esimerkki I/O-listasta, kyseessä Mitsubishin logiikka (osoitteet). (Elmont Oy 2008)

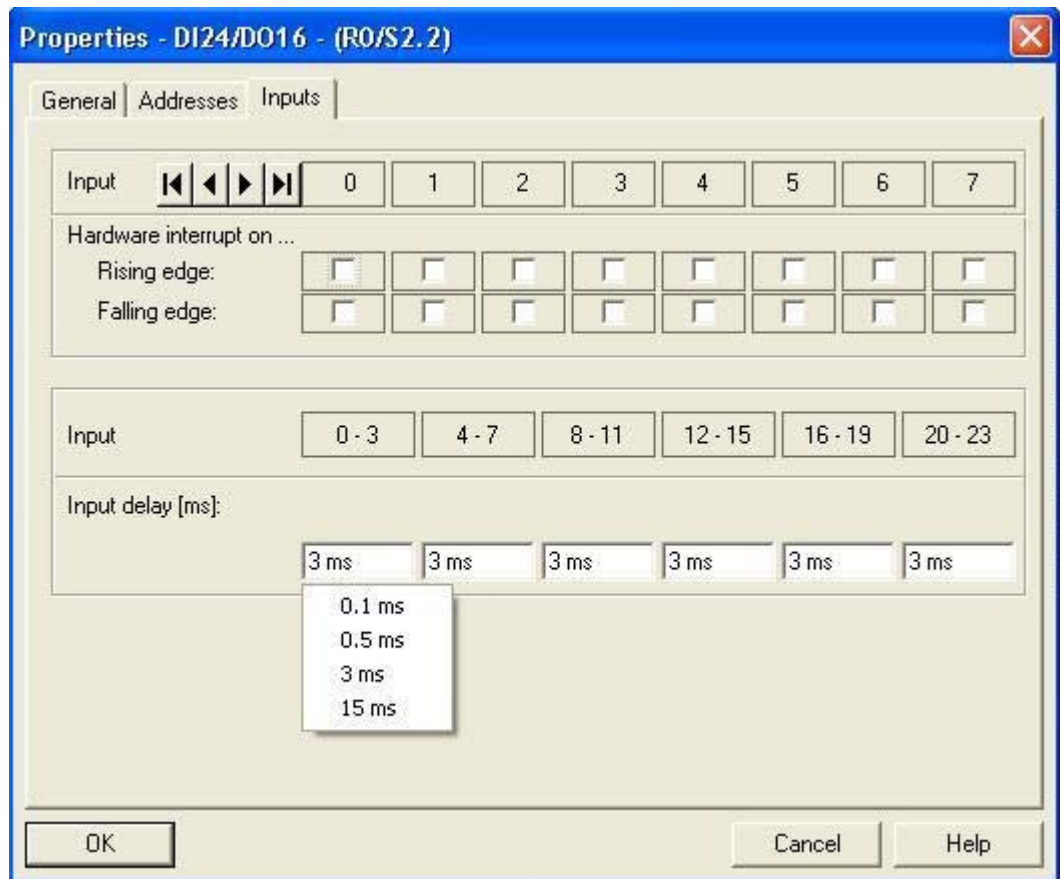
Kortti	Tyyppi	Osoite	Nimitys	LAITE	HUOM.
OK1					
A02	BOOL	X00	HÄTÄ-SEIS OK	OK20	KOSKETIN
	BOOL	X01	HÄTÄ-SEIS PAINETTU PK1	PK1-S10	SIENIPAINIKE
	BOOL	X02	HÄTÄ-SEIS PAINETTU OVEN VIERESSÄ	S101	SIENIPAINIKE
	BOOL	X03	HÄTÄ-SEIS PAINETTU HUOLTOTASOLLA	S103, S104	SIENIPAINIKE
	BOOL	X04			
	BOOL	X05	HUOLTO-OVI KIINNI	K3	KOSKETIN
	BOOL	X06			
	BOOL	X07			
	BOOL	X08	HÄIRIÖN KUITTAUS	S10	PAINONAPPI
	BOOL	X09	AJOTAPA HUOLTO	S6	KOSKETIN
	BOOL	X0A	AJOTAPA AUTO	S6	VALINTAKYTKIN
	BOOL	X0B			
	BOOL	X0C			
	BOOL	X0D			
	BOOL	X0E			
	BOOL	X0F			
A03	BOOL	Y00	HÄIRIÖ	H10	MERKKILAMPPU
	BOOL	Y01	AJOTAPA HUOLTO	H6	MERKKILAMPPU
	BOOL	Y02	AJOTAPA AUTOMAATTI	H7	MERKKILAMPPU
	BOOL	Y03	AJOTAPA PANEELI	H8	MERKKILAMPPU

