

Antti Palovaara

VARASTON AUTOMATISOINTISUUNNITELMA

VARASTON AUTOMATISOINTISUUNNITELMA

Antti Palovaara
Opinnäytetyö
Syksy 2010
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU

TIIVISTELMÄ

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Automaatiotekniikka	Raportti	30	+	1
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Projektionnin sv.	2010			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Cornier Oy	Antti Palovaara			
Työn nimi				
Varaston automatisointisuunnitelma				
Avainsanat				
Automaatio, varasto, robotti, ohjelmoitavat logiikat				

Tämän opinnäytetyön aiheena on Cornier Oy:n varaston automatisointisuunnitelu. Cornier Oy on kasvava vantaalainen yritys, joka myy internetin välityksellä sateenpitäviä ulkoiluvaatteita. Opinnäytetyössä perehdytään yrityksen varaston kustannustehokkuuteen ja nopeuttamiseen automaation avulla.

Opinnäytetyö on suunnittelutyö ja painottuu ennen kaikkea juuri kappaletavara-automaatioon. Työssä suunnitellaan varastoon robotti, joka nopeuttaa vaatteiden noutamista oikeasta hyllystä. Suunnittelun apuna käytetään Internetistä ja kirjoista löytyvää teoriatietoa laitteiden ja komponenttien ominaisuuksista.

Suunnittelutyön ansiosta raportin kaltainen automatisointi on mahdollista tehdä varastoon. Valmistuessaan robotti korvaa yhden varastotyöntekijän ja myöhemmin tilausmäärien kasvaessa toimitukset saadaan eteenpäin myös nopeammassa aikataulussa.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 NYKYTILANNE	6
3 VARASTON RAKENNE	7
3.1 Tavarahyllyt.....	7
3.2 Robotin liikkuminen varastossa.....	9
3.3 Kapasiteetilaskelmat	11
4 LAITTEISTO	12
4.1 Ohjelmoitava logiikka	12
4.2 Omron CPM1A	15
4.3 Relekortti	16
5 ROBOTIN SUUNNITTELU	19
5.1 Mekaaninen rakenne.....	19
5.2 Pneumaattinen tarttuja	21
5.3 Logiikan ohjelmointi.....	22
5.4 Turvallisuusnäkökohdat	25
6 PÄÄTELMÄT	27
6.1 Robotin liikkuminen varastossa.....	28
6.2 Tavarahyllyjen tekniikka	28
6.3 Pneumaattinen toteutus	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Työssä suunnitellaan Cornier Oy ulkoiluvaateliikkeen varastoon robotti. Yritys myy vaatteet internetin kautta. Tällä hetkellä varasto toimii manuaalisesti, jolloin työntekijä noutaa itse tavarat hyllyistä postittaakseen ne eteenpäin. Työ on ihmiselle liian hidasta ja yksitoikkoista, lisäksi virheiden mahdollisuus on suuri.

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella kohteeseen mahdollisimman kustannustehokas ja nopea robotti, joka tulisi korvaamaan yhden varastotyöntekijän. Vaatteet on pakattu pusseihin, jolloin suurin ongelma robotin suunnittelussa tulee olemaan hyllyjen muutokset niin, että robotin on mahdollista noutaa tavara niistä.

2 NYKYTILANNE

Tällä hetkellä Cornier Oy:llä on toimituksia vain muutamia päivää kohti, mutta tulevaisuudessa, kun mallisto laajenee ja yrityksen suosio kasvaa, voivat myyntimäärät nousta hyvinkin suuriksi. Silloin automaation merkitys varastossa korostuu. Automaation avulla toiminnot voidaan tehdä entistä nopeammin ja tarkemmin.

Vaatemalleja on tällä hetkellä myynnissä kuutta eri mallia, joista jokaista on vielä seitsemän eri kokovaihtoehtoa. Suunnittelussa on myös kuusi uutta mallia, joiden myyntiin tuleminen huomioidaan varaston laajennettavuudessa. Yrityksellä ei ole myymälää, vaan kaikki myynti tapahtuu netin kautta.

Tulevaisuudessa ehkä koko logistinen prosessi voidaan muuttaa toimimaan ilman jatkuvaa valvontaa. Varaston tyhjentymisestä ja laitevioista johtuvat häiriötilanteet voidaan helposti informoida päivystävälle työntekijälle esimerkiksi puhelimeen saapuvalla tekstiviestillä.

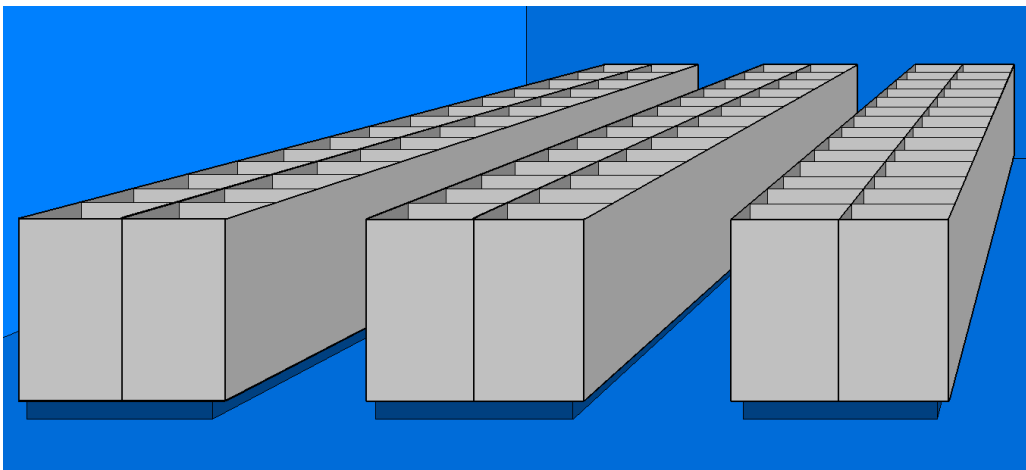
3 VARASTON RAKENNE

Varaston rakennetta tulee muuttaa automatisoinnin vuoksi. Muutosten seurauksena myös varaston kapasiteetti kasvaa, kun hyllyt voivat olla lähempänä toisiaan. Varastoon tulee robotti, joka osaa noutaa halutun vaatepussin sille määritetystä sijainnista. Robotti pudottaa varastosta haetun vaatepussin luiskalle, jonka päässä siihen tulostetaan tilaajan osoitetiedot. Osoitetietojen laittamisen jälkeen vaatepussi on postihenkilökunnan haettavissa varaston eteisestä.

Luvut 3.1.–3.2. käsittelevät varaston rakenteellisia muutoksia ja luvussa 3.3. tehdään varastolle kapasiteetilaskelmat. Robotin rakenteellinen suunnittelu on kuvattu luvussa 5.

3.1 Tavarahyllyt

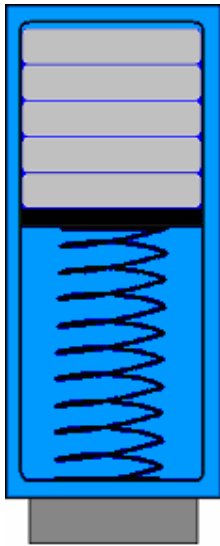
Jokaisen varastosta löytyvän vaatemallin jokaiselle vaatekoolle tulee olla oma hyllynsä. Hyllyissä vaatepinot ovat seinämällä erotettuna muista pinoista, etteivät pinot pääse kaatumaan itsestään. Hyllyjen väleihin jää myös kulureitit pinojen täyttämistä varten. Alla olevasta kuvasta 1 näkyy periaate, miten hyllyt sijoittuvat varastoon.



