



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# KAAPELIKONEEN KEHITYSTYÖ PROTOTYYPISTÄ TUOTANTOLAITTEEKSI

Sähkö- ja automaatio suunnittelu sekä toteutus

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantopainotteinen mekatroniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2011  
Tatu Hirvonen



Lahden ammattikorkeakoulu  
Koulutusohjelma

HIRVONEN, TATU:

Kaapelikoneen kehitystyö prototyypistä  
tuotantolaitteeksi  
Sähkö- ja automaatio suunnittelu sekä  
toteutus

Tuotantopainotteisen mekatroniikan opinnäytetyö, 33 sivua, 33 liitesivua

Syksy 2011

TIIVISTELMÄ

---

Lahden ammattikorkeakoulun yritysprojektina tehty kaapelikoneen prototyyppi haluttiin kehittää tuotantolaitteeksi Kari-Finn Oy:lle. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kaapelikoneen tuotantolaitteversion sähkö- ja automaatio suunnittelu ja toteutus.

Opinnäytetyö sisälsi sähkö- ja automaatio suunnitteluprojektin luonnostelu-, suunnittelu- ja toteutusvaiheen. Luonnosteluvaiheessa vertailtiin ja valittiin kaapelikoneeseen sähkö- ja automaation pääkomponentit. Suunnitteluvaihe sisälsi sähkösuunnittelun osalta pää- ja ohjauspiirikaavioiden sekä keskusten kokoonpanokuvien suunnittelun ja laatimisen. Automaatio suunnittelun osalta suunnitteluvaihe sisälsi logiikkaohjelmien ja käyttöliittymän suunnittelun. Toteutusvaihe sisälsi asennukset, testaukset ja käyttöönoton.

Opinnäytetyön tuloksena kaapelikoneen tuotantolaitteeseen saatiin uusi ja moderni ohjausjärjestelmä. Koneesta tuli uuden toimintakuvauksen mukainen sekä turvallisuusmääräykset täyttävä.

Avainsanat: automaatio, logiikka, suunnittelu, sähkö, tuotekehitys



## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	KAAPELIKONE	2
2.1	Prototyyppi	2
2.2	Tuotantolaite	3
3	SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU	4
3.1	Sähkö- ja koneturvallisuus	4
3.2	Suunnitteluprosessi	4
4	OHJELMOITAVAT LOGIIKAT	6
4.1	Yleistä	6
4.2	Siemens S7-1200	7
4.2.1	Kaapelikoneen logiikkakokonaisuus	8
4.2.2	Ohjauspaneeli	9
4.3	Ohjelmointi	9
5	ANTURIT	11
5.1	Pulssianturi	11
5.2	Reedkytkin	12
5.3	Optinen lähestymiskytkin	12
6	SÄHKÖMOOTTORIT	14
6.1	Tasavirtamoottori	14
6.2	Tasavirtamoottorin ohjain	14
6.3	Oikosulkumoottori	15
6.4	Taajuusmuuttaja	16
7	PNEUMATIikka	19
7.1	Toimilaitteet	19
7.2	Venttiilit	21
8	PROJEKTI	22
8.1	Lähtökohdat	22
8.2	Tavoitteet ja tehtävän asettelu	23
8.3	Luonnostelu	24
8.4	Sähkö- ja automaatio suunnittelu	25
8.4.1	Sähkösuunnittelu	25

8.4.2	Automaatiosuunnittelu ja ohjelmointi	26
8.5	Asennus ja kokoonpano	27
8.6	Testaus ja käyttöönotto	27
8.7	Loppudokumentointi	28
9	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	33

# 1 JOHDANTO

Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijat kehittivät yritysprojektina kaapelikoneen prototyypin vuosina 2009 - 2010. Prototyyppi oli koekäytössä kesällä 2010 toimeksiantajayrityksessä ja koekäytön pohjalta alettiin kehittää prototyypistä tuotantolaitetta yrityksen toiveiden mukaisesti. Tuotantolaitteeksi kehittämisen tavoitteena oli tehdä kone vastaamaan uutta toimintakuvausta sekä tehdä siitä mahdollisimman laadukas ja pitkäikäinen. Itseni lisäksi kehittämistyössä oli mukana kaksi Lahden ammattikorkeakoulun opiskelijaa. He toteuttivat konesuunnittelun kaapelikoneeseen.

Kaapelikone valmistettiin Kari-Finn Oy:lle. Kari-Finn Oy on lahtelainen yritys, jossa työskentelee 14 työntekijää. Mauno Kari perusti yrityksen vuonna 1965, ja sen tärkein tuote on KARI-pintakytkin. Pintakytkin on kaapelinsa varassa roikkuva kytkinkartio, joka kallistuu nestepinnan vaihteluiden mukaan. KARI-pintakytkin on palkittu 1977 Brysselin kansainvälisillä keksintömessuilla kultamitalilla. (Kari-Finn Oy 2011.)

Opinnäytetyöni tavoitteena oli kaapelikoneen tuotantolaitteversion sähkö- ja automaatio suunnittelu, asennukset, käyttöönotto sekä loppudokumentaatio sähkö- ja automaation osalta CE-merkkiä varten tarvittavaan tekniseen rakennetiedostoon.

## 2 KAAPELIKONE

### 2.1 Prototyyppi

Ennen kaapelikoneen prototyypin kehittämistä kaikki kaapelinkäsittelyyn liittyvät toiminnot jouduttiin tekemään yrityksessä käsin. Tästä lähtökohdasta alkoi prototyypin suunnittelu- ja kehitysprosessi.

Kaapelikoneen prototyyppiversio (kuvio 1) mittaa, katkaisee ja kuorii halutun kaapelin mittaustarkkuudella  $\pm 5$  cm. Kaapelin katkaisu ja kuorinta toteutettiin paineilmasylintereillä. Kaapelin kuljetus toteutettiin AC-sähkömoottorilla, pituuden mittaus pulssianturilla ja kiepitys DC-sähkömoottorilla. Prototyypille asetettuja tavoitteita olivat helppokäyttöisyys, kompakti koko ja toiminnot nappia painamalla.

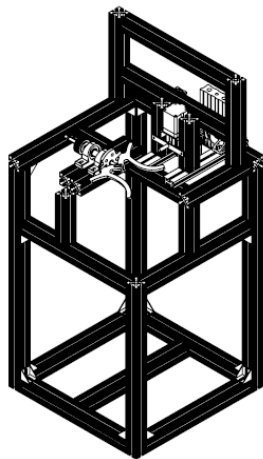


KUVIO 1. Kaapelikoneen prototyyppi

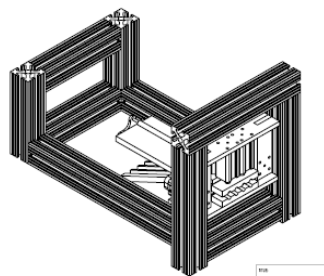


## 2.2 Tuotantolaite

Kaapelikoneen tuotantolaiteversioon tuli kaksi erillistä yksikköä: kaapelin määrämittaan valmistava kaapelikoneyksikkö (kuvio 2) sekä erillinen kuorimalaite (kuvio 3), joka sijaitsee etäällä kaapelikoneesta. Erillisten yksiköiden etuna on se, että molempia työvaiheita voidaan tehdä selkeästi erillään, mikä parantaa työturvallisuutta. Kaapelikoneeseen oli vaatimuksena saada mittatarkkuus tarkemmaksi. Kaapelin kiepitykseen tarkoitettuun kelaustelineeseen haluttiin avautuva mekanismi, joka helpottaa valmiin nippusiteellä sidotun kaapelinipun irroittamista. Kuorimakoneeseen oli vaatimuksena saada neljä eri kuorimapituutta. Kuorimakoneen prototyypissä oli havaittu ongelmia koneen sisään kertyvien kaapelinkuorien aiheuttamista tukkeumista, tämä ongelma ratkaistiin kuorienpoistomekanismilla, joka poistaa kerääntyneet kuoret koneesta. Käyttötapa haluttiin tuotantolaitteessa-kin pitää mahdollisimman helppona ja koneen fyysinen koko kompaktina.