6.2 Erikoiskortit logiikassa

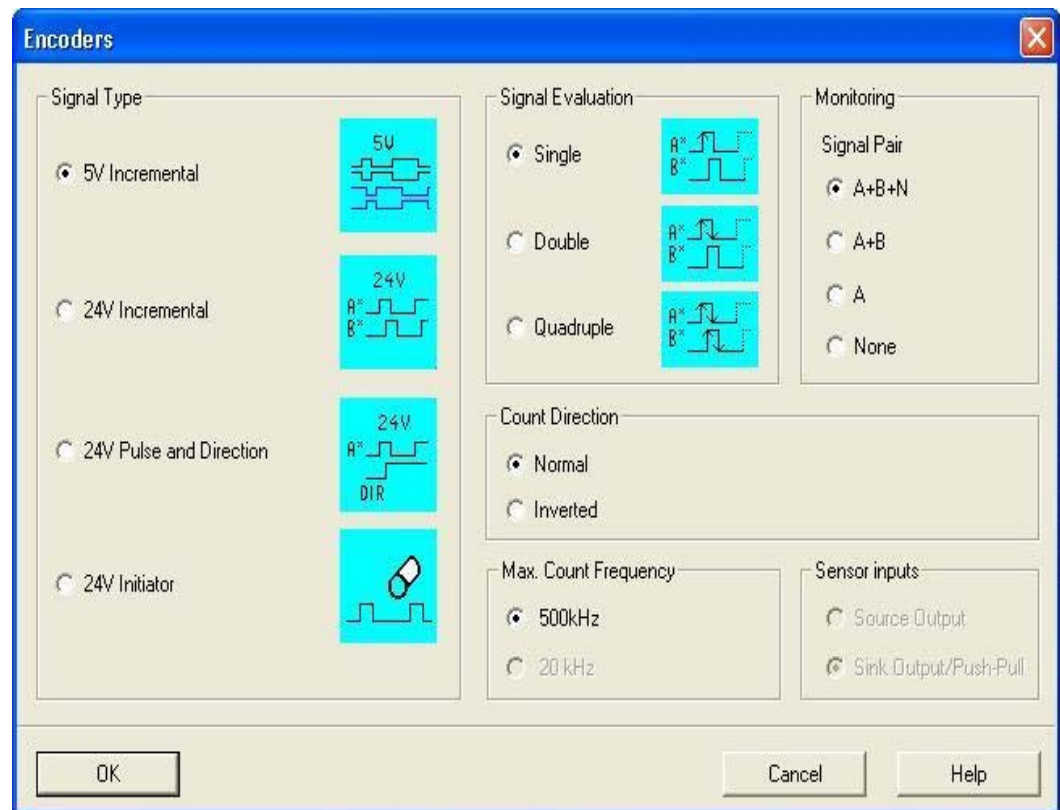
Erikoiskorttien/moduulien parametrintiin (HW-konfigurointi) vaikuttavat sähkösuunnittelun perusteella tehdyt kytkennät sekä anturityypit. Logiikkaohjelmoijan on tiedettävä esimerkiksi, käytetäänkö jännite- vai virtasignaalia.

Hardware-konfiguraatiossa logiikalle määritellään, millaisista moduuleista se rakentuu, mitä väyliä siinä on kiinni, mitä laitteita väylissä on sekä mitä eri moduuleiden konfigurointiparametreja tarvitaan. Konfiguroitaessa annetaan myös osoitteet joka laitteelle. Konfigurointi tehdään tietokoneella logiikkaohjelman avulla.

HW-konfigurointi suoritetaan aina uuden logiikan käyttöönoton yhteydessä sekä silloin, kun logiikan fyysiseen rakenteeseen on tehty muutoksia. Konfigurointi on erittäin tärkeä asia koko laitteiston toiminnan kannalta, koska ilman konfigurointia kyseessä olevaa laitteistoa ei voida käyttää tai ohjelmoida.



KUVIO 14. HW-konfigurointi, CPU:hun integroidut I/O:t.



KUVIO 15. HW-konfigurointi, laskurikortin parametointi.

6.2.1 Analogiakortit

Analogiakorteissa on vaihtoehtoisesti yhdistetty tulo-lähtökortti tai erilliset kortit. Analogiatulokortilla luetaan analogiasignaali ja muutetaan se numeroarvoksi. Tulokortti parametroidaan koodauskytkimellä ja/tai ohjelmalla. Lähtökortilla numeroarvo muutetaan analogiasignaaliiksi. Esimerkkinä 0-10 V vastaa numeroarvona 0-32648. Analogiakortin avulla voidaan esimerkiksi ohjata moottorin pyörimisnopeutta. Analogiakortin parametointiin vaikuttaa sähkösuunnittelijan tekemät anturiratkaisut.