KUVA 1. Tavarahyllyjen sijoittelun periaatekuva

Yhteen riviin tulee aina saman malliston kaikki vaatekoot (XXS, XS, S, M, L, XL ja XXL) niin miehille kuin naisillekin, joten pinoja tulee yhteensä 14 yhtä riviä kohden. Eri vaatemaleja on tällä hetkellä vain kuusi, mutta laajennusvaraa jätetään myös uusille mallistoille. (1.)

Jokaiseen hyllyyn (kuva 2) tulee jousi kannattelemaan pinoa. Näin pinon ylimmäinen vaatepussi pysyy koko ajan pystysuunnassa samalla kohdalla ja robotin on mahdollista saada kiinni pussista. Jousen kannatteluvoima ei ole täysin lineaarinen suhteessa pinon korkeuteen. Tästä ei kuitenkaan ole haittaa, sillä robotti saa pitkän sylinterinsä avulla tartuttua vaatepussiin, vaikka sen sijainti olisi puolikin metriä alempana odotetusta.



KUVA 2. Läpileikkauskuva hyllyn rakenteesta

Kaikki vaatepussit ovat kooltaan 520 x 400 x 80 mm (1), joten 160 cm korkeaan vaatepinoon mahtuu 20 pussia. Vaatepussin koko on sovittu tehtaan kanssa pysymään samana, vaikka malli vaihtuisi. Näin hyllyjen mittoja ei tarvitse muuttaa mallin vaihtuessa. Hyllyn todellinen korkeus tulee olemaan yli kaksi metriä riippuen alla olevan jousen korkeudesta silloin, kun se on kokoon puristuneena.

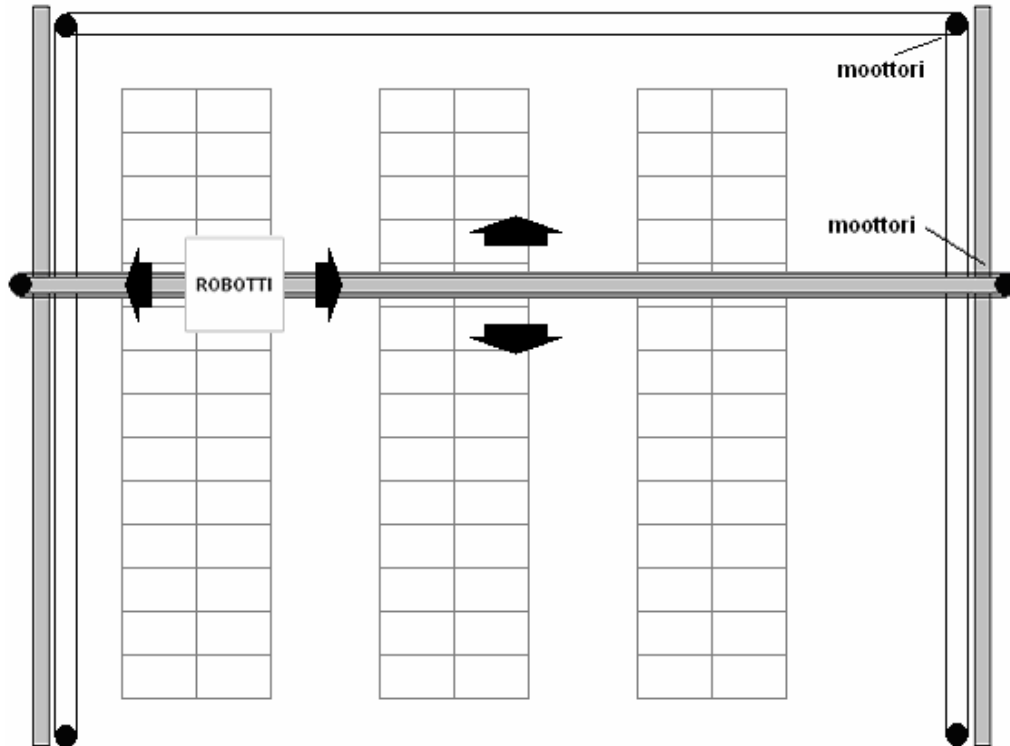
Vaatepussin fyysisistä ominaisuuksista johtuen pino jouduttiin suunnittelemaan ylhäältä päin purettavaksi. Jos pino purettaisiin alimmaisesta pussista lähtien, muiden pussien paikallaan pysyminen olisi ollut vaikea toteuttaa.

Hyllyjen väliin tulee noin metrin levyinen kulkuväylä, josta tyhjentymässä olevat hyllyt voidaan täyttää. Hyllyjen täyttäminen tapahtuu lisäämällä uudet vaatepussit vanhojen päälle. Pinossa jäljellä olevat vanhat vaatepussit voidaan aika-ajoin siirtää pinon päälle, etenkin jos mallistoon tulee muutoksia. Tyhjentymässä olevien vaatepinojen määrä tiedetään kunkin vaatemallin myyntimäärästä ja hälytys vajaasta hyllystä tulee ohjelmallisesti tietokoneella, eikä tätä siksi tarvitse huomioida logiikkaohjelmassa.

3.2 Robotin liikkuminen varastossa

Varaston rakenteellisia muutoksia aiheuttaa myös robotin liikkuminen varastossa. Robottia tulee pystyä liikuttamaan niin pitkittäis- kuin poikittais-suunnassakin, jotta yksi robotti voi noutaa takin mistä tahansa sijainnista. Liikkuminen toteutetaan kahdensuuntaisilla kiskoilla. Samantyylistä tekniikkaa on käytössä myös NC-koneissa, joilla jyrsitään levyjä halutun malliseksi.

Poikittaiskisko ja robotti tulevat liikkumaan moottoreiden avulla. Voimansiirto moottorilta tapahtuu kaksinkertaisten vaijerin avulla, jotta moottorit voivat kaapelointineen pysyä paikoillaan kiskojen päissä. Poikittaiskiskon liikuttamisen tulee hoitamaan yksi 24 V:n tasasähkömoottori, joka liikuttaa vaijerien avulla poikittaiskiskon molempia päitä samanaikaisesti. Pitkä vaijeri kulkee laakeroitujen väkipyörien kautta, jotka sijaitsevat kiskojen päissä. Robotin liikuttamisen poikittaiskiskolla hoitaa myös yksi 24 V:n tasasähkömoottori. Kuvassa 3 näkyy, miten moottorit ja väkipyörät sijoittuvat kiskoille.



KUVA 3. Periaatteellinen kuva robotin liikeradasta

Robottiin ja poikittaiskiskoon tulee mekaaniset kytkimet laskemaan kiskoissa olevia haittoja, joiden avulla ohjauslogiikka on selvillä robotin sijainnista. Haitat sijaitsevat jokaisen hyllyrivin kohdalla pitkittäis- ja poikittaiskiskossa.

Varaston laajentaminen huomioidaan niin, että päädyissä olevat pitkittäiskiskot rakennetaan kauemmas toisistaan, kuin mihin tämän hetkiset hyllyt vaativat. Hyllyjä on siten helpompi lisätä, kun robotti ylettyy jo valmiiksi ottamaan niistä tavaran, eikä pitkittäiskiskoakaan tarvitse jatkaa.