KUVIO 2. Kaapelikoneen tuotantolaiteversio



KUVIO 3. Kuorimalaite

### 3 SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOSUUNNITTELU

#### 3.1 Sähkö- ja koneturvallisuus

”Kone on suunniteltava ja rakennettava niin, että se soveltuu tarkoitukseensa ja sitä voidaan käyttää, säätää ja huoltaa henkilöitä vaarantamatta silloin, kun nämä toimet tehdään tarkoitetulla tavalla, mutta ottaen huomioon myös sen kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö.” (Koneasetus (400/2008) liitteen 1 kohta 1.1.2)

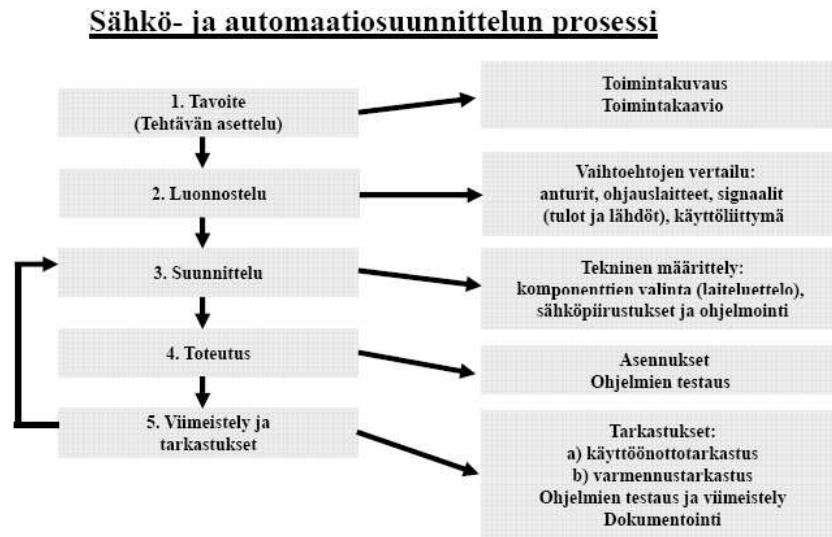
SFS-EN 60204-1 Koneiden sähkölaitteet on standardi, jota tulee noudattaa sähkösuunnittelun ja toteuttamisen osalta, kun kyseessä on koneeksi määritetty laite. Standardisarjaa SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset noudatetaan koneiden osalta syöttökaapeliin asti ja kaikki siitä eteenpäin on konetta, jonka osalta noudatetaan koneiden sähkölaitestandardia. (SFS-EN 60204 - 1.2006.)

#### 3.2 Suunnitteluprosessi

Sähkö- ja automaatio suunnittelun prosessi (kuvio 4) lähtee liikkeelle tavoitteen asettelusta, jossa laaditaan toimintakuvaus ja toimintakaavio prosessille. Luonnosteluvaiheessa vertaillaan vaihtoehtoja ja valitaan sopivat anturit, ohjauslaitteet, signaalit ja käyttöliittymä. (Lahtinen 2007a.)

Suunnitteluvaiheessa suoritetaan tekninen määrittely. Valitaan komponentit, laaditaan sähköpiirustukset ja tehdään ohjelmoinnit. Suunnittelun aikana laaditaan koteluettelo käytetyistä kojeista, niiden tunnuksista, tyypeistä, valmistajista ja muista merkittävistä yksityiskohdista. Suunnitteluvaiheessa täytyy suunnittelijan selvittää käytettävien kojeiden valmistajien manuaaleista komponenttien tilan tarve. Suunnittelija määrittää myös keskuksen koon ja asennuslevyn pinta-alan. Suunnittelija laatii keskuksen sijoitus- eli kokoonpanopiirustuksen ja laatii sen jälkeen loput sähköpiirustukset päävirta- ja ohjauspiireistä.

Toteutusvaiheessa suoritetaan asennukset ja ohjelmien testaukset. Prosessin lopuksi työ viimeistellään ja tehdään tarkastukset. Tarkastuksiin kuuluvat käyttöönottotarkastus ja varmennustarkastus. Ohjelmat testataan ja viimeistellään. Lopuksi suoritetaan dokumentointi. (Lahtinen 2007a.)

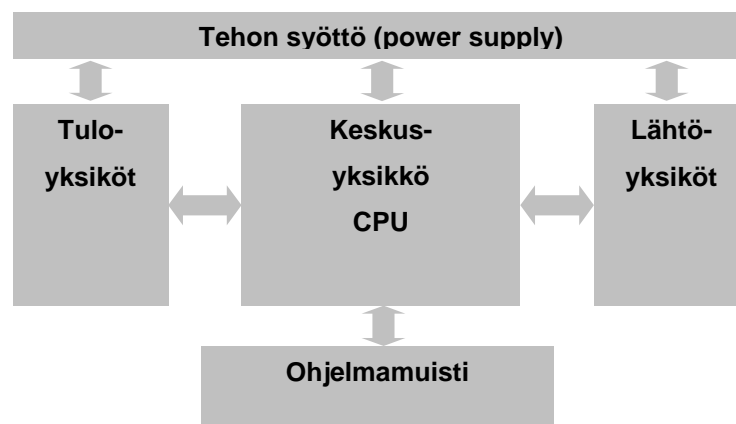


KUVIO 4. Sähkö- ja automaatio suunnittelun prosessi (Lahtinen 2007a)

## 4 OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

### 4.1 Yleistä

Ohjelmoitava logiikka syntyi 1970-luvulla korvaamaan hankalasti päivitettävän relelogiikan amerikkalaisessa autoteollisuudessa. Nykyisin ohjelmoitava logiikka on teollisuusautomaation perustyökälu. Ohjelmoitava logiikka koostuu pääpiirteittäin keskusyksiköstä (CPU), tulo- ja lähtöyksiköistä, ohjelmamuistista ja tehon syötöstä (power supply) (kuvio 5). (Lahtinen 2007b.)



KUVIO 5. Ohjelmoitavan logiikan rakenne (Lahtinen 2007b)

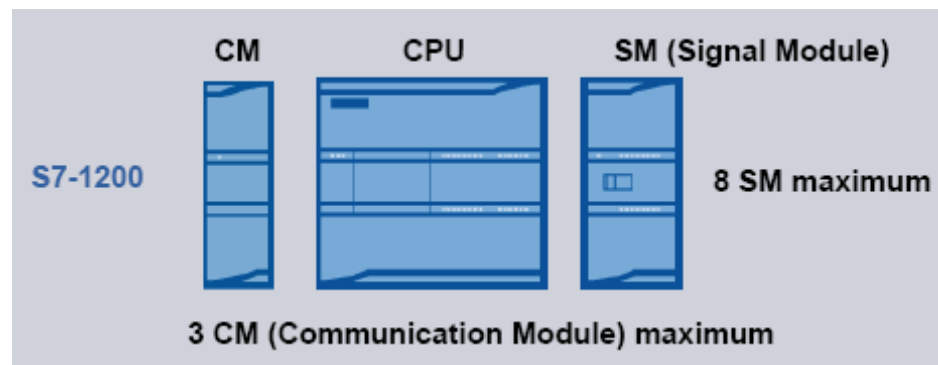
Ohjelmoitava logiikka ohjelmoidaan yleisimmin PC:llä, PC liitetään logiikkaan kaapelilla. Logiikat voidaan liittää toisiinsa useilla eri tavoilla; yleisin tapa on käyttää teollisuusväylää, esimerkiksi Profibusia. (Lahtinen 2007b.)

Ohjelmointi aloitetaan laatimalla suunnitelma PC:lle. Ohjelma ladataan PLC:n (Programmable Logic Controller) muistiin ja ohjelma testataan monitoroimalla toiminnot. Ohjelmaan tehdään tarvittavat muutokset sekä testaukset ja ohjelma otetaan käyttöön. Pääpiirteittäin ohjelmoitava logiikka suorittaa ohjelmaansa lukemalla tulojen tilat muistiin, suorittamalla tulojen tiloja vastaavat toiminnot ja ohjaamalla halutut lähdöt päälle. Lähtöjen tilat talletetaan muistiin ja luetaan uudet tulot. Tätä kierrosta kutsutaan ohjelmankierrokseksi, ja sen kiertonopeus on yksi logiikan suorituskykyä kuvaava tekijä. (Lahtinen 2007b.)