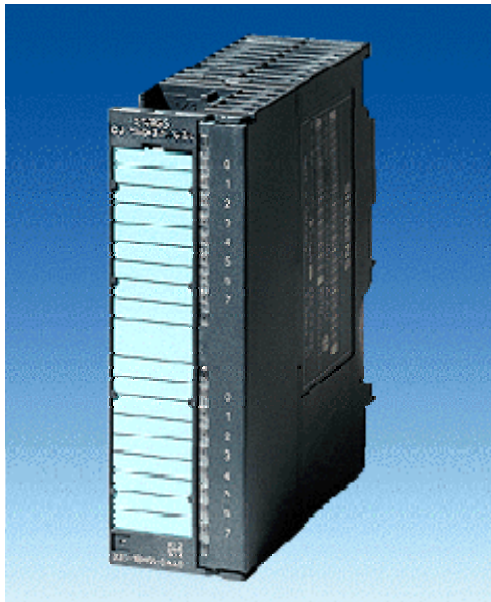
Analogiakortti:

2 tai 4 johtiminen

Virtasignaali 0-20 mA, 4-20 mA

Jännitesignaali -10- +10, 0-10 V, 1-5 V

Vastustulo Pt100 tai potentiometri



KUVIO 16. Kuvassa Siemensin analogiakortti (SM 335 tulot/lähdöt).
(Siemens AG 2001-2009)

Properties - AI8x1 2Bit - (R0/S6)

General | Addresses | Inputs

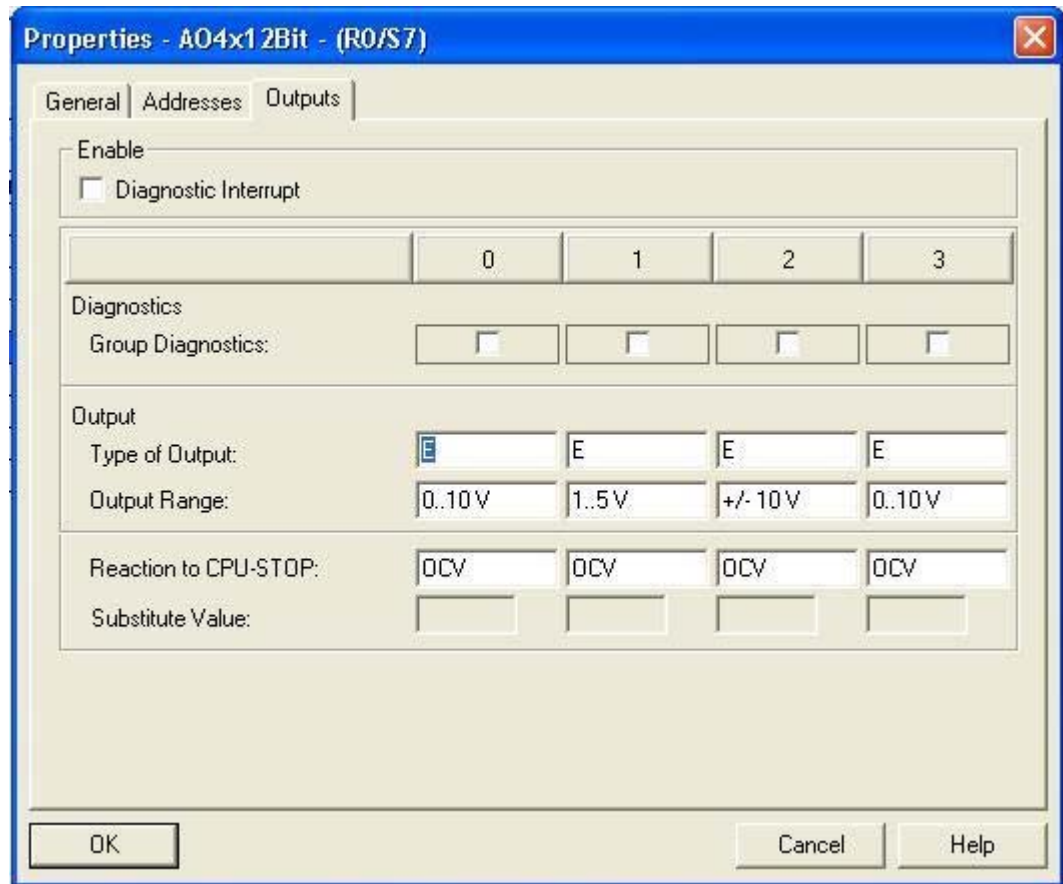
Enable

Diagnostic Interrupt Hardware Interrupt When Limit Exceeded

Input	0 - 1	2 - 3	4 - 5	6 - 7
Diagnostics				
Group Diagnostics:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
with Check for Wire Break:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Measuring				
Measuring Type:	4DMU	4DMU	4DMU	E
Measuring Range:	4..20 mA	4..20 mA	4..20 mA	+/- 10 V
Position of Measuring Range Selection Module:	[C]	[C]	[C]	[B]
Interference frequency	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Trigger for Hardware Interrupt	Channel 0	Channel 2		
High Limit:				
Low Limit:				

OK Cancel Help

KUVIO 17. HW-konfigurointi, analogia input.