Osa myöhemmin myyntiin tulevista vaatemaleista kuitenkin korvaa vanhat mallit, joten menee aikaa ennen kuin vaatetta on tuplasti nykyiseen verrattuna. Lopullinen laajennusvara tulee riippumaan varaston koosta ja siitä mitä muuta varastossa tullaan pitämään.

3.3 Kapasiteetilaskelmat

Tässä luvussa on laskettu, miten paljon vaatetta suunnitelman mukaiseen varastoon mahtuu ja miten paljon robotti voi toimittaa tilauksia vuorokaudessa. Laskelmissa on käytetty tämänhetkisiä tietoja vaatemallien myynnissä olevista määristä.

Tämänhetkisen suunnitelman mukaan hyllyrivejä tulisi 6 kappaletta. Yhdessä hyllyrivissä on pinoja vierekkäin 14 kappaletta ja yhteen pinoon mahtuu 20 vaatepussia. Näistä arvoista voidaan laskea alla olevalla kaavalla 1 varastoon mahtuvien vaatepussien määrä.

$$20 \text{ kpl} \times 14 \text{ kpl} \times 6 \text{ kpl} = 1\,680 \text{ kpl} \qquad \text{KAAVA 1}$$

Varaston kapasiteettia kuvastaa myös toimitusten vuorokausittainen määrä. Tähän vaikuttavat tietysti robotin kiihtyvyyden ja nopeuden siirtyessä hyllyjen välillä. Robotti voi liikkua pitkittäissuunnassa noin 6 metriä ja poikittaissuunnassa noin 4 metriä, ja molemmat liikesuunnat robotti tekee samanaikaisesti. Arvion mukaan robotin asemointi vie aikaa keskimäärin noin 10 sekuntia meno- ja paluumatkalla. Muihin robotin tekemiin liikkeisiin voi varata myös 10 sekuntia. Näin saadaan kokonaishakuajaksi keskimäärin 30 sekuntia.

Robotin ohjauksessa on kuitenkin käynnistysehto, joka antaa robotille luvan aloittaa uuden toimituksen nopeimmillaan minuutin välein. Tämä on tehty siksi, että robotti ehtisi toimittaa meneillään olevan toimituksen loppuun, ennen kuin uusi tilaus saapuu logiikalle. Vuorokausittainen hakujen maksimimäärä on laskettu alla olevalla kaavalla 2.

$$\frac{60 \text{ s} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ h}}{1 \text{ min/ kpl}} = 1440 \text{ kpl / vrk} \qquad \text{KAAVA 2}$$

Vuorokauden aikana on siis mahdollista toimittaa enimmillään 1440 toimitusta. On siis selvää, että robotin hitaus ei tule olemaan ongelma.

4 LAITTEISTO

Tärkeässä osassa varastorobottia on logiikka, johon kerätään tiedot antureilta, joiden perusteella logiikka osaa ohjata robottia halutulla tavalla. Työhön valittu logiikka on esitelty luvussa 4.2. Luvussa 4.3 käsitellään tietokoneen ja logiikan rajapinnassa olevaa relekorttia. Kortin tehtävä on välittää logiikalle tieto siitä, missä kohtaa varastoa tilattu vaatepussi sijaitsee.

4.1 Ohjelmoitava logiikka

Oleellisena osana ohjelmoitavassa ohjausjärjestelmässä toimii ohjelmoitava logiikka (PLC). Sen muistiin voidaan kirjoittaa ohjelma, joka valvoo järjestelmän tilaa reaaliaikaisesti. Tuloihin voidaan kytkeä antureita ja lähestymiskytkimiä, jotka tuovat tiedon prosessin tilasta. Lähtöihin kytketään toimilaitteita, joita ovat esimerkiksi releet, sähkömoottorit, magneettiventtiilit ja merkikilamput. (3, s. 243–247.)

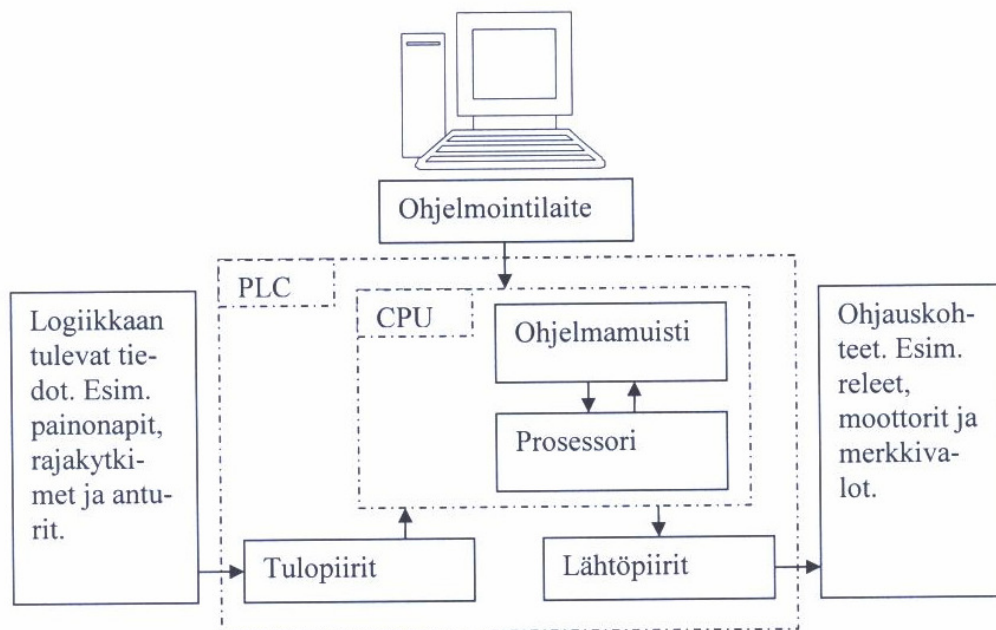
PLC-laitteissa on vapaus valita ohjelman kirjoitusjärjestys, siksi niitä kutsutaankin vapaasti ohjelmoitaviksi logiikoiksi. Ohjelmaa skannataan eli selataan kaiken aikaa, joten toiminnan kannalta ei ole väliä, missä järjestyksessä ohjelman osat kirjoitetaan. Ohjelman lähdöt asettuvat aktiivisiksi, kun tuloehdot täyttyvät. Logiikka voidaan myös ohjelmoida toimimaan askeltavasti käyttämällä tiettyä käskyrakennetta, jota kutsutaan sekvenssiksi. (3, s. 243–247.)

PLC-järjestelmässä ohjelman selaus tapahtuu kiertävästi. Aluksi kaikkien logiikan tulojen ja lähtöjen tila luetaan ja tulos tallennetaan keskusyksikön I/O-muistiin. Tämän jälkeen kaikki ohjausmuistin ohjelmarivit käydään vuoronperään läpi. Tulos käsitellään ja toteutetaan siinä järjestyksessä, kun ohjelmaa luetaan. Ohjelman päälle ja pois -käskyt toteutetaan lähdöille vasta sitten, kun koko ohjelmakierros END-käskylle asti on luettu. Ohjelman pituus vaikuttaa ohjelmakierrokseen, eli kokonaisselausaikaan. Selausajan suu-

ruusluokka on yhtä ohjelmariviä kohden 0,0005–0,1 ms. Ohjelman selausta voidaan havainnollistaa sylinterillä, joka kaiken aikaa pyörii lukupään ohi, jolloin sylinteriltä luetaan vain siihen kirjoitettua ohjelmaa. (3, s. 243–247.)

Ohjelmointikielenä logiikat käyttävät kieltä, jonka peruselementteinä ovat logiikkaportit ja muut käskysanat, joilla ohjataan laskureita, ajastimia tai apumuisteja. Näitä komentoja ei kuitenkaan ole standardisoitu, ja siksi ne vaihtelevatkin eri logiikkavalmistajien kesken. Yleensä on kuitenkin niin, että se joka hallitsee yhden valmistajan logiikkaohjelmoinnin, voi oppia toisen valmistajan logiikkakielen käsikirjojen avulla varsin helposti. (3, s. 243–247.)

Nykyisin tietokonepohjaiset ohjelmat ovat yleistyneet logiikan ohjelmoinnissa. Tällöin käyttöliittymä on sujuvampi ja mahdollistaa ohjelmoinnin eri periaatteilla. Ohjelmointiperiaatteita Windows-pohjaisissa ohjelmointiohjelmissa on kolme: kosketinkaavio (LAD), käskylista (STL) ja logiikkasymbolien käyttö (FUP). Kuvan 4 esittämät laitteet sisältyvät kaikki ohjauskokonaisuuteen, joka ohjelmoitavan logiikan ympärillä on. (3, s. 243–247.)



KUVA 4. Ohjelmoitavan logiikan laitteisto (3, s. 243–247)

Tulopiirit kytkevät ohjelmitavaan logiikkaan kaikki kentältä tulevat signaalit. Signaalit voivat tulla lähestymiskytkimiltä, valokennoilta tai releiden apukoskettimilta. Nämä viestit ovat kaksitilaisia eli binäärisiä. Nykyisin logiikoissa on myös analogiatuloja, jotka vastaanottavat mittaustietoa. Logiikoissa on myös pulssituloja, joiden avulla logiikka osaa käsitellä pulssiantureilta tulevia viestejä. (3, s. 243–247.)

Tuloviesti siirtyy logiikan käsittelyyn vasta optoerotuksen jälkeen, jotta logiikan herkkä elektroniikka ei vahingoitu. Tämä niin sanottu galvaaninen erotus tapahtuu valodiodin ja fototransistorin muodostamalla optoerottimella. Logiikassa on myös tulojen tilaa ilmaisevat valodiodit, jotka ovat lähinnä viikojenhausssa ja testauksessa tarpeellisia. Tulojen tilaa voidaan tarkastella myös ohjausohjelman online-tilassa tai ohjelmointilaitteen monitorointitilassa. (3, s. 243–247.)

Lähtöpiirien tehtävä on ohjata toimilaitteita järjestelmässä. Esimerkkejä toimilaitteista ovat magneettiventtiilit, kontaktorit, releet ja merkkilamput. Yleisesti lähdöt ovat joko rele- tai transistorilähtöjä. Relelähdöllä voidaan ohjata tasavirran lisäksi noin 2 ampeeria vaihtovirtaa (250 VAC). Toimintaviivettä niissä on noin 10 millisekuntia. Transistorilähdöt soveltuvat vain tasavirralle, jonka käyttöjännite yleensä koneautomaatiossa on 24 VDC. Virran suuruus on yleisesti alle 2 ampeeria. Transistorilähdössä toimintaviivettä on noin 2 ms. Transistorilähdöt vaativat samanlaisen optoerotuksen kuin tulopuolella. (3, s. 243–247.)

Keskusyksikkö (CPU) toteuttaa PLC:lle ohjelmoituja käskyjä yksi kerrallaan. Nykyisissä logiikoissa keskusyksikkö on toteutettu mikroprosessorilla. Tämä mahdollistaa myös aritmeettiset laskusuoritukset loogisten operaatioiden ohella. Laskutoimitusten suorittamiseksi keskusyksikkö vaatii ainakin yhden työrekisterin, jota yleensä kutsutaan akuksi. (3, s. 243–247.)

Ohjelmamuistissa on kaikki se informaatio, millä automaatiolaitteisto toimii. Logiikoiden muistikoko ilmoitetaan yleensä ohjelmarivien määränä, joita

muistiin voidaan kirjoittaa. Perusyksikkönä on 1 K eli 1024 käskyä. Logiikan muisti muodostuu normaalisti 16-bittisistä sanoista (Word). (3, s. 243–247.)

Logiikkajärjestelmien tehonsyöttö voidaan jakaa logiikan sisäiseen ja ulkoiseen tehonsyöttöön. Sisäisellä tehonsyötöllä tarkoitetaan yleensä keskusyksikön jännitesyöttöä. Ulkoisella tehonsyötöllä tarkoitetaan tulo- ja lähtöpiireihin kytkettyjen ulkoisten laitteiden jännitesyöttöä. Sisäisen tehonsyötön jännitelähde voi olla osa logiikkalaitteiden kokoonpanoa, jolloin verkkojännite (230 VAC) liitetään sille varattuihin riviliittimiin. Jännitelähde voi myös olla täysin erillinen yksikkö, joka kytketään logiikkaan. (3, s. 243–247.)

Tulo- ja lähtöpiireihin kytkettyjen ulkoisten toimilaitteiden jännitesyötöt muodostetaan yleensä erillisillä jännitelähteillä. Jännitelähdettä valittaessa on otettava huomioon kuormitettavuus, lähtöpiirien ryhmittely, tarvittavat sulakkeet sekä turvallisuusnäkökohdista johtuvat erityisjärjestelyt kriittisille lähtöpiireille. Ohjelmoitavan logiikan tehonsyöttö täytyy yleisesti ottaen olla hyvänlaatuinen. Samassa sähköryhmässä ei tulisi olla raskaita sähkömoottori-kuormia, jotka käynnistyessään voisivat aiheuttaa ohjelmien sekoamisen tai jopa logiikan rikkoutumisen. Ohjelmoitavat logiikat ovat koneautomaatiolaitteina erittäin luotettavia, mikäli vain edellä mainitut asiat ovat kunnossa. (3, s. 243–247.)

4.2 Omron CPM1A

Omron CPM1A -logiikka on suunniteltu pienikokoisten automaatiolaitteiden ohjaamiseen. Tästä logiikkaperheestä on neljä erikokoista mallia, joista CPM1A-30 vastaisi parhaiten tämän suunnitelman tarpeita. Logiikassa on sisääntuloja 18 ja ulostuloja 12 kappaletta. Logiikasta on valittavissa vielä kaksi vaihtoehtoa eri jännitealueille, ja näistä on valittavissa vielä kaksi eri mallia joko rele- tai transistorilähdöillä. (4.)

Sopivin malli tähän työhön oli CPM1A-30CDR-D-V1, koska siinä jännitealue oli 24 VDC ja kaikki työssä käytettävät laitteet tulevat olemaan tällä jännite-

alueella. Lisäksi kytkettävien sisään- ja ulostulojen määrä riittää tähän työhön ja laajennusvaraakin jää hyvin. Sillä ei ollut juurikaan toiminnallista väliä, olivatko lähdöt rele- vai transistorityyppisiä, joten valitsin lähdeiksi reletyypin.

Logiikan muistiin mahtuu 2 kilosanan (kWord), eli 2 048 käskyn mittainen ohjelma. Kokonaisselausaika logiikalla on 0,72–1,72 μ s, mikä on varsin nopea. Ulkoisilta mitoiltaan logiikka on 90 x 130 x 50 mm. (4.)

Ohjelmointiympäristönä logiikalle toimii Omronin ohjelma CX-One. Ohjelmiston avulla voi määrittää ja ohjelmoida useita eri laitteita, kuten logiikkapiirejä, käyttöpäätteitä, liikkeenohjausjärjestelmiä tai verkkoja. (4.) Logiikan ohjelmointi periaate on kuvattu tarkemmin luvussa 5.3.

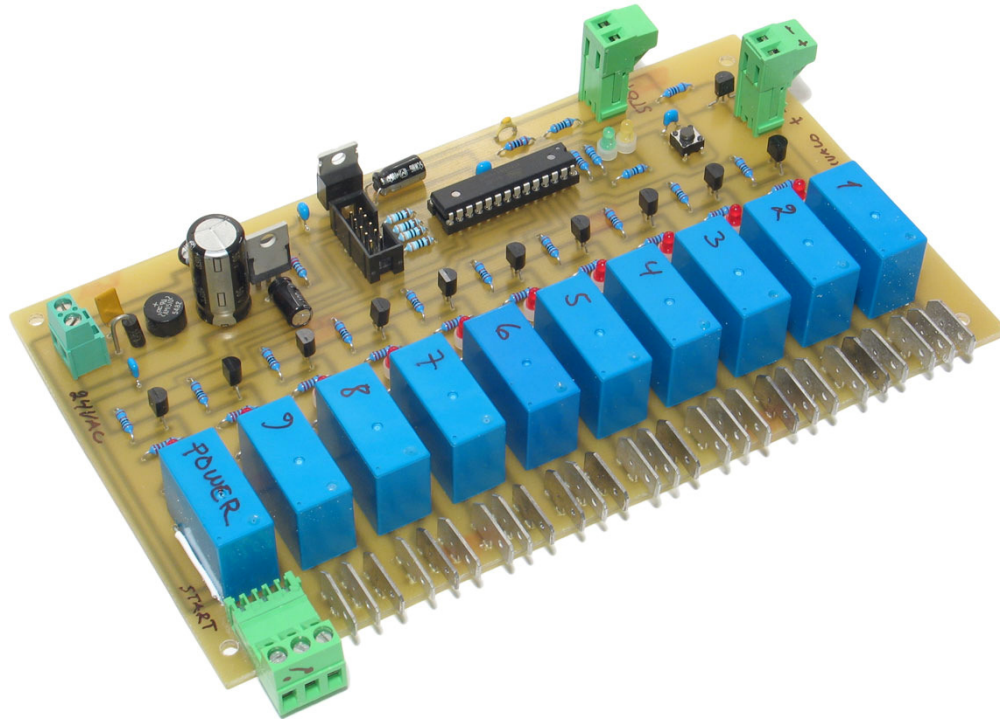
4.3 Relekortti

Robottia ohjaavan logiikan ja tietokoneen väliseen rajapintaan tulee tietokoneeseen kytkettävä relekortti. Tietokoneelle tulleesta tilauksesta poimitaan ohjelmallisesti tieto vaatepussin sijainnista. Tämä tieto siirtyy binäärisenä I/O-viestinä relekortilta, jossa relelähtöjä on käytössä yhdeksän. Relekortilta tulee logiikalle myös käynnistysehto, jonka tila käy aktiivisena aina uuden tilauksen saapuessa. Käynnistysehto ei saa tulla kuitenkaan useammin kuin minuutin välein, jotta robotti ehtisi toimittamaan meneillään olevan tilauksen ennen seuraavan tilauksen aloittamista.

Relekortteja oli tarjolla yllättävänkin monelta valmistajalta. Yleisin malli oli 8-kanavainen malli, mutta tähän työhön se ei aivan riittänyt. Korttien hinnat vaihtelivat viidestäkymmenestä eurosta useisiin satoihin euroihin.

Työhön valitsemani kortti on Partco Oy:n myymä AVR-relekortti, jossa on kymmenen relelähtöä. Relekortin sieluna toimii AVR ATmega8 -mikrokontrolleri. Sille löytyy kattava valikoima ilmaisia työkaluja, joilla ohjelmointi onnistuu helposti. (5.)

Tietokoneen ja relekortin välille kytketään yksinkertainen kaapeli mallia DT006. Kaapeli kytketään tietokoneessa rinnakkaisporttiin ja relekortilla sijaitsevaan vakioomalliseen 10-pin ISP-liittimeen. Kuvassa 5 olevan relekortin ulkoiset mitat ovat 195 x 115 mm. (5.)



KUVA 5. Tietokoneeseen kytkettävä relekortti (5)

Kortin syöttöjännite on 24 VAC. Regulaattorilla LM317-HVT tehdään 24 VDC:n ohjausjännite 24 voltin releitä varten. Kortin ja mikrokontrollerin virransyöttö (24 VDC ja 5 VDC) tapahtuu RELE10:n kautta, johon kytketään Star-painikekytkin. Muuttamalla vastukset R9 ja R10 regulaattorin LM317 ympäriltä voi kortin käyttöjännitteet vaihtaa toisille releille ja tarpeille sopiviksi. (5.)

Kortin releinä on käytetty Partcon tyyppiä VRI 24V 1NAP, joissa virran ja jännitteen kesto on 10 A ja 250 V. Releet ovat yhden vaihtokoskettimen re-

leitä. Jokaisella releellä on oma ohjaintransistorinsa (BC639) ja punainen merkkivaloledinsä, josta näkee, milloin rele on vetäneenä. (5.)

Regulaattorin 7805 perässä oleva keltainen merkkivaloledi kertoo 5 VDC:n jännitteestä. Mikrokontrollerin pinni PD0 ohjaa vihreää merkkivalolediä, jolla voi seurata esimerkiksi ohjelman suoritusta. Pinni PD1 ohjaa transistorilähtöä (BC639), johon voi kytkeä esimerkiksi 24 V:n merkkivalon. Mikrokontrollerin pinniin PD2 on kytketty alavetotulo (esimerkiksi Stop-painikekytkin, joka tuottaa laskevan reunan keskeytyksen), jolla voi muuttaa ohjelman suoritusta. (5.)

Hintaa kortille tulee ohjelmointikaapeli mukaan lukien 67 euroa. Hinnassa ei ole arvonnalisäveroa, koska yritykselle ostettaessa sitä ei veloiteta. Hintaverotailun tuloksena tämä kortti osoittautui halvimmaksi, mutta silti tähän käyttöön hyvin soveltuvaksi relekortiksi. Kortin piirikaavio löytyy tämän raportin liitteestä 1.

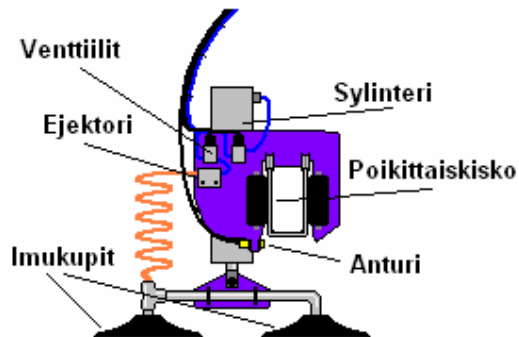
5 ROBOTIN SUUNNITTELU

Robotin suunnittelussa tärkeimmiksi kriteereiksi nousivat kustannustehokkuus ja huoltovapaus (1). Suunnittelutyössä on pyritty yksinkertaistamaan toimintoja, jotta ei tulisi tarpeettomia laitehankintoja. Laitevalinnoilla on myös pyritty minimoimaan kulutusosien määrä, jotta huoltovapaus paranisi.

Tässä luvussa käsitellään robotin mekaanista rakennetta ja kerrotaan hieinan logiikan ohjelmoinnista. Luvussa 5.3 kerrotaan myös, miten laitteiston suunnittelussa on otettu huomioon eri turvallisuuskohdat.

5.1 Mekaaninen rakenne

Robotin mekaanisessa suunnittelussa pyrittiin yksinkertaisuuteen, jotta huollon tarve vähentyisi. Kuvassa 6 violetin värinen runko tulee olemaan paksua metallilaattaa, jotta siihen pultattavat laitteet pysyvät tukevasti paikoillaan. Kuvasta näkyy myös, miten robotin eri osat sijoittuvat laitteen rungolle.



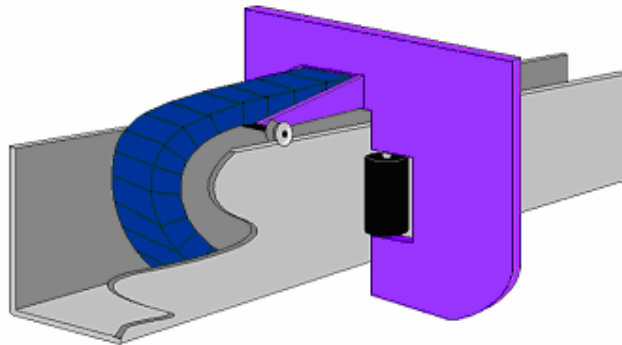
KUVA 6. Rakenteellinen kuva robotista

Suunnitelman mukaan runko tukeutuu poikittaiskiskoon kuudella rullalla. Kaksi isointa rullaa tukevat robottia sivuilta päin kiskoa vasten. Neljä kiskon päällä kulkevaa rullaa ovat sijoitettuna kunnolla irti rungosta, jotta robotti pysyy tasapainossa.

Robotissa itsessään ei ole moottoria, vaan robotti on kiinnitetty vaijerilla poikittaiskiskon päässä olevaan moottoriin. Vaijeri kiertää myös kiskon toisessa päässä olevan väkipyörän, jotta robottia voi liikuttaa molempiin suuntiin.

Kaapelointi robotille tulee siihen tarkoitettua energiansiirtoketjua pitkin, jolloin kaapelit rasittuvat mahdollisimman vähän robotin liikkuessa. Energiansiirtoketju on muovinen telaketju muistuttava kaapelikouru, jonka sisällä kaapelit pysyvät paikoillaan. Ketjuja on monelta valmistajalta ja rakenteeltaan erikokoisia ja mallisia. Tyypillistä energiansiirtoketjulle on kuitenkin se, että ketju koostuu samankokoisista paloista, ja on näin jatkettavissa niin pitkäksi kuin tarvitaan.

Robotin poikittaiskisko koostuu alumiinisesta U-palkista. Tällöin energiansiirtoketju mahtuu hyvin tulemaan palkin pohjaa pitkin välillä kaksinkerroinkin. Alla olevassa kuvassa 7 on perspektiivikuva energiansiirtoketjun sijoittumisesta robottiin sekä robotin sijoittumisesta poikittaiskiskoon. Kuvasta on yksinkertaistamisen vuoksi jätetty pois kaikki pneumaattiset ja sähköiset laitteet.



KUVA 7. Robotin sijoittuminen poikittaiskiskolle

Haittapuolena energiansiirtoketju ja muut kitkaa aiheuttavat robotin osat tekevät robotin kiihtyvyyteen lievän hitausmomentin. Tämä asia tulisi ottaa huomioon, jos suunnitellaan todella nopeaa robottia.

5.2 Pneumaattinen tarttuja

Tärkeänä osana tarttujaa ovat imukupit, joilla robotti voi tarttua kiinni vaatepussiin. Imukuppeja robottiin tulee kaksi kappaletta, ja ne yhdistetään toisiinsa putkella. Laitteeseen suunnitellut imukupit ovat halkaisijaltaan 150 mm ja materiaaliltaan ne ovat kumia. Tällaiset tasoimukupit löytyvät Norgrenin verkkokaupasta. Oheinen kuva 8 on vastaavanlaisesta 40 mm:n imukupista.



KUVA 8. Tasoimukuppi (6)

Vaatepussin painaessa vain 1,6 kg imukupeiksi riittäisivät nostokyvyltään ja mitoiltaan pienemmätkin imukupit. Tässä tapauksessa imukupeilla halutaan kuitenkin ottaa pussista mahdollisimman laajalta alalta kiinni, jotta pussi ei menettäisi muotoaan nostettaessa.

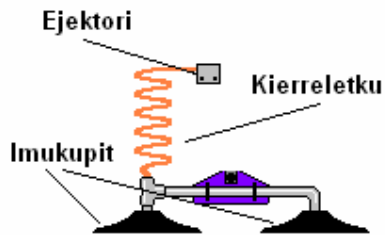
Tarttujan lopulliseen nostokykyyn vaikuttaa imukuppeihin syötettävän alipaineen voimakkuus. Alipaine imukuppeihin muodostuu kuvan 9 kaltaisella ejektorilla tavallisesta paineilmasta.



KUVA 9. Pneumaattinen ejektor (7)

Ejektorin toiminta perustuu ohivirtaavan paineilman synnyttämään alipaineeseen. Paineilma virtaa kapenevassa putkessa ejektorin sisällä, jolloin virtausnopeuden kasvaminen aiheuttaa alipaineen putken kyljessä olevaan liitokseen. Alipaineen määrää voidaan muuttaa säätämällä ejektorille tulevaa painetta.

Imukuppien välillä olevaan putkeen alipaine johdetaan muovista kierreletkua pitkin ejektorilta. Kierreletku mahdollistaa tarttujan laskeutumisen vaatepinon päälle niin, että paineyhteydet eivät vaurioidu käytön aikana. Paineilmasylinteriä varten imukuppien väliseen putkeen tulee kiinnike. Imukuppien on tarkoitus päästä hieman keinumaan sylinterin päässä, jotta hieman kallellaankin oleva vaatepussi tarttuu kiinni molempiin imukuppeihin. Alla olevasta kuvasta 10 näkee periaatteen, miten tarttujan osat liittyvät toisiinsa kiinni.



KUVA 10. Pneumaattinen tarttuja

5.3 Logiikan ohjelmointi

Tässä luvussa on esitelty tarkka suunnitelma siitä, miten logiikkaohjelma olisi parasta tehdä, kun logiikka on hankittu ja ohjelman tekeminen tulee ajankohtaiseksi. Varsinaista logiikkaohjelmaa ei siis tämän suunnittelutyön puitteissa tehty, koska laitteistojen hankinta varastoon ei ole ihan vielä ajankohtainen asia.

Tilauksen saavuttua tietokoneelle siitä erotellaan ohjelmallisesti tieto, missä haluttu vaatepussi sijaitsee. Logiikalle tämä tieto välittyy binäärikoodattuna viestinä, jotta logiikan sisääntuloja ei tarvittaisi niin monta. Logiikassa tieto

muutetaan kahdeksi lukuarvoksi, jotka määrittelevät vaatepussin sijainnin pitkittäis- ja poikittaissuunnassa.

Neljän binäärisen sisääntulon avulla saadaan koodattua 15 eri tulosta, joten neljä binäärituloa pitkittäis-suunnassa kattaa yhden vaatemallin miesten ja naisten kaikki vaatekoot. Poikittais-suuntaan on myös varattuna 15 paikkaa, mikä tarkoittaa viidentoista vaatemallin sijoittamista varastoon ennen logiikan laajennusta.

Logiikassa molempien siirtosuuntien binäärikoodit muutetaan lukuarvoiksi. Molemmille moottoreiden ohjauksille on omat laskurit, jotka pitkittäis- ja poikittaiskytkimien antamien pulssien avulla laskevat esimääritetyn sijainnin lukuarvoon, ennen kuin pysäyttävät moottorinsa. M1-moottori siirtää robottia kiskolla, joka on poikittaissuunnassa. M2-moottori siirtää poikittaissuuntaista kiskoa pitkittäiskiskojen päällä. Moottoreiden suunnanvaihto tapahtuu yhdellä ohjauksella (Q10.7).

Mikäli toinen kiskon haittoja laskevista kytkimistä vioittuu tai robotti on muusta syystä menossa yli rajojen, logiikka menee häiriötilaan, jossa häiriövaloa lukuun ottamatta kaikki lähdöt pysähtyvät. Tätä varten kiskojen päissä on rinnan kytketyt avautuvalla koskettimella varustetut rajakytkimet, joiden sisääntulo on kohdassa I0.8. Ennen häiriön kuittaamista täytyy häiriön aiheuttaja selvittää, korjata mahdollinen vika ja ohjata robotti takaisin alkutilaan. Tämä häiriötila on tehty suojaamaan laitteistoa suuremmilta vioilta. Luvussa 5.4 on käsitelty käyttäjän turvallisuuteen liittyvää häiriötilannetta. Taulukossa 1 on listattu kaikki logiikan tulot ja lähdöt.

TAULUKKO 1. Logiikan tulot ja lähdöt

Input	Name	Output	Name
I0.00	Stop	Q10.0	Stop-valo
I0.01	Häiriön_kuittaus	Q10.1	Run-valo
I0.02	Pitkittäiskytkin	Q10.2	Häiriö-valo
I0.03	Poikittaisytkin	Q10.3	M1 Pitkittäiskiskon moottori
I0.04	Sylinterin yläraja	Q10.4	M2 Poikittaiskiskon moottori
I0.05	Sylinterin alaraja	Q10.5	Ejektorin magneettiventtiili
I0.06	Luiskatunnistin	Q10.6	Sylinterin magneettiventtiili
I0.07	Häiriökytkin	Q10.7	Moottoreiden suunnanvaihto (SV)
I0.08	Häiriörajakytkin	Q11.0	-
I0.09	Pitkittäisbinääri 1	Q11.1	-
I0.10	Pitkittäisbinääri 2	Q11.2	-
I0.11	Pitkittäisbinääri 4	Q11.3	-
I1.00	Pitkittäisbinääri 8		
I1.01	Poikittaisbinääri 1		
I1.02	Poikittaisbinääri 2		
I1.03	Poikittaisbinääri 4		
I1.04	Poikittaisbinääri 8		
I1.05	-		

Logiikan ohjelma tehtiin sekvenssimalliseksi, jotta uusi haku ei voi alkaa ennen kuin vanhan haku on saatu päätökseen. Sekvenssimallinen ohjelma tarkoittaa sitä, että yksi vaihe tapahtuu kerrallaan. Jokainen vaihe tarvitsee anturilta tiedon siirtyäkseen seuraavaan vaiheeseen, jolloin myös edellinen vaihe pysähtyy.

Asemoinnin nopeuttamiseksi robotin pitkittäis- ja poikittaissuuntaiset liikkeet tapahtuvat samanaikaisesti. Tämä nopeuttaa huomattavasti robotin aseointia, ja näin siitä ei aiheudu prosessiin niin sanottua pullonkaulaa. Ohjelmassa tämä tapahtuu niin, että sekvenssin ensimmäiset askeleet (STEP 1 ja STEP 2) käynnistyvät samanaikaisesti, mutta pysähtyvät, kun kisko on saavuttanut sijaintinsa. Kun molemmat sekvenssit ovat pysähtyneet, käynnistyy seuraava askel.

Seuraavassa askeleessa ejektori tekee alipaineen imukuppeihin ja sylinteri laskeutuu paineella alas. Askeleen pysäyttää sylinterin alarajakytkin, joka on sijoitettuna sylinterin kylkeen.

Askeleessa 4 vain ejektorin lähtö on aktiivisena, sillä sylinteri palautuu takaisin ylös jousivoimalla. Seuraavat askeleet 5 ja 6 ovat toiminnaltaan hyvin samankaltaiset kuin askeleet 1 ja 2, mutta niiden tehtävä on saattaa robotti takaisin kotipaikkaansa. Askeleet käynnistyvät sylinterin saavuttua ylärajalle. Askeleissa molemmat moottorit pyörivät, moottoreiden suunnanvaihto on aktiivisena ja ejektorin pitää alipainetta imukupeissa.

Viimeisessä, kuorman tyhjennys -vaiheessa, kaikki lähdöt kytkeytyvät pois päältä ja vaatepussi siirtyy painovoimaisesti luiskalle. Luiskassa on anturi, joka kuittaa logiikalle, että toimitus on tullut perille ja uusi haku voi alkaa. Mikäli luiska-anturi ei havaitse pussia, syntyy häiriötilanne, ja näin robotti ei jatka hakuja ennen häiriön kuittausta. Muutoin välille jäänyt vaatepussi jäisi toimittamatta ja se sotkisi myös seuraavien tilausten postiosoitteet. Seuraavassa taulukossa 2 näkyy logiikan askelkaavio.

TAULUKKO 2. Logiikan askelkaavio

	Käynnistysehto	Toiminto	Lähdöt
STEP 1	"Start"	Robotin siirto -askel	M1
STEP 2	"Start"	Poikittais-siirto	M2
STEP 3	"Sijainti valmis"	Imu ja sylinterin siirto	Ejektori, Sylinteri
STEP 4	"Sylinterin alaraja"	Sylinterin nosto	Ejektori
STEP 5	"Sylinterin yläraja"	Robotin siirto kotiin	M1, SV, Ejektori
STEP 6	"Sylinterin yläraja"	Poikittais-siirto kotiin	M2, SV, Ejektori
STEP 7	"Sijainti valmis"	Kuorman tyhjennys	-
STEP 8	"Luiska-anturi"	Valmis	-

5.4 Turvallisuusnäkökohdat

Turvallisuuteen liittyvä ohjelmointi toteutetaan samalla logiikalla robotin kanssa, eikä erityistä turvalogiikkaa hankita. Robotin liikkuessa pääsy hyllyjen väliin estetään aidalla. Aitaan tulee ovi, jonka avaaminen pysäyttää robotin, ja näin ei aiheudu vaaratilannetta. Hallissa on myös hätä-seis-painikkeet kytkettynä sarjaan aidan oven kytkimen kanssa.

Logiikalle tieto tulee sisääntulosta I0.7. Alueelta poistuttaessa ja oven sulkeuduttua häiriö kuitataan napista aidan ulkopuolelta. Logiikkaohjelman jokaisen sekvenssin lähtöön liitetään AND-piirillä käynnistysehto, ettei lähtö voi olla aktiivinen häiriön ollessa päällä. Näin häiriön poistuttua robotti jatkaa sekvenssiä siitä, mihin on jäänyt.

6 PÄÄTELMÄT

Kun varaston automaatio suunnittelusta sovittiin tilaajan kanssa, sain melko vapaat kädet varaston suunnitteluun. Lähtökohtana oli kuitenkin se, ettei tilauksia vastaanottavan työntekijän tarvitsisi lähteä etsimään pakettia varaston puolelta.

Suunnittelun alkuvaiheessa oli jo selvää, että varastoon tulee yksi robotti ja sitä ohjataan logiikalla. Tulevaisuudessa, jos robotti alkaa toimia ongelmitta, voidaan logistiikka hoitaa täysin automaattisesti, jolloin varasto ei vaadi jatkuvaa valvontaa. Silloin kuitenkin tarvitaan joku täyttämään hyllyjä ja valvomaan laitteiston toimintaa sopivin väliajoin.

Suunnittelun edetessä alkoi kovasti kiinnostaa työn kaltaisen robotin fyysinen rakentaminen. Negatiivisena puolena työssä olikin, että mitään konkreettista ei voinut tehdä, vaan kaikki työ oli tietokoneella kirjoittelua. Varaston automatiikkaa suunnitellessa ja laitevalintoja tehdessä opin kyllä paljon siitä, mitä seikkoja robottia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon. Uskon tästä olevan paljon hyötyä, mikäli joskus olen mukana tämänkaltaisessa yritystoiminnassa.

Raporttiin oli suunnitelmissa tehdä kustannuslaskelmat varastoon tehtävien muutosten osalta. Kaikkien kustannusten laskeminen osoittautui kuitenkin lähes mahdottomaksi, sillä tarvittavien metallilevyjen, palkkien ja kaapeleiden määrä oli vaikea arvioida kovin tarkasti.

Alkuperäisen tavoitteen mukaan työn oli määrä valmistua elokuun 2010 loppuun mennessä. Aikataulu osoittautui kuitenkin liian optimistiseksi, sillä kesän aikana työtä oli huomattavasti vaikeampi tehdä jo työkiireidenkin vuoksi. Tilaajalle viivästyksestä ei kuitenkaan ollut haittaa, joten työn viimeistely jätettiin suosiolla syksylle. Lisäksi kesän aikana työn loppuun saattaminen oli-

si ollut lähes mahdotonta, sillä sisällönohjaajan kanssa ei ollut mahdollista käydä läpi tuotettua tekstiä ennen kuin vasta elokuun lopulla.

Seuraavissa luvuissa on kerrottu vielä vaihtoehtoisista ratkaisuista robotin liikkumiseen varastossa, tavarahyllyjen tekniikkaan ja pneumaattiseen toteutukseen liittyen. Osa ideoista olisi ollut sopivia jossakin toisessa yhteydessä, mutta ideat hylättiin tämän projektin osalta useimmiten kustannussyistä.

6.1 Robotin liikkuminen varastossa

Alun perin ajatuksena oli, että robotti liikkuisi lattiatasolla. Tällöin robotin fyysinen koko olisi kasvanut liian isoksi ja vaatepinon korkuinen robotti olisi tullut vaikeaksi hallita. Lisäksi olisi tarvittu enemmän antureita ohjailemaan robottia oikeaan paikkaan.

Seuraava idea oli nostaa robotti kulkemaan hyllyjen yläosiin kiinnitettyjä kiskoja pitkin. Idea olisi ollut toimiva, jos joka rivillä olisi oma robottinsa, ettei kiskojen tarvitsisi tehdä mutkia. Tämän mittakaavan varastossa vaan ei useammalle robotille ole tarvetta todennäköisesti koskaan.

6.2 Tavarahyllyjen tekniikka

Ensimmäinen idea oli tehdä tavarahyllystä alapuolelta tyhjennettävä. Suunnitelman mukaan alimmainen pussi olisi vedetty pinon alta hyllyn kyljessä olevasta aukosta. Idea kuitenkin todettiin epävarmaksi, sillä joskus pukuja saattaisi tulla kaksi kerralla tai vedettävä pussi voisi vahingossa kääntää toiseksi alimmaisen pussin ryttyyn.

Pitkällisen pohdinnan jälkeen päädyttiin tyhjentämään pinoa ylimmästä pussista alkaen. Tällöin ongelmaksi tuli kuitenkin se, miten ylin pussi saadaan pysymään samalla korkeudella riippumatta pinossa olevien vaateiden määrästä. Robotin täytyy siis saada kiinni ylimmäisestä pussista, olipa pinossa takkeja minkä verran tahansa.

Moottorilla pinon nostaminen olisi tuonut kustannuksia turhan paljon, joten vaatepino päädyttiin sijoittamaan jousen varaan. Tällöin pinon päällimmäinen vaatepussi pysyy lähestulkoon samalla korkeudella.

6.3 Pneumaattinen toteutus

Aluksi ideana oli toteuttaa koko robotin pneumatiikka alipaineella toimivaksi. Idea kuitenkin kariutui selvitettyäni paineilmasylintereiden teknisiä tietoja. Paineella toimivat sylinterit eivät olisi kovin pitkäkestoisia toimiessaan alipaineella. Lisäksi alipaineelle suunniteltuja sylintereitä ei ole helposti saatavissa.

Alipainetta tuottavan kompressorin hankinta osoittautui myös lähes mahdottomaksi. Halvin ja helpoin ratkaisu oli käyttää ejektoria vain siellä, missä alipainetta tarvittaisiin.

LÄHTEET

1. Nurkkala, Klaus 2010. Toimitusjohtaja, Cornier Oy. Haastattelu 11.2.2010.
2. Aarnio, Mika 2010. Koneautomaatioinsinööri, Sähkö-Rantek Oy. Haastattelu 28.2.2010.
3. Keinänen, Toimi – Kärkkäinen, Pentti – Metso, Tommi – Putkonen, Kari 2000. Logiikat ja ohjausjärjestelmät, koneautomaatio 2. Vantaa: WSOY.
4. CPM1A CPU-yksiköt. 2010. Omron Electronics Oy. Saatavissa: http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cpm1a/cpu_units/default.html#productinfo11 Hakupäivä 15.10.2010
5. Partcon AVR Relekortti. 2010. Partco Oy. Saatavissa: <http://www.partco.fi/raksarjat/avrrelekortti/>. Hakupäivä: 12.10.2010.
6. Tasoimukuppi 150 mm. 2010. IMI Norgren Oy. Saatavissa: <http://store.norgren.com/resources/sku/CompactViewFI/0000002001/2574.jpg>. Hakupäivä 29.6.2010.
7. Yksivaihe-ejektori 55 NI/min. 2010. IMI Norgren Oy. Saatavissa: <http://store.norgren.com/resources/sku/CompactViewFI/0000002001/2573.jpg>. Hakupäivä 29.6.2010.