## 4.2 Siemens S7-1200

Simatic S7-1200 on ohjelmoitava PLC-logiikka (Programmable Logic Controller). Se on pienikokoinen automaatiolaite mekaniikan ohjaustehtäviin. Simatic S7-1200 -tuoteperhe helpottaa pienten ja keskisuurten laitteiden automatisointia. Se on myös mahdollista liittää laajempiin ohjausjärjestelmiin. Tyypillisimmät tuoteperheen käyttäjät ovat laitevalmistajia. S7-1200:aa ei ole rajoitettu korvaamaan vain releohjauksia, vaan sen PID-säätäjillä ja liikkeenohjaustoiminnoilla voidaan toteuttaa monimutkaisiakin laitteita. Automaatio-ohjausjärjestelmä on pienikokoinen, itsenäisesti toimiva ja kompakti automaatiolaite, jonka vahvuuksia ovat myös verkotettavuus olemassa oleviin TCP/IP-verkkoihin ja laajennettavuus. Ratkaisu on hyväksytty Micro PLC –standardina. S7-1200 on merkittävästi edullisempi kuin räätälöity mikroprosessoripohjainen ohjaus ohjausratkaisuihin. S7-1200:n modulaarisuudella voidaan rakentaa sopiva kokonaisuus. (Siemens 2011a.)

Kokonaisuuden rakentaminen (kuvio 6) aloitetaan valitsemalla ensin käyttökohteeseen sopiva keskusyksikkö (CPU), joita S7-1200-tuoteperheessä on useita erilaisia. Keskusyksikön valinnan jälkeen sen ympärille lisätään laajennusmoduleita käyttötarpeen mukaan, laajennusmoduleita on myös useita erilaisia.



KUVIO 6. Logiikan rakenne Siemens s7-1200 (Siemens 2011d)

#### 4.2.1 Kaapelikoneen logiikkakokonaisuus

Valitsin kaapelikoneen automaatio-ohjausjärjestelmäksi Siemens S7-1200 -logiikan, tarkemmin CPU1212C:n (DC/DC/DC) (kuvio 7), jonka käyttöjännite on 24 vdc. Cpu sisältää 6 kpl DO-optoerotettuja binäärilähtöjä, 8 kpl DI-optoerotettuja binäärituloja ja 2 kpl AI-tuloja. Cpu:lle voi lisätä erillisiä signaalimoduleita 2 kpl, signaalilevyjä 1 kpl sekä kommunikaatiomoduleita 3 kpl tarvittaessa. Työmuistia cpu:lla on 25 Kbytes, joka on tarpeeksi tämänkaltaiseen koneenohjaukseen, mutta muistia on tarvittaessa mahdollista lisätä erillisellä muistikortilla. Cpu sisältää myös High-speed counter -tuloja 4 kpl, joita tarvittiin pulsianturin viestin lukemiseen. Valintaan vaikutti myös laitteen koko ja hinta. Signaalimoduliksi valitsin SM1223-modulin (kuvio 8), joka sisältää 16 kpl DO-optoerotettuja binäärilähtöjä ja 16 kpl DI-optoerotettuja binäärituloja. (Siemens 2011c.)



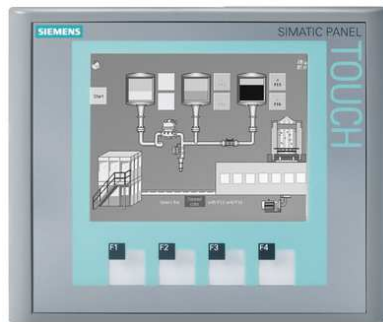
KUVIO 7. Logiikka Siemens CPU1212C (Siemens 2011b)



KUVIO 8. Signaalimoduli Siemens SM1223 (Siemens 2011b)

#### 4.2.2 Ohjauspaneeli

Ohjauspaneeli eli käyttöliittymä HMI (Human-Machine Interface) on laite, joka toimii ihmisen ja logiikan välisenä rajapintana. Logiikan ohjauspaneeliksi päädyin valitsemaan mustavalkoisen Siemens Simantic KTP 400 Basic PN (kuvio 9) pienen kokonsa ja riittävän toiminnallisuutensa vuoksi. Ohjauspaneeli liitetään logiikkaan häiriösuojatulla ethernet-kaapelilla (kuvio 10). (Siemens 2011b.)



KUVIO 9. Ohjauspaneeli Siemens Simatic KTP 400 BASIC PN (Siemens 2011b)

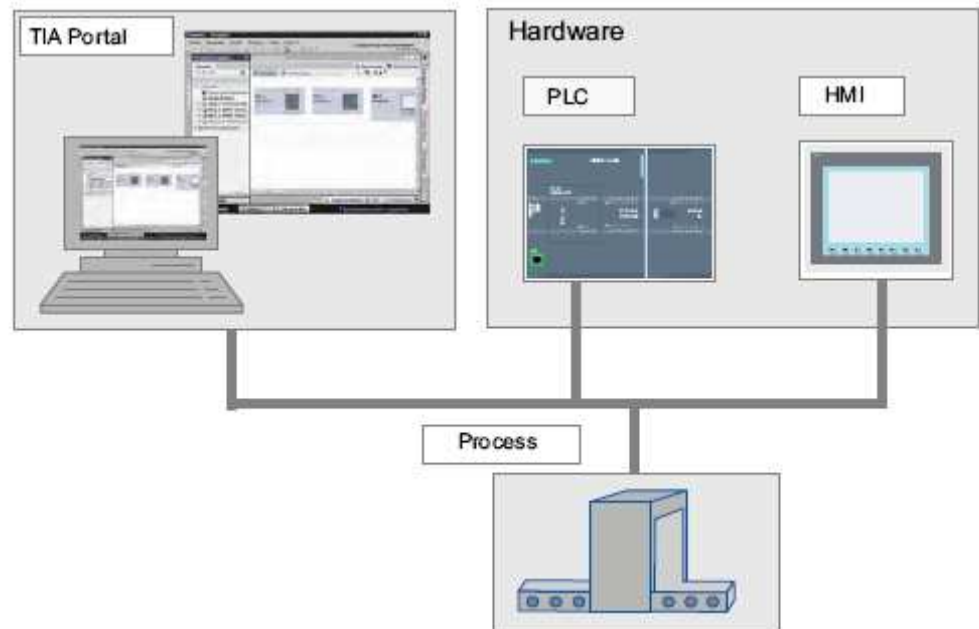


KUVIO 10. Cpu:n ja ohjauspaneelin välinen kytkentä (Siemens 2011c)

#### 4.3 Ohjelmointi

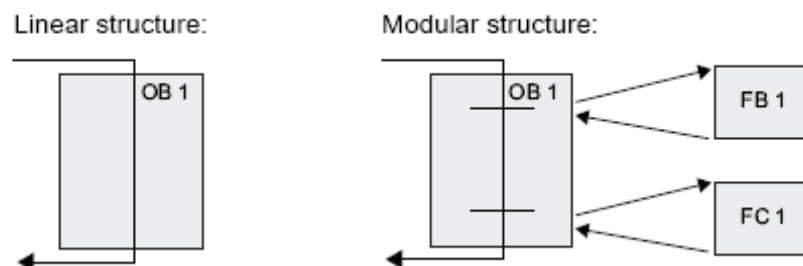
Simatic S7-1200 logiikkasarjan ohjelmoinnissa käytetään STEP 7 Basic -ohjelmointiohjelmaa (TIA Portal) (kuvio 11), joka ottaa huomioon ohjelmoinnin, dokumentoinnin ja testauksen. Ohjelmiston keskeisenä lähtökohtana on helppokäyttöisyys, helposti opittavuus ja suunnittelun tehokkuus. Älykäs drag/drop -toiminnallisuus Step 7- ja WinCC -editoreiden välillä vähentää virheiden mahdollisuutta ja nopeuttaa suunnittelua. Siemens S7-1200 -logiikka yhdistyy saumattomasti Simatic HMI Basic -paneeleihin, mikä helpottaa oh-

jelmointia. Yhdellä työkalulla onnistuu sekä logiikkaohjelman että käyttöliittymän teko. Valokuvanomainen HW-konfiguraatio selkeyttää järjestelmän rakennetta. (Siemens 2011a.)



KUVIO 11. STEP 7 Basic (TIA Portal) (Siemens 2011c)

Logiikkaohjelma voidaan luoda kahdella eri ohjelmointikielellä: LAD eli relekaaviomuotoisellakielellä tai FBD eli toimintokaaviomuotoisellakielellä. Logiikkaohjelma voidaan ohjelmoida rakenteeltaan lineaariseksi tai modulaariseksi (kuvio 12).



KUVIO 12. Logiikka ohjelman rakenne (Siemens 2011b)



## 5 ANTURIT

Koneautomaatiolaitteet tarvitsevat tilojen havaitsemiseen ja tietojen keräämiseen antureita. Anturilla tarkoitetaan laitetta, joka muuntaa mitattavan prosessisuureen arvon siihen verrannolliseksi viestiksi. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen. 2001, 167 – 168.)

### 5.1 Pulssianturi

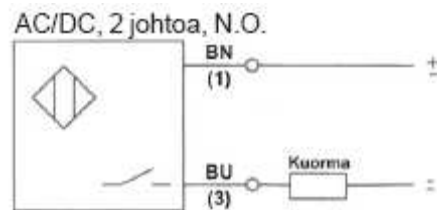
Tavallisesti inkrementtianturissa on kiinteä lukulevy ja akselin mukana pyörivä pulssikiekko. Pulssikiekossa on tarkka kuvioitu vyöhyke, jossa kirkkaat, yhtä leveät ja valoa läpäisemättömät sektorit vuorottelevat. Lukulevyssä on kaksi pulssikiekon kuvion kanssa identtistä kuviojaksoa, jotka ovat pulsseista laskettuna 90 asteen vaihesiirrossa keskenään. Lukulevyn edessä on valodiodi eli led tai lamppu ja säteet yhdensuuntaistava linssi. Pulssikiekon takana on valoantureita. Kiertymää voidaan mitata eri tarkkuuksilla sektoreiden lukumäärästä riippuen. Tavanomaiset erottelutarkkuudet ovat 10 - 5000 pulssia/kierros. (Airila 2004, luku4, 12 – 15.) Todellisuudessa hilakekko on jaettu erillisiin rengaskehiin, joita luetaan vähintään kolmella valokennolla. Tällä saavutetaan se etu, että joka kierrokselta saadaan nollapulssi ja pyörimissuunta voidaan tunnistaa. Inkrementtiantureiden käyttöäksi ilmoitetaan miljardin kierroksen tuntumassa olevia lukemia. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 187 – 188.) Kaapelinpituuden mittaukseen valitsin OMRON E6C2-CWZ5B -inkrementaalianturin (kuvio 13), jonka mittaustarkkuus on 1000 pulssia/kierros, jolla saadaan tarkka mittaus aikaiseksi (Omron 2011).



KUVIO 13. Pulssianturi Omron E6C2-CWZ5B (Omron 2011)

## 5.2 Reedkytkin

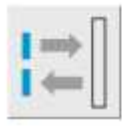
Reedkytkin (kielikytkin) toimii tuntokohteessa olevan kestmagneettipalan vaikutuksesta. Toiminnallisessa osassa on kielikytkin, jonka kosketin sulkeutuu, kun se joutuu riittävän voimakkaaseen magneettikenttään. KytKentäetäisyys on 5 – 10 mm ja katkaisuetäisyys 10 – 15 mm. Tyypillisesti reedkytkimiä käytetään pneumaattikkasyliinterien päätyasentojen tunnistamiseen. Reedkytkimet ovat edullisia, mutta niiden kestoikä on mekaanisen toiminnan takia rajallisempi kuin muiden lähestymiskytkinten. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, luku 4, 185.) Kaapelikoneen pneumaattikkasyliinterien asentojen tunnistukseen valitsin Univer DF-220- ja DH200 -reedkytkimiä (kuvio 14) (Univer 2011a).



KUVIO Univer-reedkytkimen kytkentä (Univer 2011a)

## 5.3 Optinen lähestymiskytkin

Optiset kytkimet eli valokytkimet (”valokennot”) kuuluvat valosähköisiin kytkimiin. Niiden etuna on ylivoimainen tunnistusetäisyys, mistä syystä niitä voidaan käyttää monipuolisesti kappaleenkäsittelyn automaatioissa ja turvajärjestelmissä. Kytkimeen kuuluu valoa lähettävä diodi ja valoa vastaanottava transistori. Valo on moduloitua, jonka ansiosta valokytkimen häiriönsietoisuus paranee etenkin teollisuusympäristön hajavalossa. (Airila 2004 luku 4, 6 – 7.) Kaapelikoneen kelateliineen asennon tunnistamiseen valitsin Sick VTE18-4P4240 -mallisen optisen rajakytkimen (kuvio 15), joka on v-heijastavalla periaatteella toimiva. Lähetin ja vastaanotin sijaitsevat samassa yksikössä ja kappale toimii heijastimena. (Sick 2011.)



KUVIO 15. Optinen anturi Sick VTE18-4P4240 (Sick 2011)

## 6 SÄHKÖMOOTTORIT

### 6.1 Tasavirtamoottori

Tasavirtamoottorien etu vaihtovirtamottoreihin nähden on se, että niiden vääntömomenttia on helppo säätää. Myös pyörimisnopeutta voidaan säätää magnetoinnin avulla. Tasavirtamoottorin staattorissa eli rungossa on ns. kenttäkäämit ja roottorissa ankkurikäämit. Kenttäkäämiin johdettu tasavirta synnyttää ankkurin pyörittämiseen tarvittavan magneettikentän. Ankkurikäämeissä kulkee niin ikään kommutaattorin eli virrankääntäjän ohjaama tasavirta. Kommutaattorilla ankkurikäämien napaisuus pyritään pitämään oikeana, jotta pyörimiseen johtava voimavaikutus syntyisi. Kaapelin kelausmoottoriksi valitsin Valeo 402.887 tasavirtamoottorin (kuvio 16). (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 136 – 137.)

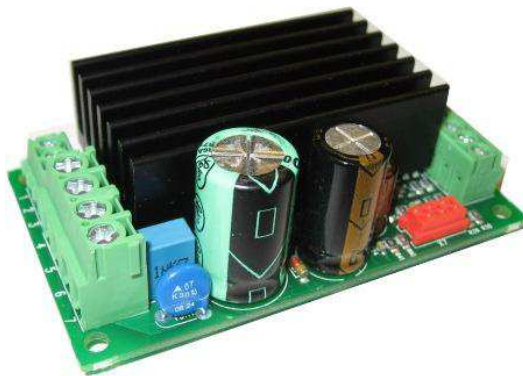


KUVIO 16. DC-moottori Valeo 402.887 (Valeo 2011)

### 6.2 Tasavirtamoottorin ohjain

Kaapelinkäsittelylaitteen tasavirtamoottorin ohjaimeksi valitsin Electromen oy:n valmistaman täysisilta DC-moottorin ohjaimen EM-241A:n (kuvio 17). Laite on suunniteltu käytettäväksi monenlaisissa DC-moottorisovelluksissa. Laitteessa on

aseteltavat startti- ja pysäytysramppi, jotka mahdollistavat pehmeämmän toiminnan. Virtaraja voidaan asettaa kumpaankin ajosuuntaan erikseen ja virtarajan tarkoituksena on suojella moottoria ja mekaniikkaa ylikuormalta. Virtarajaa voidaan käyttää mm. päätepysäytykseen. Laitteessa on kaksi esiaseteltavaa ajonopeutta. Erikoistoimintana on portaaton nopeudensäätö. Ohjaustavaksi voidaan valita jatkuva tai impulssi. Jatkevalla toimintatavalla ajo on päällä vain kun ohjaus on päällä, kun taas impulssiajossa lyhyt käsky käynnistää ajon ja uusi komento pysäyttää moottorin. FAULT-nasta toimii tulona ja lähtönä. Laitteen parametrit mm.virtarajat asetellaan sarjaliikenne terminaalilla EM-236. Laitteen ominaisuuksista pienen koon ja suuren lähtövirran lisäksi valintaan vaikuttivat virtaraja, aseteltavat startti –ja pysäytysramppi, monipuoliset ohjaustulot, jatkuvaohjaus, digitaalinen parametrien asettelu. (Electromen 2011.)



KUVIO 17. DC-moottorin ohjain Electromen EM-241A (Electromen 2011)

### 6.3 Oikosulkumoottori

Oikosulkumoottori on yleisin koneautomaationlaitteiden sähkömoottori. Sen rungon staattorissa on kolmivaihekäämitys ja pyörivässä moottorissa niin sanottu häkkikäämitys, joka muodostaa moottorille suljettuja virtapiirejä. Nämä virtapiirit ovat oikosulussa keskenään. Tästä syystä kyseistä moottoria kutsutaan oikosulkumoottoriksi. Staattorikäämiin johdettaessa vaihtovirtaa aiheuttaa se vaihtelevan magneettivuon. Tämä synnyttää moottorin ilmaväliin pyörivän magneettikentän. Magneettikentän pyörimisnopeutta kutsutaan moottorin tahtinopeudeksi, ja se on riippuvainen moottorin napaluvusta. Syntyneen magneettikentän ja roottorin välil-

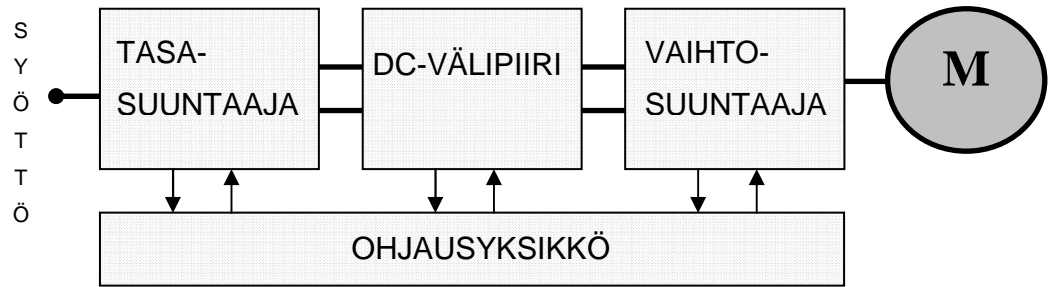
lä on voimavaikutus, ja sen seurauksena roottori pyörii jättämän verran pyörivää magneettikenttää hitaammin. Jättämän takia oikosulkumoottoria kutsutaan myös epätahti- eli asynkronimoottoriksi. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 133 – 134.) Kaapelin vetomoottoriksi valitsin Transtecno 03TS5624B14 - oikosulkumoottorin (kuvio 18), jonka teho on 0,09 kW ja maksimipyörimisnopeus on 1320 rpm (Transtecno 2011).



KUVIO 18. Oikosulkumoottori Transtecno 03TS5624B14 (Transtecno 2011)

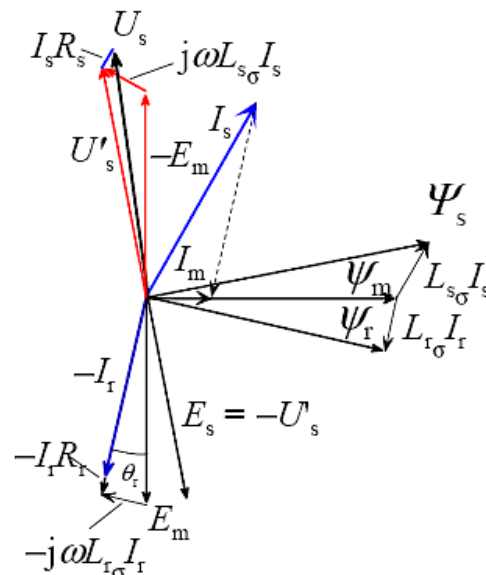
#### 6.4 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajasta käytetään myös nimiä taajuudenmuuttaja, invertteri, moottori-vaihtosuuntaaja. Taajuusmuuttajasta on tullut tärkeä osa teollisuuden sähkökäyttötekniikkaa. Taajuusmuuttajaa käytetään sähkömoottorin nopeudensäätöön. Kolmivaiheinen jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja on yleisin taajuusmuuttajatyypipi (kuvio 19), joka tasasuuntaa ensin verkon vaihtojännitteen tasasähköksi ja edelleen tuottaa tasasähköstä halutun taajuista ja suuruista vaihtojännitettä. Tasasuuntausasteen jälkeen suuntaajassa on välipiiri. Välipiirin tehtävänä on tasata jännite tasajännitteeksi. Tästä johtuu nimitys jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja. Tasajännitteestä tehdään moottorille sopivaa vaihtojännitettä. (LUT 2011.)



KUVIO 19. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate

Ohjattaessa oikosulkumoottoria muutetaan jännitteen taajuutta. Oikosulkumoottorin virta sisältää sekä moottorin magnetoinnin ja vääntömomenttia tuottavat komponentit, jonka vuoksi vääntömomentin säätöä varten tarvitaan ns. vektorisäätöä. Tämä tarkoittaa, että taajuusmuuttajan sulautettuun prosessorijärjestelmään on luotu moottorista matemaattinen malli. Mallilla ratkaistaan, mikä osuus oikosulkumoottorin virrasta on magnetointivirtaa ja mikä vastaavasti virtaa joka tuottaa vääntömomentin. Kuviossa 20 on esitetty oikosulkumoottorin niisanottu vektori-  
piirros, jonka avulla mikroprosessori voi päätellä moottorin käyttöön liittyvät toiminnot. (LUT 2011.)



KUVIO 20. Oikosulkumoottorin vektori-  
piirros ( LUT 2011)

Taajuusmuuttajan avulla päästään sähkömoottorin portaattomaan säätöön ja näin prosessi saadaan tehokkaammaksi ja tarkemmaksi. Taajuusmuuttajan avulla saadaan aikaan tasaiset käynnistykset ja pysäytykset, sekä vältetään turhat nytkähdys- ja iskukuormitukset. Näin ollen mekaaniset osat kestävät huomattavasti kauemmin. (LUT 2011.)

Kaapelin vetomoottorin ohjaukseen valitsin Sew Movitrac B 0008-2B1-4-00 -taajuusmuuttaja (kuvio 21). Valintaan vaikutti taajuusmuuttajan pieni koko, helpokäyttöisyys ja tehokas EMC-häiriösuojaus. Lisäksi varustelin taajuusmuuttajan Sew FBG11B -ohjauspaneelilla, jolla pystyy tekemään asetuksia taajuusmuuttajalle, asettelemaan halutun pyörimisnopeuden sekä havaitsemaan myös mahdolliset vikakoodit tulevaisuudessa. (SEW 2011.)



KUVIO 21. Taajuusmuuttaja Sew MOVITRAC B (SEW 2011)



## 7 PNEUMATIikka

Paineilmatoimilaitteilla on helppoa ja edullista toteuttaa työkierron liikkeitä, tämän vuoksi pneumatiikkaa suositaan mekanisoinnissa ja automatisoinnissa. Vaativammassa mekatroniikassa yksinkertaisia paineilmakomponentteja käytetään harvoin heikkojen ohjausominaisuuksiensa vuoksi. Pneumatiikalla voi kuitenkin toteuttaa varsin suorituskykyisiä paikoitusjärjestelmiä, mikäli komponentit valitaan asiallisesti ja käytetään riittävän hienostunutta ohjausta. (Airila 2004, 37 – 38.)

### 7.1 Toimilaitteet

Sylinterit ovat yleiskäyttöisiä komponentteja, ja niitä voidaan käyttää niin pneumaattisissa kuin sähköohjatuissakin järjestelmissä. Sylintereitä, kuten vakiosylintereitä, männänvarrettomia sylintereitä, pyörimättömällä männänvarrella varustettuja sylintereitä, toimitetaan standardimitoitettuna moniin tarkoituksiin. Mikäli kohteessa vaaditaan suurta voimaa, voidaan käyttää kalvosylintereitä tai rullakalvosylintereitä. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 74.) Kaapelivedon toimilaitteeksi valitsin Univerin J64RS 330030A -tyyppisen pneumatiikkasynterinin (kuvio 22). Katkaisuterän sekä kaapelitelineen toimilaitteiksi valitsin Univerin W100-50-25M -tyyppiset pneumatiikkasynterinit (kuvio 23). (Univer 2011.)



KUVIO 22. Univer -sylinteri J64RS330030A (Univer 2011)

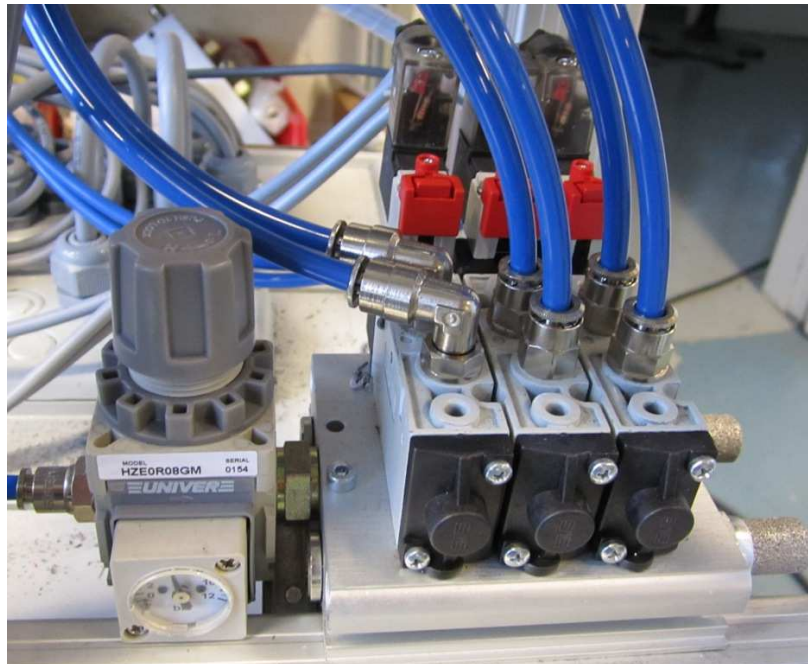


KUVIO 23. Univer -sylinteri W100-50-25M (Univer 2011)

## 7.2 Venttiilit

Perusrakenteeltaan magneettikeloilla ohjatut suuntaventtiilit ovat täysin samantasaisia istukka- tai luistiventtiileitä kuin pneumaattisissakin ohjauksissa. Ero on venttiilin ohjauspäissä. Apuventtiiliä ohjaa jännitteellinen kela, joka saa aikaan pääventtiilin asennon muuttumisen. Kelan rautasydän ei siis liikuta suoraan esimerkiksi venttiililuistia. Venttiilejä voidaan valita joko sylinterin viereen yksittäisasenteisina tai terminaalirakenteisina. (Keinänen, Kärkkäinen, Metso & Putkonen 2001, 74 – 75.)

Kaapelikoneen sylinterien ohjaukseen päädyin valitsemaan Univerin 5/2-magneettiventtiilit jousipalautuksella, jotka asennettiin ISO-pohjalaatalle (kuvio 24). Pohjalaatan etuna oli asennuksen helppous sekä suuret läpivirtausmäärät. Pohjalaattaan asennettiin myös järjestelmän tarvitsema paineensäädin, jolla säädetään tehdasverkosta saatava paineilma sopivaksi. (Univer 2011.)



KUVIO 24. Kaapelikoneen magneettiventtiilit ISO-pohjalaatalle asennettuna

## 8 PROJEKTI

### 8.1 Lähtökohdat

#### *Prototyypin sähkö- ja automaatio kokonaisuus*

Ohjauslogiikkana oli Siemens S7-200 -sarjan logiikka. Logiikkakokonaisuus koostui keskusyksiköstä CPU222, lisämoduuli EM223 ja ohjauspaneelina/käyttöliittymänä oli Siemens Simatic Panel TP070. Logiikassa oli DI-optoerotettuja binäärituloja, joilla luettiin antureiden tiloja, DO-relay lähtöjä, joilla ohjattiin suoraan toimilaitteita sekä AI-tuloja, jotka eivät olleet käytössä. Powerina oli Murr Electronikin 24VDC/5A jännitelähde. Vetomoottorina oli taajuusmuuttajaohjattu oikosulkumoottori ja kelausmoottorina tasasähkömoottori suoralla ON/OFF -ohjauksella. Kaapelin pituuden mittaus suoritettiin pulssianturilla 500 p/rpm, jota luettiin logiikan High-speed counterin avulla. Katkaisuterää ja veto- pyörästöjä ohjattiin pneumatiikkasyylinterillä, joita ohjasi magneettiventtiilit logiikan käskyjen mukaisesti. Pneumatiikkasyylinterien päätyasentoja seurattiin reedkytkimillä. Prototyypissä oli kaksi keskusta (kuvio 25): kaappi 2, joka sisälsi 24 VDC ohjaukset sekä logiikkakomponentit, ja kaappi 1, joka sisälsi 230 VAC syöttöpuolen, taajuusmuuttajan, 24 VDC powerin ja turvareleen. Koneen sähkönsyöttö oli 400 VAC 16A pistotulpalla.

KAAPPI 1



KAAPPI 2



KUVIO 25. Prototyypin keskukset

Prototyyppi oli purettu jo osittain tullessani projektiin mukaan, joten en nähnyt konetta valmiina kokonaisuutena ja käyttökunnossa, mikä haittasi kokonaisuuden havainnoimista. Dokumentointi piirikaavioiden ja ohjelmalistauksen osalta olivat puutteellisia ja osittain jopa virheellisiä. Dokumentoinnin puutteellisuus haittasi kokonaisuuden ja toiminnallisuuden ymmärtämistä sekä aiheutti lisää töitä. Varsinaista toimintakuvausta ei ollut ollenkaan, ainoastaan käyttöohje koneen käyttäjälle.

## 8.2 Tavoitteet ja tehtävän asettelu

Sähkö- ja automaation osalta kaapelikoneen tuotantolaitteversio oli tarkoitus suunnitella ja toteuttaa uuden toimintakuvauksen sekä yrityksen toiveiden mukaiseksi. Vaatimukset koneen käyttöolosuhteista oli lämmitetty sisätila.

Kone oli tarkoitus suunnitella ja rakentaa siten, että kone saisi tarvittavat toiminnallisuudet ja dokumentoinnit CE-merkin vaatimaan tekniseen rakennetiedostoon. Kuitenkaan tarkoitus ei ollut rakentaa uutta konetta vaan kehittää prototyypistä tuotantolaitte. Kone oli tarkoitus toteuttaa uusilla ja laadukkailla komponenteilla, hyödyntäen kuitenkin käyttökelpoiset komponentit prototyypistä ja ennen kaikkea valita sellaiset komponentit, jotka ovat IEC-standardin mukaisia. Suurimmaksi

tavoitteeksi sähkö- ja automaation osalta muodostui uuden ohjausjärjestelmän valitseminen koneen ohjaukseen. Valittu ohjausjärjestelmä oli Siemensin S7-1200 -sarjan logiikka, joka lähivuosina korvaa kokonaan prototyypissäkin olevan Siemens S7-200 -logiikkasarjan.

### 8.3 Luonnostelu

Ohjelmoitavaksi logiikaksi valitsin Siemensin S7-1200 sarjan logiikan. Ennen kuin pystyin tekemään tarkempia valintoja CPU:n ja moduulien osalta, minun piti selvittää ja listata koneen ohjauksiin tarvittavien lähtöjen ja tulojen määrät ja tyypit sekä mahdolliset laajennusmahdollisuudet. Lähtöjen tyypeiksi päätin valita DO-optoerotetut binäärityyppiset lähdöt, joilla ohjattaisiin erillisiä ohjausreleitä, jotka ohjaavat toimilaitteita logiikan ohjausrajapinnassa. DO-optoerotetuilla binäärilähdöillä käyttökestävyys on moninkertainen relay-lähtöihin verrattuna. Tuloina riittäsi DI-optoerotetut binäärityyppiset tulot. CPU:ksi päädyin valitsemaan CPU1212C ja moduuliksi SM1223. Ohjauspaneeliksi valitsin mustavalkoisen Siemens KTP 400 Basic PN pienen kokonsa ja riittävän toiminnallisuutensa vuoksi.

24 VDC -virtalähteenä käytin prototyypin Murr Electronikin poweria, jonka teho riittää myös uuden version asennuksiin. Kaapelinpituuden mittaukseen valitsin Omronin E6C2-CWZ5B -pulssianturin. Kaapelivedon toteutukseen valitsin oikosulkumoottorin Transtecno 03TS5624B14 ja sen ohjaukseen SEW MOVITRAC B -taajuusmuuttajan. Kaapelin kelausmoottoriksi valitsin DC-moottorin Valeo 402.887 ja sen ohjaimeksi ohjelmoitavan Electromen EM241 tyyppisen DC-moottoriohjaimen.

Pneumatiikan osalta valitsin Univerin sylinterit kaapelivedon, kaapelinkatkaisun ja kaapelitelineen toimilaitteiksi. Toimilaitteiden ohjaukseen valitsin 5/2-magneettiventtiilit. Sylinterien asentotietoa varten valitsin reedkytkimet. Pneumatiikkajärjestelmän mitoituksen suunnittelivat ja toteuttivat opiskelijat, jotka vastasivat koneen mekaanisesta suunnittelusta.

## 8.4 Sähkö- ja automaatio suunnittelu

### 8.4.1 Sähkösuunnittelu

#### *Suojaus sähköiskulta*

Sähköiskulta suojauksen suorasta kosketuksesta sekä epäsuorasta kosketuksesta päätin toteuttaa koteloinnilla. Käytännössä se tarkoitti sitä, että kaikki jännitteiset osat ovat keskusten sisällä sekä moottorit ja muut pyörivät mekanismit ovat koneen runkorakenteen sisäpuolella. (SFS-EN 60204 - 1 2006, 6.2)

#### *Hätäpysäytys*

Hätäpysäytyslaitteiston päätin suunnitella luokan-0 mukaiseksi kaapelikoneeseen. Luokka-0 mukainen pysäytys tarkoittaa, että kone pysäytetään poistamalla välittömästi teho koneen toimilaitteilta. Toteutin hätäpysäytyslaitteiston PILZ PNOZ 16 -turvareleellä sekä hätä-seis painikkeella (Pilz 2011). Hätä-seis painiketta painettaessa turvarele katkaisee energian syötön taajuusmuuttajalta, DC-moottorin ohjaimelta ja logiikan ohjauspuolelta. Hätäpysäytyksen jälkeen hätä-seis-painike pitää nostaa käyttökuntoon sekä kuitata hätäpysäytys turvareleelta erillisestä kuitaus-painikkeesta. Turvareleen tilaa seurataan erillisellä merkkivalolla. (SFS-EN 60204 - 1 2006, 9.2.2.)

#### *Kaapeleiden ja sulakesuojausten mitoitus*

Kaapeleiden ja sulakesuojausten mitoituksen aloitin sähkötarpeiden määrittämisellä vaihto- ja tasasähköpuolelle. Vaihtosähkön osalta suunnittelin ensin taajuusmuuttajalla ohjatun oikosulkumoottorikäytön. Taajuusmuuttaja toimii ohjauksen lisäksi myös ylivirtasuojana oikosulkumoottorille, joten erillistä ylivirtasuojaa ei moottorille tarvittu. Moottorikäytön mitoituksen jälkeen mitoitin syötön 230VAC/24VDC powerille. Kun olin mitoittanut vaihtosähkölaitteiden tarvitsemat syötöt, pystyin mitoittamaan tarvittavan sähkönsyötön koko kaapelikoneelle. Sähkönsyöttöön keskuksen kanteen suunnittelin erillisen syötönerotuskytkimen, joka koneissa vaaditaan. Syötönerotuskytkimellä voidaan luotettavasti erottaa kone sähkönlähteestä. Mitoituksen jälkeen suunnittelin ja piirsin pääkaaviot (liite 1). Vaihtosähköpuolen mitoituksen jälkeen mitoitin tasasähköpuolen kaapelit ja

sulakesuojaukset. Mitoituksen jälkeen suunnittelin ja piirsin ohjauspiirikaaviot (liite 2 - 4). (SFS-EN 60204 - 1 2006, 5.3.)

#### *Keskusten suunnittelu*

Kun piirikaaviot ja pääkaaviot olivat valmiit, pääsin suunnittelemaan keskusten kalustuksen sekä piirtämään keskusten layoutkuvat mittakaavaan (liite 5 - 6). Komponenttien valinnoissa pyrin valitsemaan laadukkaita ja mahdollisimman vähän asennustilaa vaativia komponentteja, sillä tarkoituksena oli käyttää prototyypin keskuksia uuteen versioon. Vanhat keskuksia eivät olleet kovinkaan kookkaita, ja komponentteja uuteen versioon oli tulossa paljon enemmän kuin prototyypissä oli.

#### *Suunnitelmien piirtäminen*

Sähkösuunnitelmat piirsin Kyndata CADS 13 -sähkösuunnitteluohjelmistolla Lahden ammattikorkeakoulun kehittämän piirtomallin mukaan. Kun sain kuvat valmiiksi, pystyin tekemään tarkat komponenttilistaukset, laskemaan kaapelitarpeet, pyytämään tarjoukset ja tilaamaan tuotteet asennuksia varten.

### 8.4.2 Automaatiosuunnittelu ja ohjelmointi

Automaatiosuunnittelu alkoi suunnitteleamalla ohjelmat uuden toimintakuvauksen ja ohjauspiirikaavioiden pohjalta. Logiikkaohjelmasta (liite 8) pyrin tekemään mahdollisimman yksinkertaisen ja helppolukuisen, joka helpottaisi tulevaisuudessa ohjelmamuutoksien ja lisäyksien tekoa sekä mahdollisten vikojen paikantamisenkin olisi helpompaa. Käyttöliittymästä tein visuaalisesti selkeän ja ennen kaikkea helppokäyttöisen (liite 9). Ohjelman rakennetta sekä itse ohjelmaa suunnitlessani lähtökohta oli se, että teen ohjauksesta mahdollisimman turvallisen käyttäjälle ja koneasetuksen (400/2008) mukaisen. Suunnittelin logiikkaohjelmat sekä ohjauspaneelin käyttöliittymän Simatic Step 7 Basic V10.5 (TIA portal) -ohjelmointiohjelmalla. Tein logiikkaohjelmat FBD-muotoisella ohjelmointikielillä eli toimintokaaviomuotoon. Suunnittelin logiikkaohjelman rakenteeltaan lineaariseen muotoon.



## 8.5 Asennus ja kokoonpano

Asennukset aloitin prototyypin sähkö- ja automaatioasennusten sekä keskusten purkamisella. Purkamisen jälkeen tein uusien suunnitelmien mukaisten keskusten kalustamisen (kuvio 26). Loppukokoonpanovaiheessa koulun konelaboratoriossa asensin valmiit keskuksat koneen runkoon, minkä jälkeen pääsin tekemään sähkö- ja automaatioasennukset moottoreille, antureille, ohjauspainikkeille, magneetti-venttiileille ja merkkivaloille.

### KESKUS 1



### KESKUS 2



KUVIO 26. Tuotantolaitteen keskuksat

## 8.6 Testaus ja käyttöönotto

Käyttöönotto alkoi tarkastamalla kytkennät aistinvaraisesti ja yleismittarilla, jotta asennukset olisivat suunnitelmien mukaiset. Tarkastuksen jälkeen sain sähkötoimen valvojalta luvan kytkeä koneen sähköihin. Sähköjen kytkemisen jälkeen testasin hätä-seis painikkeen sekä turvareleen toiminnan. Osio kerrallaan kytkin eri piireihin sähköt ja testasin antureiden sekä toimilaitteiden toiminnat. Asetin parametrit taajuusmuuttajalle sekä tasavirtamoottorin ohjaimelle. Latain logiikkaohjelmat logiikkaan sekä käyttöliittymän ohjauspaneelille. Ohjelmien testaamisen tein portaittain yksi osio kerrallaan, jolloin oli helpompaa havaita mahdollisia

vikoja ohjelmassa ja korjata mahdollisia epäkohtia. Käyttöönottoa ja testausta suoritettiin, kunnes kone toimi toimintakuvauksen mukaisesti. Ohjauksen testauksessa otin huomioon myös kohtuudella ennakoitavissa olevan väärinkäytön.

## 8.7 Loppudokumentointi

Testaus- ja käyttöönottovaiheen jälkeen päivitin sähkö - ja automaatiidokumentit projektimappiin paperitulosteina sekä sähköisessä muodossa cd-levylle. Dokumentit sisälsivät pääpiirikaaviot (liite 1), ohjauspiirikaaviot (liite 2 - 4), keskusten layoutkuvat (liite 5 - 6), komponenttilistaukset, komponenttien esiteet, komponenttien käyttöohjeet, logiikan ohjelmalistaukset (liite 8) ja toimintaselosteen (liite 7).

## 9 YHTEENVETO

Sain tuotettua sähkö- ja automaatio suunnitelmat, asennukset sekä käyttöönoton kaapelikoneelle. Loppudokumentaation sain myös tehtyä kaapelikoneen osalta koneen tekniseen rakennetiedostoon. Kuorintalaitteen osalta sain tehtyä sähkö- ja automaatio suunnitelmat, mutta asennuksia ja käyttöönottoa en ehtinyt projektiin varatun ajan puitteissa tekemään.

Alkuperäinen aikataulu venyi usealla kuukaudella. Syitä aikataulun venymiseen oli muun muassa se, että olin aikuisopiskelija, joten tein opinnäytetyötä oman työni ohella lomapäivinä, viikonloppuisin sekä virkavapaapäivinä. Myös alkuperäinen suunnitelmani aikataulun osalta oli epärealistinen toteutuneeseen työmäärään nähden.

Uuden logiikkasarjan Siemens S7-1200 ohjelmointiin käytettävän suunnitteluohjelmiston Simatic Step 7 Basic V10.5 (TIA portal) käyttö muodostui projektissa haastavimmaksi osa-alueeksi. Ohjelmiston oppiminen vaati runsaasti opiskelua, koska en ollut ennen käyttänyt sitä. Myöskään koulumme opettajilta ei ollut mahdollista saada asiantuntija-apua kyseiseen ohjelmistoon ja sen käyttöön, koska myös heille kyseinen ohjelmisto oli uusi. Ongelmatilanteissa sain apua Siemens-tuotetukipalvelun henkilöstöltä. Simatic Step 7 Basic V10.5 (TIA portal) -versiolla ei pystynyt testaamaan logiikkaohjelman kokonaistoimivuutta ennen käyttöönottoa ja ohjelman lataamista logiikalle, eli logiikkaohjelman toimivuus pystyttiin testamaan vasta käyttöönottovaiheessa.

Seuraavaksi kaapelikoneelle olisi hyvä tehdä riskianalyysi, jolloin pystyttäisiin poistamaan tai pienentämään mahdolliset turvallisuusriskit. Logiikkaohjelmaa voisi kehittää esimerkiksi kaapelipituustietoja keräämällä ja tallentamalla, jolloin yritys pystyisi seuraamaan ja tilastoimaan kaapelimenekkiä.

## LÄHTEET

Airila, M. 2004. Mekatroniikka. 7. painos. Helsinki: Valopaino Oy.

Electromen. 2011. EM -241A [viitattu 10.3.2011]. Saatavissa:  
[http://www.electromen.com/pdf/EN\\_em-241.pdf](http://www.electromen.com/pdf/EN_em-241.pdf)

Kari-Finn Oy. 2011. Yritys taustaa [viitattu 1.9.2011]. Saatavissa:  
<http://www.kari-finn.fi/fin/profile.html>

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

Koneasetus 400/2008. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=CE%2A>

Lahtinen, T. 2007a. Auto1Tietoisku1. Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala, kone- ja tuotantotekniikan opintomateriaali

Lahtinen, T. 2007b. Ohjauskeskusjalogiikka1. Lahden ammattikorkeakoulu, tekniikan ala, kone- ja tuotantotekniikan opintomateriaali

LUT. 2011. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Taajuusmuuttaja [viitattu 7.8.2011]. Saatavissa:  
[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx)

Omron. 2011. Omron pulssianturi E6C2-C [viitattu 2.3.2011]. Saatavissa:  
[http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/sensing/rotary\\_encoders/incremental/e6c2\\_c\\_e6c3\\_c/default.html](http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/sensing/rotary_encoders/incremental/e6c2_c_e6c3_c/default.html)

Pilz. 2011. Pilz PNOZ 16 Turvarele [viitattu 8.9.2011]. Saatavissa:  
<https://shop.pilz.com/eshop/b2b/publicinit.do?product=774060>

SEW. 2011. MOVITRAC B [viitattu 6.3.2011]. Saatavissa: <http://www.sew-eurodrive.fi/produkt/movitrac-b.htm>

SFS-EN 60204-1. 2006. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Sick. 2011. Photoelectric sensors [viitattu 8.7.2011]. Saatavissa:  
<https://www.mysick.com/eCat.aspx?go=FinderSearch&Cat=Row&At=Fa&Cult=English&FamilyID=295&Category=Dokumentationen>

Siemens. 2011a. S7-1200 [viitattu 1.9.2011]. Saatavissa:  
[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat\\_simatic/s7\\_1200.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm)

Siemens. 2011b. S71200\_easy\_book [viitattu 1.5.2011]. Saatavissa:  
<https://support.automation.siemens.com>

Siemens. 2011c. S71200\_system\_manual [viitattu 5.5.2011]. Saatavissa:  
<https://support.automation.siemens.com>

Siemens. 2011d. S71200\_transition\_manual [viitattu 10.5.2011]. Saatavissa:  
<https://support.automation.siemens.com>

Transtecno. 2011. AC motors [viitattu 3.4.2011]. Saatavissa:  
[http://www.transtecno.com/media/downloads/TS\\_MY\\_100714.pdf](http://www.transtecno.com/media/downloads/TS_MY_100714.pdf)

Univer. 2011a. Tuoteluettelo [viitattu 10.7.2011]. Saatavissa:  
[http://www2.ess.fi/kuningasedut/mallisivut/nakoisl/univer\\_2010.html](http://www2.ess.fi/kuningasedut/mallisivut/nakoisl/univer_2010.html)

Univer. 2011b. Tuoteluettelo [viitattu 10.7.2011]. Saatavissa:  
[http://www2.ess.fi/kuningasedut/mallisivut/nakoisl/univer\\_2010.html](http://www2.ess.fi/kuningasedut/mallisivut/nakoisl/univer_2010.html)

Univer. 2011c. Tuoteluettelo [viitattu 10.7.2011]. Saatavissa:  
[http://www2.ess.fi/kuningasedut/mallisivut/nakoisl/univer\\_2010.html](http://www2.ess.fi/kuningasedut/mallisivut/nakoisl/univer_2010.html)

Valeo. 2011. Gear motor 402.887 [viitattu 10.7.2011]. Saatavissa:  
[http://www.smolka-berlin.de/includes/download\\_pdf.php?ID=377](http://www.smolka-berlin.de/includes/download_pdf.php?ID=377)

## LIITTEET

LIITE 1	PÄÄPIIRIKAAVIO CADS kuva	(2)
LIITE 2	OHJAUSPIIRIKAAVIO CADS kuva	(3)
LIITE 3	OHJAUSPIIRIKAAVIO_TULOT CADS kuva	(3)
LIITE 4	OHJAUSPIIRIKAAVIO_LÄHDÖT CADS kuva	(3)
LIITE 5	KESKUS 1 LAYOUT CADS kuva	(1)
LIITE 6	KESKUS 2 LAYOUT CADS kuva	(1)
LIITE 7	TOIMINTAKUVAUS	(4)
LIITE 8	LOGIIKKAOHJELMA	(13)
LIITE 9	KÄYTTÖLIITTYMÄ	(3)