KUVIO 18. HW-konfigurointi, analogia output.

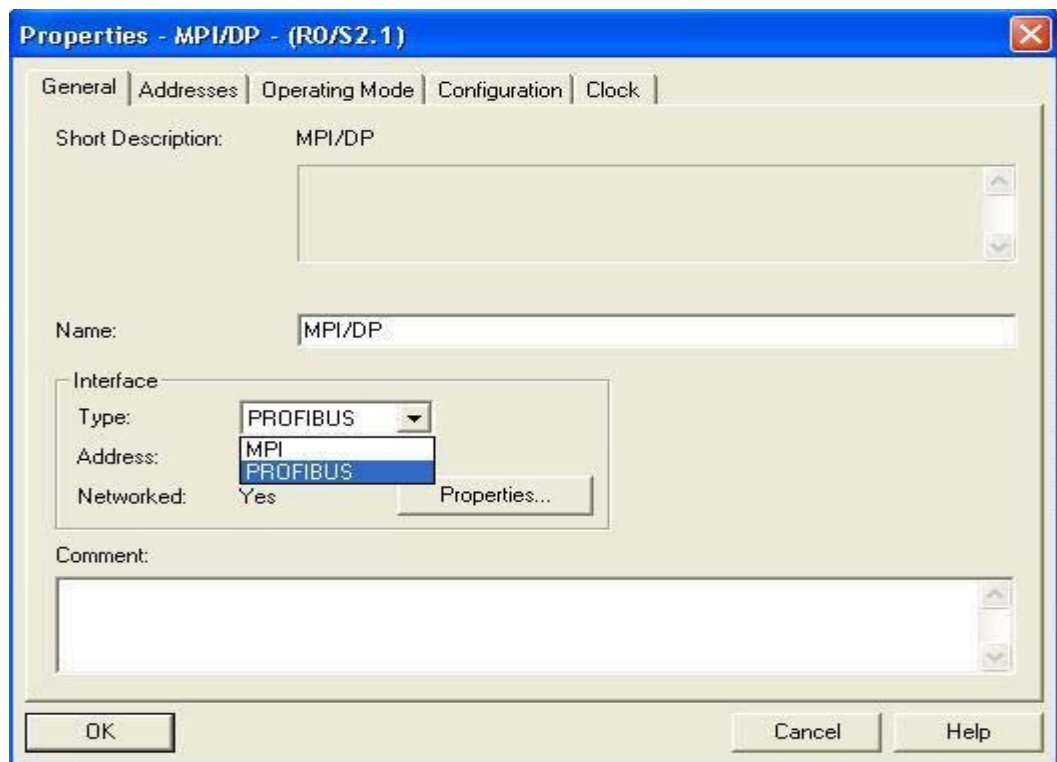
6.2.2 Laskuri- ja paikoituskortit

Laskurikortti laskee pulssien nousevia tai nousevia ja laskevia reunoja A ja B kanavista sekä antaa asema- ja suuntatiedon.

Paikoituskortti nimensä mukaisesti paikoittaa prosessin tilaa, esimerkiksi servo-ohjauksessa paikoituskortti tuntee servon nykyisen asemantiedon ja saatuaan logiikalta uuden asematiedon paikoituskortti laskee servolle korjaustarpeen ja nopeuden. Laskuri- ja paikoituskorttien parametointiin vaikuttaa valittujen antureiden jännite, 5V tai 24V. Paikoituskorttia ohjataan joko analogiaviestillä tai väylän avulla. Näiden tietojen (jännite ja ohjaus) pohjalta ohjelmoija tekee tarvittavat parametroidit logiikkaan.

6.2.3 Väyläkortit (Profibus)

Väyläkortilla hallitaan väylää, joka huolehtii kommunikoinnista kenttäväylällä olevien laitteiden kanssa. Erilaisia komponentteja (esimerkiksi väyläanturit ja taajuusmuuttajat) voidaan yhdistää kenttäväylään väyläkortin avulla. Esimerkiksi Vacon-taajuusmuuttajat voidaan kytkeä Interbus-S, Modbus, Profibus-DP ja LonWorks kenttäväylään käyttämällä väyläkorttia. Kenttäväyläkortti voidaan asentaa joko komponentin sisälle erilliseen lisäkorttipaikkaan tai logiikkaan. Logiikkaohjelmoija tarvitsee sähkösuunnittelijalta esimerkiksi Profibus-kortin osoitteen ja tiedonsiirtonopeuden.



KUVIO 19. HW-konfigurointi, CPU:hun integroitu profibus-liitäntä.

6.2.4 Sädinkortti

Anturityypit vaikuttavat myöskin säädinkortin parametroiintiin, joten logiikkaohjelmoijan on selvitettävä sähkösuunnittelijalta, minkä tyyppisiä antureita käytetään.

6.3 Taajuusmuuttaja ja servovahvistin

6.3.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on moottorikäytössä käytettävä ohjauslaite, jolla säädetään oikosulkumoottorin kierrosnopeutta jännitteen taajuutta muuttamalla. Taajuusmuuttajaa käyttämällä saadaan moottori toimimaan ideaalisella nopeudella, jolloin prosessi tehostuu huomattavasti. Taajuutta nostamalla nostetaan pyörimisnopeutta ja päinvastoin. Taajuusmuuttajan avulla voidaan määrittää myös moottorin kiihtyvyys- ja hidastuvuusajat halutuiksi. Käyttökohteesta riippuen käytetään joko yksi- tai kolmivaiheista taajuusmuuttajaa.

Logiikkaohjelmoijan on selvitettävä sähkösuunnittelijan kanssa, millä keinoin taajuusmuuttajaa ohjataan:

- I/O: kautta
- analogiaviesteillä
- väylän kautta.

Ohjaus väylän kautta alkaa olla yleisin tapa teollisuusautomaatiossa, koska siten saadaan esimerkiksi kaikki hälytyskoodit ja muut tarvittavat tiedot taajuusmuuttajan tilasta helposti ja ilman lisäosia. Kun ohjaustapa on selvillä, pitää vielä selvittää taajuusmuuttajan parametointi. Esimerkkinä moottorin jarrun ohjaus: ohjaako taajuusmuuttaja jarrua (=> parametointi) vai ohjaako jarrua jokin logiikan lähdöistä?

Parametointi tehdään joko taajuusmuuttajan etupaneelin kautta tai tietokoneen avulla (sarjakaapelin tai väylän avulla). Valmistajasta riippuen taajuusmuuttajissa on joitain oletusparametrejä valmiina.

Parametointi tehdään käyttökohteen edellyttämien vaatimusten mukaisesti. Ensiksi taajuusmuuttaja on tehtävä yhteensopivaksi moottorin kanssa, jolloin tärkeimmät taajuusmuuttajan moottoriparametrit ovat moottorivirta, boost- tai IR-

kompensointi, jättämä, napapariluku, PWM-taajuus ja moottorijännite. Taajuusmuuttajan ohjausparametreistä tärkeimpiä ovat muun muassa nopeusohjeasetukset, rampit (kiihdytys- ja jarrutusajat), 4-kvadranttiasetus, resetointiasetus, sekä minimi- ja maksimitaajuudet. (Lahtinen 2006.)

Suomessa yleisiä taajuusmuuttajamerkkejä teollisuusautomaatiossa ovat muun muassa ABB, Vacon, Siemens, Mitsubishi ja Omron.

6.3.2 Servovahvistin (AC-servot)

Servovahvistinta voidaan pitää kehittyneenä taajuusmuuttajana, jossa on integroitu anturikytkentä feedback-tietoa (takaisinkytkentä) varten. Servomoottorin nopeutta säädetään samalla tavalla kuin oikosulkumuuttorin nopeutta eli syöttöjännitteen taajuutta muuttamalla. Servovahvistin eroaa taajuusmuuttajasta moottorin anturoinnin, tehokkaampien komponenttien ja kehittyneemmän ohjauselektronikan takia. Servovahvistin parametroidaan joko vahvistimen etupaneelistä tai sille tarkoitetun tietokoneohjelman avulla. Servovahvistimen parametroinnissa otetaan huomioon pääpiirteittäin samat asiat kuin taajuusmuuttajassa, mutta servovahvistimessa on enemmän säätömahdollisuuksia, koska sitä voidaan käyttää nopeampaan ja tarkempaan ajoon.

Valinta taajuusmuuttajan ja servovahvistimen välillä ratkeaa yleensä haluttuihin ominaisuuksiin. Jos tarvitaan tarkkaa ja nopeaa ajoa, jota oikosulkumoottorilla ei voi saavuttaa, valitaan servovahvistin ja –moottori.

TAULUKKO 9. Vacon NX-taajuusmuuttajan parametointia NCDrive ohjelmalla. (Vacon OYJ 2008.)

Ei yhdistetty

C:\NCEngine\25.4.par

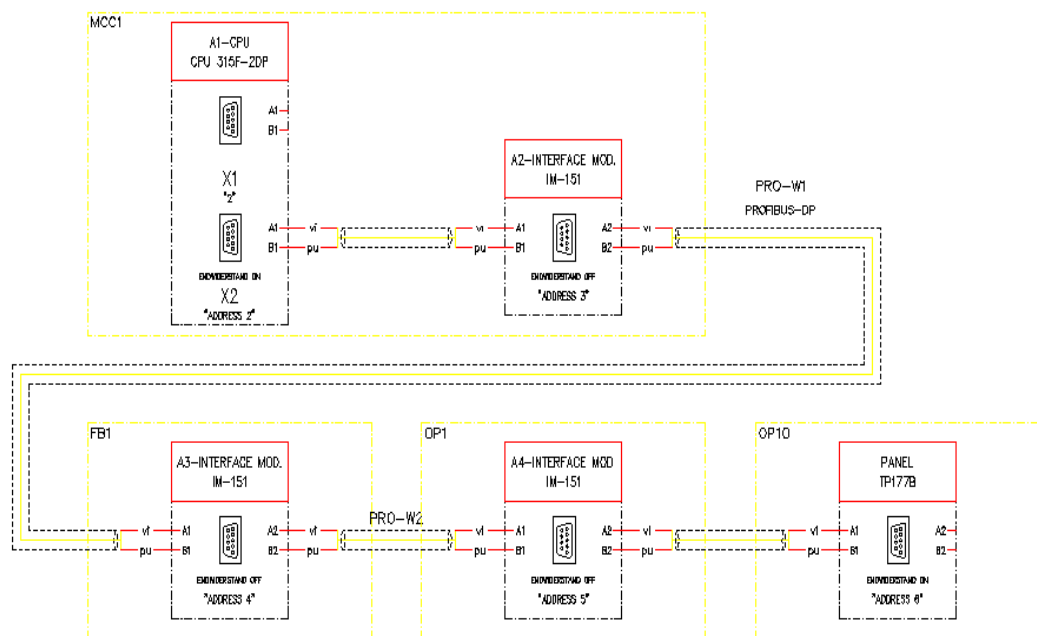
Indeksi	Parametri	Arvo	Oletus	Yksikkö	Min	Max
P 2.1.1	Minimitaajuus	0,00	0,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.2	Maksimitaajuus	50,00	50,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.3	Kiihtyvyytsaika 1	5,00	3,00	s	n/a	n/a
P 2.1.4	Hidastuvuusaika1	5,00	3,00	s	n/a	n/a
P 2.1.5	Virtaraja	4,20	4,30	A	n/a	n/a
P 2.1.6	MootNimJännite	400	400	V	n/a	n/a
P 2.1.7	MootNimTaaajuus	50,00	50,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.8	MootNimNopeus	1400	1440	rpm	n/a	n/a
P 2.1.9	Moot.nim.virta	2,80	3,10	A	n/a	n/a
P 2.1.10	Moott. Cos Phi	0,77	0,85		n/a	n/a
P 2.1.11	ID ajo	0 / Ei käytössä	0 / Ei käytössä		n/a	n/a
P 2.1.12	OhjeRiviliitt.	9 / Kenttäväylä	0 / AI1		n/a	n/a
P 2.1.13	Paneeliohj.val.	9 / Kenttäväylä	8 / Pan.ohjearvo		n/a	n/a
P 2.1.14	Väyläohj. Ref	9 / Kenttäväylä	9 / Kenttäväylä		n/a	n/a
P 2.1.15	Ryömintänohje	5,00	5,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.16	Vakionop.ohje 1	10,00	10,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.17	Vakionop.ohje 2	15,00	15,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.18	Vakionop.ohje 3	20,00	20,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.19	Vakionop.ohje 4	25,00	25,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.20	Vakionop.ohje 5	30,00	30,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.21	Vakionop.ohje 6	40,00	40,00	Hz	n/a	n/a
P 2.1.22	Vakionop.ohje 7	50,00	50,00	Hz	n/a	n/a



KUVIO 20. Vacon NX- taajuusmuuttaja. (Vacon OYJ 2008.)

6.4 Väyläkaavio

Väyläkaavion piirtää sähkösuunnittelija. Väyläkaaviosta logiikkaohjelmoija saa tärkeät väyläosoitteet väylämoduuleja ja –komponentteja (anturit) varten. Ohjelmoija asettaa väyläosoitteet tarvittaville moduuleille ja komponenteille. Väylässä ei saa olla kahta samaa osoitetta.



KUVIO 21. Väyläkaavio (Profibus).

6.5 Komponenttivalinnat

Komponenttivalinnoista tärkeimpiä rajatapauksia ovat anturivalinnat ja logiikan kokoonpano. Antureista hyviä esimerkkejä ovat väyläanturit ja älykkäät anturit (väyläosoitteet). Sähkösuunnittelijan tekemät anturivalinnat vaikuttavat suoraan logiikkaohjelman parametrintiin. Sähkösuunnittelija laatii logiikan kokoonpanokuvan, josta logiikkaohjelmoija näkee logiikassa käytettävät osat, kuten CPU:n, kortit ja hajautusmoduulit.

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä tutkielma sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin rajapinnasta teollisuusautomaatiossa. Rajapinta aihe vaati tuekseen kattavan selosteen sähkösuunnittelusta ja logiikkaohjelmoinnista omina kokonaisuuksinaan. Teknisen tiedon lisäksi näihin molempiin aihealueisiin lisättiin käytännönläheisempi osio koskien rooleja projektin eri vaiheissa. Työn edetessä huomattiin myös tarpeelliseksi lisätä yleinen osa alan yritysten toiminnasta.

Tietoja kerätessä huomattiin, että sähkösuunnittelun ja logiikkaohjelmoinnin rajapinta on häilyvä käsite, joka riippuu näkökulmasta ja siitä, mihin raja halutaan vetää näiden kahden osa-alueen välillä. Tässä tekstissä määritelty rajapinta käsittelee ne asiat, joissa sähkösuunnittelu vaikuttaa suoraan logiikkaohjelmoijan työhön. Tärkeitä tähän rajapintaan vaikuttavia asioita ovat tekstissä käsitellyt asiat, kuten I/O-lista, sähkökaaviot, erikoiskomponentit, niiden valinta ja niihin liittyvä parametrinti.

Logiikkaohjelmoijan ja sähkösuunnittelijan yhteistyö ei tarkoita vain tekstissä mainittujen tietojen vastaanottamista ja luovuttamista, vaan ideaalitalanne projektin edetessä olisi jatkuva yhteistyö aina määrittelyvaiheesta valmiiseen tuotteeseen asti. Automaatioalalla menestyminen on jatkuvaa kehityksen perässä pysymistä, ja näin ollen olemassa olevan tietotaidon soveltaminen ja uuden oppiminen on elintärkeää.

Opinnäytetyössä päästiin onnistuneesti tavoitteeseen, joka oli tehdä tutkimus rajapinnasta Elmont Oy:lle ja ennen kaikkea antaa lisäinformaatioita ja näkökulmia tästä aiheesta.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1999. Auto-
maatiolaitteet. Koneautomaatio. Helsinki: Oy Edita AB.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Metso, T. & Putkonen, K. 2002. Koneautomaatio 2:
logiikat ja ohjausjärjestelmät. WSOY konetekniikka. Vantaa: Tummavuoren Kir-
japaino Oy.

Kördel, L. & Johnsson, J. 2004. Moottorinohjaus oppikirja. System 3000. Iisalmi:
IS-Vet Oy.

Siemens. 2003. Siemens S7-300 manuaali.

Suomen Automaatioseura ry. 2005. Automaatiosovellusten ohjelmistokehitys.
SAS Julkaisusarja 30. Helsinki: Suomen Automaationtuki Oy.

Sähköiset lähteet:

Asmala, H. 2003. Automaatiojärjestelmiin liittyviä standardeja [verkkojulkaisu].
Savon ammattikorkeakoulu. [viitattu 2.10.2008].

Saatavissa: http://www.tp.spt.fi/~salabra/ha/Automaatiotekniikka/iec_1131.html

Automaatiotekniikka 1. 2006. Oulun seudun ammattikorkeakoulu [verkkojulkai-
su]. [viitattu 2.10.2008].

Saatavissa: http://www.tekniikka.oamk.fi/~terohi/auto1_s2006u.htm

Automaatio- ja systeemitekniikan osasto/KK. 2004. PLC-luento, ohjelmoitavat
logiikat [verkkojulkaisu]. Teknillinen korkeakoulu [viitattu 24.9.2008].

Saatavissa: <http://www.automationit.hut.fi/file.php?id=114>

Automaation tietoliikennetekniikka. 2007. ABB:n TTT-käsikirja [verkkajulkaisu]. [viitattu 18.10.2008]. Saatavissa:

[http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/\\$FILE/050_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/$FILE/050_0007.pdf)

Elmont Oy. 2008. Toimintajärjestelmä [viitattu 2.10.2008].

Saatavissa Elmont Osakeyhtiön Intranetissa.

Elmont Oy. 2009. Yritys [viitattu 10.01.2009], Tuotteet ja palvelut [viitattu 10.01.2009]. Saatavissa: www.elmont.fi

Joensuu, J. 2008. Tyhjäläatikkoradan sähkösuunnittelu ja käyttöönotto [verkkajulkaisu]. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma [viitattu 3.10.2008]. AMK-opinnäytetyö.

Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/handle/10024/700>

Juntunen, T., Mäkinen, T. & Tuominen, R. 2006. Viivakoodinlukijat ja viivakoodit [verkkajulkaisu]. [viitattu 1.10.2008].

Saatavissa: <http://robo.cop.fi/kurssit/viivakoodit.html>

Kettunen, A. 2004. MEK05 tietoiskujen materiaalit. Reppu: Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijoiden tiedotus- ja verkko-opetusympäristö. [viitattu 12.10.2008]. Saatavissa: <http://reppu.lamk.fi>

Lahtinen, T. 2006. MEK05 tietoiskujen materiaalit. Reppu: Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijoiden tiedotus- ja verkko-opetusympäristö. [viitattu 23.9.2008]. Saatavissa: <http://reppu.lamk.fi>

Lindh, T. 2007a. Kenttäväylät [verkkajulkaisu]. [viitattu 12.10.2008].

Saatavissa: www.ee.lut.fi/courses/Sa2731500/CAN.pdf

Lindh, T. 2007b. Tietojärjestelmähierarkia [verkkajulkaisu]. [viitattu 21.9.2008].

Saatavissa: www.ee.lut.fi/courses/Sa2731500/L1.pdf

Nikula, I. 2006. Valvontajärjestelmä kivimurskaimiin. Tampereen ammattikorkeakoulu [viitattu 12.9.2008]. Tutkimustyö.

Saatavissa: <https://oa.doria.fi>

Nyysönen, E. 2008. Sähkösuunnittelun projektityön hallinta ja kehittäminen [verkkajulkaisu]. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto, Sähkötekniikan osasto [viitattu 5.10.2008]. Diplomityö.

Saatavissa: <https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/38108/nbnfi-fe200805151396.pdf?sequence=3>

PLCTutor. 2004. Basic PLC components [viitattu 12.10.2008].

Saatavissa: <http://www.plctutor.com>

Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. 2005. Logiikkaohjattu annosteluprosessi [verkkujulkaisu]. Oulun yliopisto, systeemitekniikan laboratoriotyöt [viitattu 21.9.2008]. Työohje, harjoitustyö 10.

Saatavissa: <http://cc oulu.fi/~posyswww/opiskelu/sytelabrat/tyo10.pdf>

Pylkkänen, J. 2008. Hakelämmityksen etävalvonta. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos [viitattu 19.9.2008]. AMK-opinnäytetyö.

Saatavissa: <http://masto.amkit.fi>

Rantanen, K. & Tuominen, T. 2006. Ethernet [verkkajulkaisu]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Lähiverkot-erikoistyyökurssi [viitattu 8.10.2008].

Saatavissa:

www.it.lut.fi/kurssit/0506/Ti5316800/seminaarit/Ethernet_Rantanen_Tuominen_kalvot.ppt

Santala, R. 2005. Siemens S7-ohjattu PROFIBUS/ASI-harjoituslaitteisto [verkkopublication]. Tampereen ammattikorkeakoulu [viitattu 13.9.2008]. Tutkintotyö. Saatavissa: <https://www.oa.doria.fi>

Siemens AG. 2001-2009. Products & Solutions [viitattu 14.10.2008].
Saatavissa: <http://www.automation.siemens.com>

Siemens Osakeyhtiö. 2008. Profinet [viitattu 12.10.2008].
Saatavissa: <http://www.siemens.fi>

Soini, A. 2006. Konenäkö [verkkopublication]. Suomen Automaatioseura ry. Satakunnan ammattikorkeakoulu. [viitattu 18.10.2008].
Saatavissa: www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Konenako.pdf

Strömman, M. 2005. Automaation suunnittelutoiminta: nykytila ja kehitystarpeet [verkkopublication]. ANTI-tutkimushanke [viitattu 26.2.2009].
Saatavissa: <http://www.automationit.tkk.fi/file.php?id=449>

Strömman, M. 2007. Ohjelmoitavat logiikat ja niiden soveltaminen kappaletavara-automaatiossa 1 [verkkopublication]. Teknillinen korkeakoulu [viitattu 12.10.2008],
Saatavissa: www.automationit.hut.fi/file.php?id=613

Vacon OYJ. 2008. Kuvakaappaus tuotemanuaalista NCDrive-ohjelmasta [viitattu 25.10.2008].
Saatavissa: www.vacon.fi

Wikipedia 2008a. Ethernet [verkkopublication]. Wikipedia [viitattu 14.9.2008]
Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

Wikipedia 2008b. RFID [verkkopublication]. Wikipedia [viitattu 20.9.2008]
Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/RFID>

Wikipedia 2008c. Ohjelmoitava logiikka [verkkajulkaisu]. Wikipedia [viitattu 10.9.2008]. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka