

WENKURA

CNC-leikkurin suunnittelu ja toteutus

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Suunnittelupainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Jyrki Nissinen

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

NISSINEN JYRKI:

Wenkura
CNC-leikkurin suunnittelu ja toteutus

Mekatroniikan opinnäytetyö, 53 sivua, 13 liitesivua

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön ja siihen kiinteästi liittyneiden kahden yritysprojektin tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa CNC-leikkuri mainosalan tarpeita varten Yes Neon Oy:lle. Leikkuri suunniteltiin tehostamaan yrityksen nykyistä tuotantoa, sekä mahdollistamaan uusien tuotekonseptien valmistaminen tehokkaalla tavalla. Se oli suunniteltava juuri yrityksen tarpeita varten niin, että sen kehittäminen myöhemmin löydettäviä sovelluksia varten olisi mahdollista. Leikkurin työalan tuli olla vähintään 2100 mm x 3600 mm ja sillä piti pystyä jyrsimään ja leikkaamaan irti mainonnassa käytettyjä levyjä muovimateriaaleja ja niiden yhdistelmiä. Lisäksi sen tuli kyetä leikkaamaan veitsimäisellä terällä ohutkalvoja, kuten teippejä. Leikkurin käytön tuli olla helppoa ja joustavaa niin, että esimerkiksi erillistä radoitusvaihetta ei tarvittaisi. Toteutettavat geometriat tuli voida siirtää sellaisinaan yrityksen käytössä olevista suunnitteluohjelmista leikkurille ja sen oli pystyttävä seuraamaan muotoja siten, että terän liike ei pysähtyisi.

Leikkurin ohjaus päätettiin toteuttaa pc-tietokoneeseen kytkettävällä liikkeenohjauskortilla, jolloin käyttöliittymä ja liikkeenohjaus pystyttiin integroimaan yhdeksi reaaliajassa toimivaksi kokonaisuudeksi. Tällä ratkaisulla saavutettiin käytön joustavuudelle asetetut vaatimukset. Servokäyttöinen ja hammashihnavetoinen mekaniikka rakennettiin alumiiniprofiileista käyttämällä mekaanisia liitostapoja, jotta koneesta saatiin mittatarkka, kevyt ja jäykkä. Johdejärjestelmä valmistettiin itse, lukuun ottamatta z-liikkeen lyhyttä, kuularuuvikäyttöistä lineaariyksikköä.

Wenkura – nimen saanut leikkuri on osoittautunut testikäytössä toimivaksi ja se on täyttänyt sille asetetut vaatimukset hyvin. Ulkoisesti kone muistuttaa monia muita porttaalityyppistä jyrsinkonetta, mutta sen suurin idea onkin ohjauksen toteutustapa ja sillä saavutettu käytön helppous ja joustavuus. Laitteen rakennuskustannukset pysyivät pieninä ja sen ylläpitokulut, kuten huollot ja ohjelmistopäivitykset tulevat olemaan vain murto-osa siitä, mitä ne olisivat olleet valmiina hankituissa leikkureissa. Lisäksi Wenkuraan on toteutettu ominaisuuksia, joita ei olisi ollut mistään saatavilla valmiina.

Avainsanat: teollisuusautomaatio, mekatroniikka, CNC-ohjaus, NC-ohjaus, CNC-leikkuri

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

NISSINEN JYRKI:

Wenkura
Design and implementation of
CNC cutter

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 53 pages, 13 appendices

Spring 2011

ABSTRACT

The objective of the study was to design and produce a CNC cutter to Yes Neon Ltd, which operates in the field of advertising. The cutter was designed to enhance the current production of the company, as well as to enable the manufacturing of new product concepts in an efficient manner. It was designed to fulfil specially the needs of the company to enable the development of future applications. The working area of the cutter had to be at least 2100 mm x 3600 mm and it was expected to be able to mill and cut out pieces from plastic plates and other material combinations used in advertising. In addition, it had to be able to cut thin films, such as vinyl tapes using a knife. The use of the cutter had to be easy and flexible, so that for example making cutter paths would not be necessary. The produced geometries were expected to be able to transfer to the cutter straight from the design programs that were used in the company. The cutter should be able to follow the contours smoothly without any additional stops.

The control of the cutter was decided to implement into a motion control card connected to a personal computer. This way the user interface and the motion control were able to integrate into a single, real-time functional entity. With this solution it was possible to achieve the requirements for a flexible operation. The servo- and timing belt-driven machine structure was constructed of aluminium profiles using mechanical connection methods. Therefore the construction is precise, lightweight and rigid. Linear guides were made during the project, except the ball-screw driven linear unit of the z-motion.

The cutter, called Wenkura, has proven to be well-functioning during the test operations. It fulfilled also its requirements well. Externally the machine looks like any portal-type milling machine. Its greatest idea is the control method that enabled the way to achieve a user-friendly and flexible human-machine-interface. The costs of Wenkura remained low, and the operating costs, such as maintenance and software updates, will be only a fraction of typical commercial solutions. In addition, Wenkura has features, which are not available anywhere else.

Keywords: industrial automation, mechatronics, CNC control, NC control, CNC router, CNC cutter

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Työn sijoittuminen mainosalalle	1
1.2	Tarve suurelle tasoleikkurille	2
1.3	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet	3
1.4	Ideasta tuotteeksi	3
2	YES NEON OY	6
3	NC- / CNC-OHJATUT TYÖSTÖKONEET	7
3.1	Historiaa	7
3.2	Käyttökohteet	8
3.3	Hyödyt	8
3.4	Haittapuolet	9
3.5	Tulevaisuus	9
4	CNC-KONEIDEN PERUSKOMPONENTIT	10
4.1	Servojärjestelmä	10
4.1.1	Servomoottori	11
4.1.2	Servovahvistin	11
4.1.3	Anturi	12
4.1.4	Ohjaus	12
4.2	Askelmoottori	13
4.3	Lähestymiskytkin	14
4.4	Vaihde	14
4.5	Kytkin	15
4.6	Lineaarivaihde	16
4.6.1	Kuularuuvi	16
4.6.2	Rullaruuvi	17
4.6.3	Hammashihna	18
4.6.4	Hammastanko	19

4.7	Johdejärjestelmä	19
4.7.1	Profiilijohde	20
4.7.2	Pyöröjohde	21
4.7.3	Juoksurullajohde	22
4.7.4	Lineaariyksikkö	23
5	WENKURAN TAVOITTEIDEN MÄÄRITTELY	24
5.1	Toiminta	24
5.2	Ohjaus	24
5.3	Mekaniikka	25
6	WENKURAN OHJAUSKESKUS JA SEN KOMONENTTIVALINNAT	26
6.1	Turvallisuusnäkökohdat	26
6.2	Servopaketti	28
6.3	Liikkeenohjauskortti	28
6.4	Optoerottimet	29
6.5	Turvareleet	30
6.6	Ohjauskeskuksen kotelo	30
6.7	Läpiviennit	31
7	WENKURAN MEKAANINEN RAKENNE JA KOMONENTTIVALINNAT	32
7.1	Servomoottorit	32
7.2	Kierukkavaihteet	33
7.3	Sakarakytkimet	34
7.4	Hammashihnat ja -pyörät	34
7.5	Hihnankiristimet	35
7.6	Z-akselin lineaariyksikkö	35
7.7	Hätä-seis painikkeet	36
7.8	Induktiiviset lähestymiskytkimet	36
7.9	Mekaaniset rajakytkimet	37
7.10	Päätyvaimentimet	37
7.11	Johteet ja juoksurullat	38
7.12	Alumiiniprofiilit ja liitokset	39
7.13	Kaapelointi	39

8	WENKURAN KÄYTTÖLIITTYMÄ JA OHJAUSOHJELMA	40
9	WENKURAN TOIMINTA	42
9.1	Toimintatilat	42
9.1.1	Leikkaustila	42
9.1.2	Jyrsintätila	42
9.2	Turvatoiminnot	43
9.2.1	Hätäpysäytys	44
9.2.2	Asema hukataan	44
9.2.3	Turvalopuomi	45
9.2.4	Turvalopuomin ohitus	45
9.2.5	Huomiovilkut	45
9.3	Referenssin haku	46
10	WENKURAN TUOTEMERKKI	47
11	YHTEENVETO	49
	LÄHTEET	54
	LIITTEET	58

SANASTO

CAD	Computer aided design, tietokoneavusteinen suunnittelu.
CE-merkintä	EU:n alueella käyttöön saatettujen koneiden merkintä, jolla vakuutetaan koneen täyttävän sille asetetut turvallisuusmääräykset.
CNC	Computerized numerical control, työstökoneen tietokoneohjaus.
DOS (MS-DOS)	Microsoft Disk Operating System, vuonna 1981 julkaistu tekstipohjaisella käyttöliittymällä varustettu käyttöjärjestelmä.
HF	High frequency, korkeataajuinen (häiriö).
Imupöytä	Kiinnitystaso, johon yleensä levymäisen työkappaleen kiinnitysminen, saadaan aikaan alipaineen avulla.
Interpolointi	Menetelmä, jonka avulla työstökone tuottaa esimerkiksi lineaarisen, ympyränkaarenmuotoisen tai parabolisen liikkeradan annettujen tukipisteiden kautta.
IP-luokka	Sähkölaitteiden tiivyydestä kertova luokitusjärjestelmä.
Kaksiteräsaha	Yleensä pitkien kappaleiden katkaisuun käytetty kaksiteräinen saha, jolla saadaan tuotettua erittäin tasalaatuisia kappaleita.

Kuumalankaleikkuri	Vaahromaisten muovimateriaalien leikkaamiseen käytetty laite, jonka leikkaavana elementtinä on kuuma vastuslanka.
NC	Numerical control, numeerinen ohjaus.
PCI-paikka	Peripheral component interconnect, tietokoneen väylä, johon voidaan liittää lisälaitteita.
plt	HP-GL, Hewlett Packard graphics language – tiedostomuodon päätte. Se on kehitetty piirturitiedostoja varten.
POM	Polyasetaaali, erittäin monipuolisesti eri tarkoituksiin soveltuva tekninen muovi.
ppr	Pulses per round, pulssia kierroksella.
Resolveri	Kulman mittaamiseen käytetty analoginen anturi..
rpm	Rounds per minute, kierrosta minuutissa.
TTL	Transistor-transistor logic, elektroniikan komponenteista muodostuva logiikkapiiriperhe, jonka käyttöjännite on +5 VDC.
VisualBasic	Microsoft:n kehittämä graafinen, oliopohjainen ohjelmointiympäristö.

1 JOHDANTO

1.1 Työn sijoittuminen mainosalalle

Mainonnan suunnittelu tehdään tänä päivänä lähes kaikilta osin tietokoneavusteisesti. Myös suunnittelun tuotokset ovat poikkeuksetta digitaalisessa muodossa. Tiedostot ovat helposti siirrettävissä eri medioilla, ja ne kiitävät tietoavaruudessa maapallon puolelta toiselle kellosta piittaamatta. Järkevää onkin, että suunnitelmat ovat sähköisessä muodossa niin kauan, kun ne tavalla tai toisella työstetään näkyvään, lopulliseen muotoon. Eräs ratkaisu tällaiseen työstämiseen ovat mainostoi-
mistoissa yleisesti käytetyt teippileikkurit. Leikkureiden rinnalle on kehitetty myös teippitulostimia mahdollistamaan valokuvamaisen grafiikan valmistamisen. Niin teippileikkurit kuin -tulostimetkin sisältävät joukon ongelmia käytön, kustannusten ja teippien asennusten osalta. Hankalin työvaihe niissä on suurien teippien tai teippisarjojen siirtäminen pintamateriaalille. Moni laitevalmistaja on lähtenyt hakemaan ratkaisua tähän kehittämällä suuria, suoraan erilaisille pintamateriaaleille tulostavia koneita. Uusiksi ongelmiksi näissä ovat kuitenkin tulleet korkeat hankintakustannukset ja taloudellinen sitoutuminen toimittajiin ohjelmiston päivitysten ja laitteiston ylläpidon osalta.



KUVIO 1. Suoraan pintamateriaalille tulostava tulostin, työala 2m x 3m. (Grapo 2011)

1.2 Tarve suurelle tasoleikkurille

Yes Neon Oy on pitkään valomainos-alalla toiminut yritys, joka on käyttänyt tuotannossaan teippileikkureita ja erilaisia tulostusratkaisuja. Nykyisten menetelmien ongelmat, alan kova kilpailu sekä yhä vaativammiksi käyneet tuoteratkaisut ovat synnyttäneet tarpeen suurehkolle tasoleikkurille. Tasoleikkurin avulla olisi mahdollista jyrsiä ja irtileikata alalla käytettyjä levymäisiä muovimateriaaleja ja niiden yhdistelmiä. Lisäksi leikkurilla voitaisiin leikata ohutkalvoja, kuten teippejä, veitsimäisen terän avulla suoraan pintamateriaalin päällä. Yrityksellä on hyviä kokemuksia vastaavan tekniikan soveltamisesta tuotannossaan, sillä se on ollut jo aiemmin mukana kehittämässä samantyyppistä laitetta. Asian pitkä kypsytysvaihe ja rohkaisevat aikaisemmat kokemukset ovat auttaneet löytämään monia mahdollisia sovel-
luskohteita tällaiselle laitteelle.



KUVIO 2. Ensimmäinen, vuonna 1997 Yes Neon Oy:n käyttöön hankittu teippi-leikkuri. (Summa, bvba. 2011)

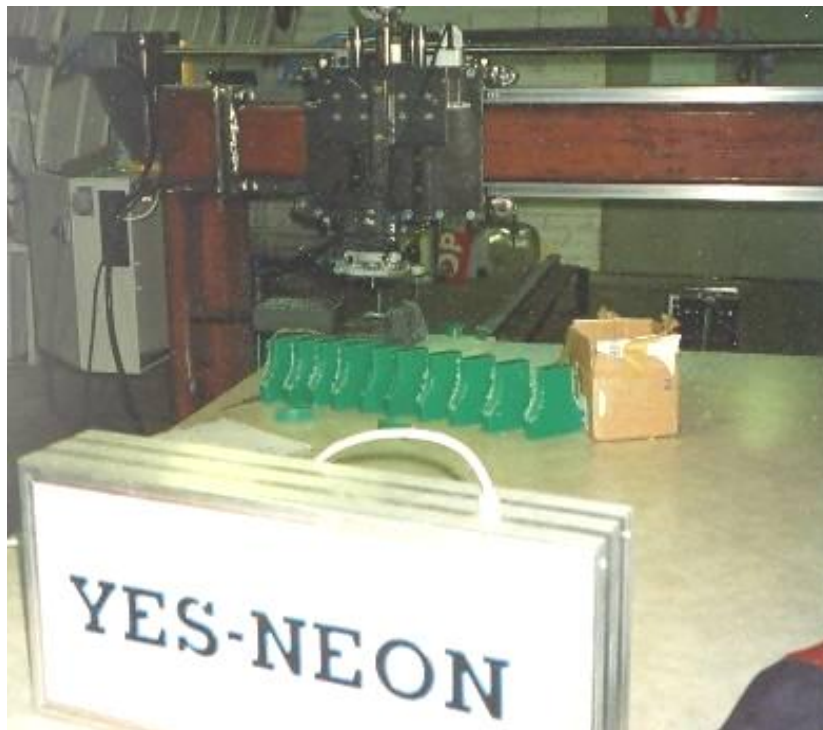
1.3 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on esitellä Yes Neon Oy:lle tehdyn tasoleikkurin suunnittelu- ja toteutusprosessi. Tasoleikkuri myös viimeisteltiin valmiiksi opinnäytetyön puitteissa. Työn laajuuden vuoksi siihen on käytetty lisäksi kahden opintoihin sisältyvän yritysprojektin resurssit. Tavoitteena oli leikkurin avulla tehostaa yrityksen nykyistä tuotantoa sekä mahdollistaa kokonaan uudet tuotekonseptit. Työn kirjallisessa osuudessa ei keskitytä niinkään kuvaamaan suunnittelu- ja valmistusprosessin yksityiskohtaista kulkua, vaan siinä ennemminkin esitellään prosessin aikana syntyneitä ratkaisuja. Uskon, että tällainen kuvaus on hyödyllinen niille koneensuunnittelijoille, jotka ovat samankaltaisten haasteiden edessä. Opinnäytetyössä kuvataan laitteen ohjauskeskuksen sekä mekaniikan sähköinen suunnittelu ja toteutus. Ohjausohjelmaa ja käyttöliittymää ei kuvata suunnittelun ja toteuttamisen osalta. Niistä mainitaan vain ne yksityiskohdat, jotka auttavat selventämään leikkurin sähköistä tai mekaanista toimintaa.

1.4 Ideasta tuotteeksi

Opinnäytetyönä esiteltävää leikkuria on edeltänyt aikaisempi versio, jota Yes Neon Oy on ollut valmistamassa vuonna 1997. Leikkuri on toteutettu yhteistyönä erään metallialan yrityksen kanssa. Toteutus lähti käyntiin lähes sattumalta, kun tämän työn tekijä askelmoottorikäyttöistä innostuneena esitteli tekemäänsä, erittäin yksinkertaista sovellusta. Siinä askelmoottoreilla seurattiin tietokoneella aikaansaatu geometriaa. Innostus tarttui myös paikalla olleisiin, eikä mennyt kauaa, kun leikkuri olikin jo testausvaiheessa. Leikkuri oli porttaalityyppinen, tietokoneella ohjattu laite, jonka tangentin suuntaan ohjatulla veitsellä pystyttiin leikkaamaan ohuita teippejä ja kalvoja. Lisäksi karaan kiinnitetyllä pyörivällä terällä voitiin leikata irti kappaleita paksummista levy materiaaleista. Liikkeet toteutettiin kuularuuveilla ja askelmoottoreilla ja ohjauksesta vastasi pc-tietokone. Porttaali oli kiinteä, ja pöytä vaati liikkuaan huomattavan tilan. Kone soveltui erittäin hyvin mainosalan erilaisiin leikkaus- ja jyräntätöihin, vaikka se oli melko hidas ja käyttöliittymältään kömpelö. Aluksi laite oli sähköisesti äärettömän yksinkertainen. Askelpulssiohjaus

kiihdytys- ja jarrutusrampeineen oli toteutettu tietokoneen äänikortilla. Ohjausohjelma toimi Dos-ympäristössä, jolla saavutettiin riittävä ohjelmallinen toimintanopeus. Moottoreiden vahvistimina toimivat yksinkertaiset kytkintyyppiset tehoohjaimet. Ongelmiksi muodostuivat askelmoottoreiden resonanssitaajuudet, joiden eliminoinemiseksi piti hankkia mikroaskeltavat ohjaimet. Tämä pakotti siirtymään äänigeneraattorin osalta korvin kuultavan taajuusalueen yläpuolelle. Näin oli hankittava myös erillinen askelmoottoreiden ohjainkortti, joka tuotti liikkeiden tarvitsemat liikeprofiilit itsenäisesti ja riittävällä taajuudella.



KUVIO 3. Aikaisempi kone vuodelta 1997 ja sillä tehtyjä tuotteita.

Kun erilaisten yrityskuvioiden kautta leikkurin ja Yes Neon Oy:n tiet erosivat, jäi ajatus uuden, paremman leikkurin rakentamisesta vuosiksi itämään. Ei siis ole sattumaa, että nyt esiteltävän uuden leikkurin ohjaukseen on valittu jälleen askelpulsiohjaus, vaikka ohjattavat moottorit ovatkin servoja. Suuri merkitys projektin synnylle ovat olleet hyvät kokemukset aikaisemmasta leikkurista sekä Yes Neon Oy:n toimitusjohtaja Jukka Nissisen ja tämän työn tekijän yleinen kiinnostus kaikkea tuotannossa hyödynnettävää tekniikkaa kohtaan. Vauhdittajina ovat toimineet myös monet leppoiset ideariihet saunan kipakoissa löylyissä. Tuomaala (1995, 127) esittääkin, että ”vilkas ja kaikkeen valmis mielikuvitus on kuitenkin ominaisuus, jota koneensuunnittelijan kohdalla tuskin voidaan millään korvata”. Samoista lähtökohdista leikkurille syntyi myös Wenkura - nimi, joka työn aikana on laajentunut tuotemerkiksi.

2 YES NEON OY

Yes Neon Oy on Nastolan Immilässä sijaitseva valomainosalan yritys, jonka toimiala kattaa melko laajasti mainonnan ja opastamisen. Yes Neon Oy on toiminut alalla vuodesta 1989 ja vuodesta 1993 nykyisellä yhtiömuodolla. Yrittäjänä ja toimitusjohtajana toimivan Jukka Nissisen kokemus alalta ulottuu vieläkin kauemmaksi, aina 1980-luvun alkupuolelle saakka. Yrityksen tuotanto koostuu pääasiassa erilaisista pienistä alumiinirakenteista ja valokalusteista kauppojen ja kauppaketjujen tarpeisiin. Tuotteiden osa-alueita ovat alumiiniset runko- ja kotelarakenteet, sähköistykset ja valosuunnittelu sekä erilaiset etupinta- ja teippausratkaisut. Yhtiön erityispiirteinä voidaan pitää erittäin pitkiä asiakassuhteita ja voimakasta osallistumista palvelemaan avainasiakkaiden toimintoja aina ideoinnin ja tuotekehityksen kautta tuotantoon asti. Yes Neon Oy on saavuttanut vahvan jalansijan alallaan, ja se tunnetaan laajasti luotettavana yhteistyökumppanina. (Nissinen 2011.)

Yhtiön tuotantotilana toimii pinta-alaltaan noin 100 m²:n rakennus, joka sijaitsee yrittäjän pihapiirissä. Pienet tilat aiheuttavat paljon logistisia järjestelyjä ja suunnittelun tarvetta tuotannon eri vaiheissa. Raaka-aineiden hankinta, varastointi, puolivalmisteiden varastointi, alihankinnat ja valmiiden tuotteiden toimitukset vaativat jatkuvasti tarkkaa ajoitusta ja sopivia toimenpiteitä, jotta koko ketju toimisi sujuvasti.

Yes Neon Oy:n asiakaskunnan perustan muodostavat suurimmaksi osaksi toiset yritykset, jotka ovat keskittyneet palvelemaan päivittäistavarakauppaa erilaisilla opastus-, esillepano- ja kalustetuotteilla. Asiakaskuntaan kuuluu myös joukko muunlaisia yrityksiä ja loppukäyttäjiä, jotka hakevat joko itselleen tai asiakkailleen lisäarvoa laadukkailla valo-opastusratkaisuilla.

3 NC- / CNC-OHJATUT TYÖSTÖKONEET

NC-ohjaus tarkoitti numeerisen ohjauksen alkuaikoina työstökoneen numeerista ohjausta, jossa ei ollut omaa ohjelmamuistia tai tietokonetta. Tällainen ohjaus toimi yleensä lukemalla jatkuvasti reikä nauhaa tai -korttia. CNC-ohjaus nimitystä alettiin käyttää ohjauksista, joissa oli oma muisti ja tietokone. Nykyisin puhutaan taas yleisesti NC-ohjauksesta, vaikka ohjaus sisältäisikin tietokoneen. Ainoastaan tapauksissa, joissa halutaan korostaa ohjaustietokoneen olemassaoloa, puhutaan CNC-ohjauksesta. (Pikkarainen 1999, 8.)

3.1 Historiaa

Alun perin lentokoneiden siipikaarien koneistukseen kehitettiin laitteita, jotka ymmärsivät yksinkertaista numeerista ohjausta, ja jotka pystyivät toimimaan pitkiä aikoja itsenäisesti. Suomen ja samalla koko Euroopan ensimmäinen NC-kone hankittiin 1962 Valmetin lentokonetehtaalle. Kone on Gidding & Lewis -merkkinen avarruskone. NC-tekniikan kehitys on seurannut yleistä tietotekniikan ja elektronikan kehitystä, ja siksi siinä on viime aikoina koettu rynnistys. Lähes kaikissa myytävissä työstökoneissa on numeerinen ohjaus. (Pikkarainen 1999, 13,15.) Tietokoneohjattujen työstökoneiden viimeiset, merkittävät kehitysvaiheet ovatkin koskeneet pelkästään niiden ohjausjärjestelmiä. Koneiden käyttö ja ohjelmointi on helpottunut samalla, kun niiden ominaisuudet ovat lisääntyneet. Samaan aikaan työstökoneiden mekaaniset rakenteet ovat pysyneet lähes ennallaan. (Vesämäki 2007, 9.)

3.2 Käyttökohteet

Numeerista ohjausta sovelletaan nykyisin lähes kaikkien ajateltavissa olevien työ- ja työstökoneiden liikeratojen ohjauksessa. Laajasti käsitettynä esimerkiksi teollisuusrobotit ja toisaalta tulostimet ovat NC-ohjattuja laitteita. NC-ohjaus on vakiinnuttanut asemansa varsinkin metalli-, muovi- ja puuteollisuudessa, ja siitä on tullut luonnollisena pidetty osa koko tuotantoketjua. (Pikkarainen 1999, 16 – 24.)

3.3 Hyödyt

Numeerisesti ohjatuista työstökoneista saadaan paras hyöty silloin, kun tuotettavat kappaleet ovat riittävän monimutkaisia. Sen lisäksi sarjojen tulee olla pienehköjä, mutta toistuvia. Työntekijöiden pitää puolestaan omata riittävä koulutus, jotta tekniikan hyödyt nousevat esiin. (Pikkarainen 1999, 15.)

NC-tekniikka alentaa palkkakustannuksia, koska ihmisen työ muuttuu enemmän operointiluonteiseksi, koneen tehdessä tehokkaasti varsinaiset työvaiheet. Henkilökunnan määrä vähenee, ja erityisammattihenkilökunnan tarve rajoittuu ainoastaan NC-koneistajiin. Hyvä seuraus tekniikasta on myös ihmisen tekemien työvaiheiden fyysisen kuormittavuuden väheneminen. Työkalukustannukset alenevat ja tuotteiden laatu paranee, kun kaikki työvaiheet toistuvat samanlaisina joka kerralla. Eri-työkalujen tarve pienenee, kun työstöradat voidaan toteuttaa tietokoneen ohjaamina. Esimerkiksi tietynkokoisella varsijyrsimellä voidaan toteuttaa kaikki erikokoiset reiät jyrsimen halkaisijasta ylöspäin. (Pikkarainen 1999, 10 – 12.)

3.4 Haittapuolet

Haittoina numeerisesti ohjatuissa työstökoneissa voidaan pitää korkeita hankinta- ja huoltokustannuksia. Lisäksi niiden normaali varustelu muodostaa merkittävän kustannuserän. Työkalun rikkoontuminen voi aiheuttaa suuria taloudellisia tappioita, joten koneen jatkuva valvonta on hoidettava jollakin tavalla. Hankaluudeksi voidaan katsoa myös, että työstettävälle aihioille on työvarojen suhteen asetettava tiukat rajat, jotta ne soveltuvat numeerisesti ohjattuun jatkokäsittelyyn. Inhimillinen haitta on se, että työntekijä erikoistuu liiaksi saman koneen käyttäjäksi, jos hänen työtehtävänsä pysyvät kauan muuttumattomina. (Pikkarainen 1999, 13.)

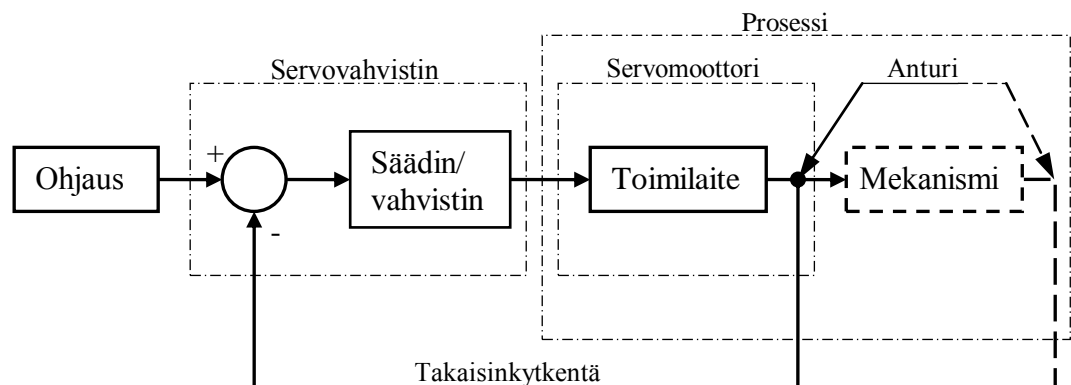
3.5 Tulevaisuus

Tulevaisuudessa yksittäinen numeerisesti ohjattu työstökone on integroitunut tiukasti osaksi suurempaa automaatiokokonaisuutta. Tällaiset kokonaisuudet voivat sisältää toiminnot aina tuotteen suunnittelusta toimitukseen asti. Ne pystyvät ketterästi vastaamaan tuotannon vaihtuviin tarpeisiin ja ovat tehokkaita logistiikaltaan ja tuottavuudeltaan. Tällainen kehitys tuo vaatimuksia yksittäisen koneen toimintojen ja liittymien yhdenmukaistamiseen ja standardointiin. Koneen itsestään keräämän informaation tarve tulee kasvamaan kunnonvalvonnan ja prosessin adaptiivisen ohjauksen vaatimuksista. Kerätty tieto käsitellään yhä useammin keskitetysti, ja sen pohjalta voidaan vaikuttaa koneen toimintaparametreihin työn keskeytymättä. Lisäksi yhä tärkeämmäksi tulevat koneen turvallisuus- ja ympäristönäkökohdat. (Ylén, Ventä, Tommila, Lappalainen, Hirvonen, Karhela, Paljakka, Lehtinen, Heilala, Peltonen, Malm, Valkonen & Voho 2010, 12, 17, 33–34, 37–44, 51–54, 68, 74–76, 80.)

4 CNC-KONEIDEN PERUSKOMPONENTIT

4.1 Servojärjestelmä

Kaikista oleellisinta servojärjestelmässä on, että ohjausarvon toteutuminen prosessissa varmistetaan takaisinkytkennän avulla. Tarkimmissa järjestelmissä takaisinkytkentöjä voi olla useita. (Fonselius, Rinkinen & Vilenius 1998, 7.) Servojärjestelmä on useimmiten sähköinen ja sen perusosat ovat vahvistin, toimilaite ja anturi (Airila 1993, 5/1). Kappaletavara tuotannon laitteissa ohjataan tyypillisesti servon asentoa, ja järjestelmän on pystyttävä toimimaan nopeasti ja tarkasti, vaikka kuormitusolosuhteet muuttuisivat (Niiranen 1999, 66).



KUVIO 4. Servojärjestelmä kaaviokuvana esitettynä, Fonseliuksen ym. (1998, 8-9) mukaan

4.1.1 Servomoottori

Servomoottorit muistuttavat rakenteeltaan tavallisia sähkömoottoreita, mutta niiden suunnittelun lähtökohtana ovat olleet korkea pyörimisliikkeen tarkkuus ja dynamiikka. Niiden pyörimisnopeusalue on laaja ja helposti säädettävä. Ne ovat myös nopeasti reagoivia pienen hitautensa ja sähköisten ominaisuuksiensa ansiosta. Sähköisten servomoottoreiden pääjako tehdään sen mukaan, toimivatko ne tasa- vai vaihtovirralla. Servomoottorin liikkeen takaisinkytkennän anturointi on tavallisesti rakennettu moottorin sisään, kiinteästi siihen kuuluvaksi osaksi. (Airila 1993, 5/1-2; Fonselius ym. 1998, 10.)



KUVIO 5. Servomoottoreita ja -vahvistimia (Aseko Oy 2011a)

4.1.2 Servovahvistin

Takaisinkytkennän ja ohjauksen antaman asetusarvon eroarvo muunnetaan servovahvistimessa moottorille meneväksi ohjausarvoksi. Kun eroarvo on nolla, toimilaitte on sille asetetussa arvossa, eikä ohjausta toimilaitteelle anneta. Pelkän vahvistuksen lisäksi vahvistimen säädinosa voi reagoida eroarvon ajalliseen käyttäytymiseen. Tällaisella reagoinnilla saadaan asetettavan suureen asettumista asetusarvon mukaiseksi nopeutettua. Eri servomoottorityypit tarvitsevat kukin omat vahvistintyyppin-

sä, mutta yhteinen ja yleinen tapa niissä kaikissa on säätää moottorin jännitettä ja virtaa pulssinleveysmodulaation avulla. (Fonselius ym. 1998, 8, 132–133.)

4.1.3 Anturi

Servojärjestelmissä tarvitaan jatkuvaa takaisinkytkentätietoa prosessista. Tieto kerätään analogisilla tai digitaalisilla antureilla, jotka ovat pyöriviä tai lineaarisesti liikkuvia. Digitaaliset anturit ovat joko inkrementtaalisia tai absoluuttisia ja ne poikkeavat toisistaan sen perusteella, mittavatko ne siirtymää, vai absoluuttista paikkaa. Digitaalisten ohjauslaitteiden yleistyminen on aiheuttanut analogisten antureiden käytön vähenemisen. (Fonselius ym. 1998, 8, 123–128.)

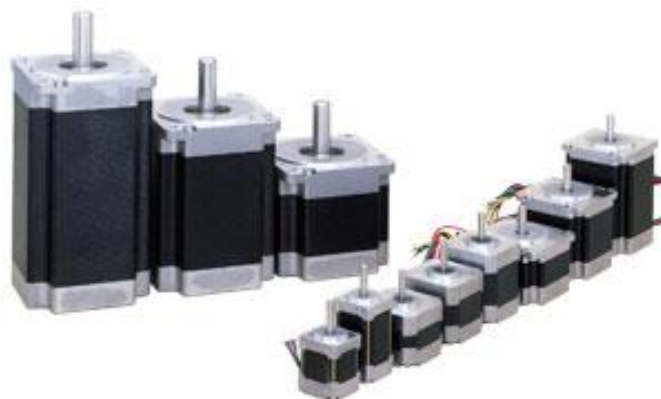
4.1.4 Ohjaus

CNC-koneen ohjaus käsittää järjestelmän, joka ohjaa toimilaitteita ja muodostaa liittymän käyttäjän muiden tietolähteiden ja työstökoneen välillä. Ohjaukseen on tallennettu koneen käyttäytymistä kuvaavat parametrit, joiden avulla se kykenee toimimaan tarkasti halutulla tavalla. Ohjaus antaa liikeakseleiden tarvitsemää reaaliaikaista ohjaustietoa, ja se suorittaa interpolointia akseleiden välillä, jotta niiden yhteisesti muodostamat liikeradat ja nopeudet olisivat työstöradan mukaisia. Jatkuvalle rataohjauksella tarkoitetaan interpolointia vähintään kahden liikeakselin suhteen, jolloin näiden akseleiden muodostamassa koordinaatistossa voidaan liikkua mielivaltaisiin suuntiin. (Pikkarainen 1999, 56–58.) Koneen toimintoja ohjaa systeemiohjelma, joka on koneen valmistajan toimittama. Systeemiohjelma määrittää koneen fyysisen käyttäytymisen työstöohjelman ohjeiden mukaisesti. Työstöohjelma sisältää geometriset ja teknologiset tiedot vaikkapa tietyn kappaleen valmistamiseksi. (Vesämäki 2007, 22.)

Työstöohjelmat ohjaukselle voidaan tuottaa suoraan CAD-mallista NC-ohjelmointijärjestelmässä. NC-ohjaukset ymmärtävät kansainvälisesti standardoitua G-koodia, jossa on kuitenkin pieniä poikkeamia eri laitteiden välillä. Poikkeamien vuoksi jokainen laite tarvitsee oman postproessoriajon, jolla saavutetaan yhteensopivuus koodin ja kyseisen koneen ohjauksen välille. (Pikkarainen 1999, 81, 142–144.)

4.2 Askelmoottori

Askelmoottoria ohjataan askel kerrallaan jompaankumpaan suuntaan. Jos järjestelmä on oikein mitoitettu, voidaan näistä askelista laskea roottorin kulloinenkin asento, eikä takaisinkytkentätietoa tarvita. Erittäin vaativissa tapauksissa voidaan kuitenkin käyttää liikkeen takaisinkytkentää. (Airila 1993, 5/28.) Askelmoottori tarvitsee aina elektronisen ohjauslaitteen, jonka suorituskyky määrää pitkälle koko järjestelmän ominaisuudet. Yleisin askeleen kulma askelmoottoreissa on $1,8^\circ$, mutta käyttämällä mikroaskeltavaa ohjainta voidaan yksi askel jakaa pienempiin osiin. Tällä tekniikalla saadaan ohjauksesta tarkempi ja voidaan eliminoida moottorityypille ominaisia resonanssi- ja epävakaussilmioitä. Askelmoottoreiden etuja ovat hyvä tarkkuus ja järjestelmän yksinkertaisuus niissä tapauksissa, joissa takaisinkytkentää ei tarvita. (Fonselius ym. 1998, 148, 150–153.)



KUVIO 6. Askelmoottoreita (Aseko 2011b)

4.3 Lähestymiskytkin

Kaksitilaisia antureita, jotka havaitsevat työkappaleen tai koneen osan saapumisen määrättylle alueelle, kutsutaan lähestymiskytkimeksi. Työstökoneiden turvarajoina käytetään yleensä mekaanisia rajakytkimiä, sillä ne ovat erittäin luotettavia ja ne on helppo kytkeä järjestelmään jännitteen laadusta ja tasosta riippumatta. Induktiivisia kytkimiä käytetään sen sijaan esimerkiksi koneenosien tarkkoihin ja toistuviin paikannuksiin. Se ei kulu käytössä ja sen hyvät tunnistustarkkuus ja -nopeus säilyvät, sillä kytkin ei vaadi toimiakseen mekaanista kosketusta. Induktiivinen kytkin tunnistaa luotettavasti vain metallit. (Airila 1993, 4/3-5.)

4.4 Vaihde

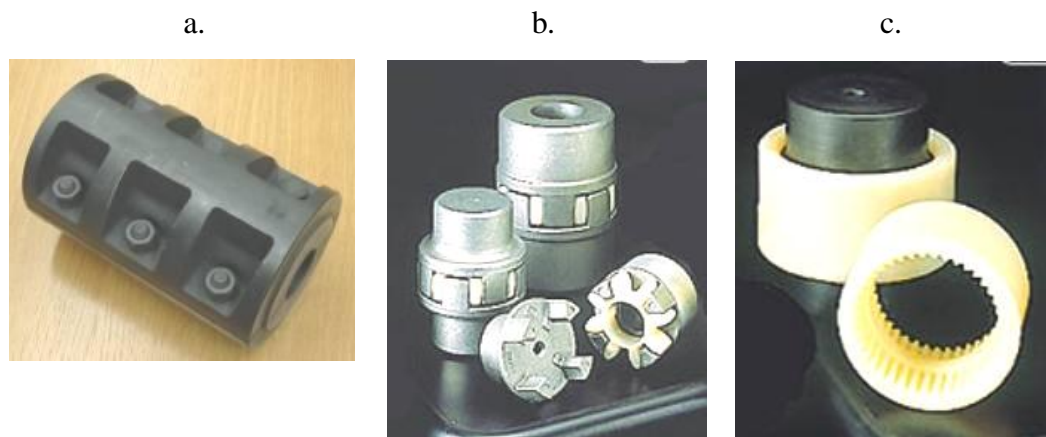
Servojärjestelmiin kytketyt vaihteet muuttavat moottorin pyörimisnopeuden sopivalle alueelle, jotta prosessin vaatimat liikenopeudet ja voimat saadaan muodostettua halutuiksi. Vaihteilla tulee olla hyvät dynaamiset ominaisuudet ja niiden pitää olla välyksettömiä. Järjestelmissä käytettyjä vaihdetyyppejä ovat harmoninen vaihde, syklo- ja kiertovektorivaihde. Muita mahdollisia vaihteita ovat tarkkuuskierukka-, hammashihna- ja mikroplaneettavaihde. (Airila 1993, 7/27.)



KUVIO 7. Servokäyttöihin tarkoitettuja planeettavaihteita (Konaflex Oy 2011a)

4.5 Kytkin

Kytkimet siirtävät vääntömomenttia akselin päästä toiseen tai muihin voimansiirtolaitteisiin, kuten hihnapyöriin. Niille asetettuja tehtäviä voivat vääntömomentin siirron lisäksi olla akseleiden välisten asentovirheiden eliminointi, kuormitusiskujen pienentäminen ja vääntöväärähtelyjen vaimentaminen. Kaikki edellä olevat ominaisuudet sisältyvät joustaviin kytkimiin, joiden yhteisenä piirteenä on jonkin joustavan materiaalin hyväksikäyttö. Joustavia kytkintyyppejä ovat esimerkiksi joustavat tappi- ja sakarakytkimet. Kiinteät kytkimet, kuten laippa- ja kuorikytkin ovat peruskytkimiä, joilla ei ole muita ominaisuuksia kuin välittää vääntömomenttia. (Blom, Lahtinen, Nuutio, Pekkola, Pyy, Rautiainen, Sampo, Seppänen & Suosara 2006, 288–290.) Jäykät kytkimet sallivat akseleiden välisiä pieniä asentovirheitä, mutta ne ovat väännön suhteen jäykkiä. Tällaisia kytkimiä ovat esimerkiksi kaarihammaskytkin. (Niiranen 1999, 53.)



KUVIO 8. Kuorikytkin, sakarakytkin ja kaarihammaskytkin (Konaflex Oy 2011b; Konaflex Oy 2011c; Konaflex Oy 2011d)

4.6 Lineaarivaihte

Lineaarivaihteella pyörivä liike muutetaan työstökoneen liikeakselille suoraviivaiseksi, lineaariseksi liikkeeksi. Vaatimuksena lineaarivaihteille on liikkeen lineaarisuus koko liikematkalla, välyksettömyys, pieni kitka ja kulumattomuus. (Airila 1993, 7/55–62.)

4.6.1 Kuularuuvi

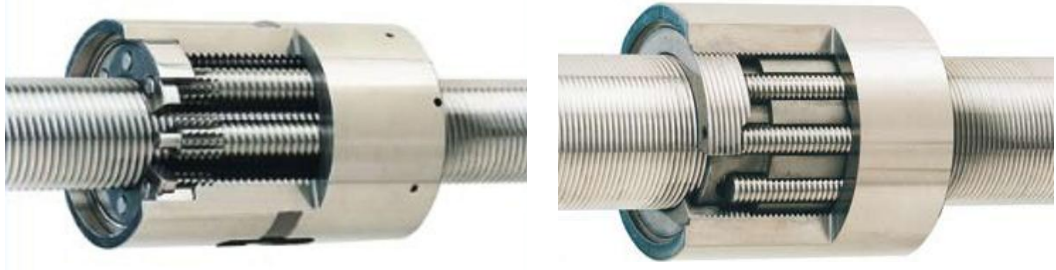
Kuularuuvissa tavanomainen ruuvin ja mutterin välinen liukukitka on korvattu vierintäkitkalla. Tavallisesti servomoottori pyörittää akselia ja kuulamutteri toteuttaa lineaariliikkeen, mutta muunlaisetkin toimintayhdistelmät ovat mahdollisia. Kuularuuvien valssaamalla tai koneistamalla toteutettuihin kierteisiin on saatavana erilaisia nousukulmia, joilla voidaan toteuttaa erilaisia vastaavuuksia pyörivän ja lineaarisen liikkeen välille. Kuularuuvien hyötysuhde ja tarkkuus ovat erittäin hyvät. Tarkkuutta voidaan parantaa entisestään käyttämällä esikiristettyjä kuulamuttereita. (Airila 1993, 7/55–56.)



KUVIO 9. Kuulamuttereita (SKF 2011a, 20)

4.6.2 Rullaruuvi

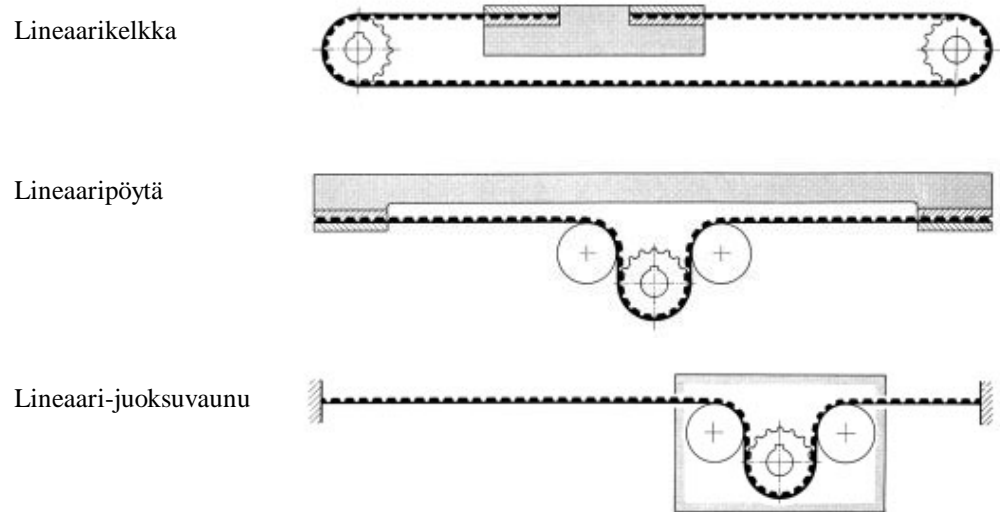
Rullaruuveja käytetään, kun tarvitaan likaisten olosuhteiden kestoja, suurta liikevoimaa, tarkkuutta ja hyvää hyötysuhdetta. Rullaruuveja valmistetaan kahdella toimintaperiaatteella, joilla saavutetaan laaja liikenopeus- ja tarkkuusalue. Planeettarullaruuvissa päistään laakeroidut ”planeettarullat” sisältävät kierteen, jonka nousu on sama kuin mutterilla. Kun mutteri pyörii, pakottaa se ruuvin liikkumaan rullien välityksellä aksiaalisesti itseensä nähden. Pieninosisuisissa rullaruuveissa rullissa ei ole nousua, vaan ne liikkuvat kierteen mukana. Kun rulla liikkuu päätyasentoonsa mutterin sisällä, rullien palautusjärjestelmä nostaa rullan irti kierteeltä ja palauttaa sen alkuun. (Airila 1993, 7/59–61.)



KUVIO 10. Planeettarullaruuvin kaksi eri toimintaperiaatetta (SKF 2011b, 131)

4.6.3 Hammashihna

Hammashihnalla toteutettu lineaarivaihte on monipuolinen väline toteutettaessa lineaariliikkeitä, sillä sen hyötysuhde on lähellä sataa prosenttia. Hammashihnalla voidaan toteuttaa hyvin pitkiä liikkeitä, ja se kykenee suuriin liikenopeuksiin ja kiihtyvyyksiin. Hammashihna on huoltovapaa ja äänetön, ja sen tarkkuus ja kestävyys käytössä on erinomainen, se pystyy siirtämään suuriakin tehoja, ja sen välityssuhteeseen on helppoa vaikuttaa hammashihnapyörän hammasluvulla. Hammashihnan sisällä on vetolangat, jotka estävät hihnaa venymästä ja ottavat vastaan veto-kuormituksen. Hammashihnoja on saatavana metritavarana, ja niistä on useita eri variaatioita eri käyttötarkoituksiin leveyden ja hammastuksen suhteen. Hihnojen ja hihnapyörien valintaan on olemassa lukuisia valmistajakohtaisia mitoitusohjeita. (Movetec Oy 2011a.)



KUVIO 11. Hammashihnalla toteutettuja lineaariliikkeitä (Movetec Oy 2011b, 3)

4.6.4 Hammastanko

Hammastangon rakenne on yksinkertainen ja sen hyötysuhde on hyvä. Yleisesti sitä käytetään sovelluksissa, joissa tarvitaan pitkiä liikematkoja ja suuria voimia, vaikka toisaalta hammastankokäytöllä päästään jopa 12 $\mu\text{m}/500\text{ mm:n}$ tarkkuuksiin. Käyttöakselille siirtyvä vetopyörän hitausmomentti on pieni, joten järjestelmään saadaan hyvä kiihtyvyys. Vinohampaisella hammastuksella saavutetaan tasainen ja hiljainen käynti. (Kontram Oy 2011a; Kontram Oy 2011b.)



KUVIO 12. Hammastankoja ja vetopyöriä (Oy Jens S Ab 2011, 1)

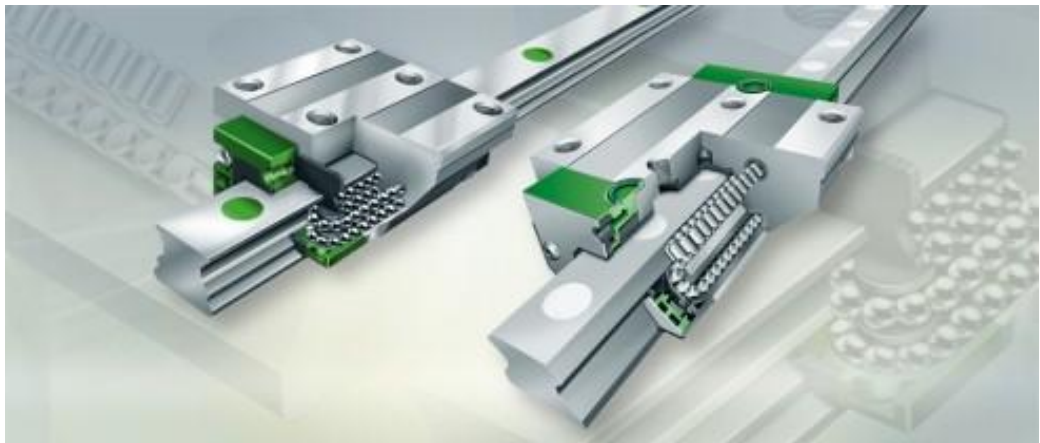
4.7 Johdejärjestelmä

Johteiden tarkoitus on ohjata suoraviivainen liike mahdollisimman tarkasti valitussa suunnassa. Johteissa tavoiteltuja ominaisuuksia ovat pieni välys, mahdollisimman suoraviivainen liike, pieni kitka, vähäinen kuluminen, hyvä epäpuhtauksien kesto ja hyvä kuormankantokyky. Johteet jaotellaan liukujohteisiin ja vierintäjohteisiin. Liukujohteiden käyttö on vähäistä, lukuun ottamatta työstökonesovelluksia, joissa vaaditaan äärimmäistä tarkkuutta ja suurta kuormankantokykyä. (Airila 1993, 7/62–67.) Johdejärjestelmä koostuu kiskon ja laakeriyksikön muodostamasta kokonaisuudesta. Esimerkiksi liikepituus, värinä, lämpötila, voitelu, asennus ja huolto,

aikaisemmin mainittujen lisäksi, tekevät johteiden valinnasta monitahoisen tehtävän. Erilaisia johdejärjestelmiä erilaisilla ominaisuuksilla sekä niiden variaatioita on olemassa suuri joukko. (Schaeffler Finland Oy 2011a.)

4.7.1 Profiilijohde

Rulla- ja kuulajohdeilla on hyvä jäykkyys, hyvät kulku- ja paikoitustarkkuudet ja monen suuntaisten kuormitusten vastaanottokyky. Johdetyyppi sietää erittäin suuria liikenopeuksia ja kiihtyvyyksiä. Rullajohdeet soveltuvat parhaiten raskaisiin ja erittäin raskaisiin kuormitusolosuhteisiin. Kisko muodostuu profiilimaisesta tangosta, jota myöten pölytiivis laakerikelkka kulkee. Laakerissa on vierintäelimien palautuskanava, jota myöten ne palautuvat kelkan toiseen päähän, kun ne ovat vierineet kiskon pinnalla kelkan päästä päähän. Erisuuruisilla vierintäelimien esikiristyksellä yksiköihin on saatu erilaisia tarkkuusluokkia. (Schaeffler Finland Oy 2011b.)



KUVIO 13. Profiilijohdeita kuula- ja rullakelkalla (Schaeffler Finland Oy 2011b)

4.7.2 Pyöröjohde

Pyöröjohhteessa kiskon muodostaa pyöreä akseli, joka on umpinainen tai ontto. Kisko voi olla kiinnitetty vain päistään, mutta kun vaaditaan pitkiä liikematkoja tai parempaa akselin jäykkyyttä, on kisko tuettava koko matkaltaan. Kelkka on toiminnaltaan samantyyppinen profiilijohdeen kuulakelkan kanssa, mutta se ei kanna radiaalista momenttia akselin ympäri. Kaiken suuntainen kuormitusten kesto voidaan saavuttaa asentamalla kaksi pyöröjohdettä rinnakkain. Kun johdetanko on tuettu koko matkalta, on myös laakerin oltava halkaistu yhdeltä sivultaan. (Schaeffler Finland Oy 2011a; Schaeffler Finland Oy 2011c.)



KUVIO 14. Pyöröjohdeita (SKF 2011b, 13)

4.7.3 Juoksurullajohde

Pyöräjohde perustuu pyöriin tai rulliin, jotka seuraavat johdekiskoa. Pyörivän osan suuremmat dimensiot mahdollistavat varman ja takertelemattoman toiminnan epäpuhtaissakin olosuhteissa. (Airila 1993) Pyöräjohteiden ominaisuuksia ovat äänettömyys, modulaarisuus sekä suuret liikenopeudet ja -matkat. Kiskot voivat rakentua monella eri tavalla, ja ne voivat olla myös kaarevia. Kaareviin johdekiskoihin soveltuvat johdevaunut voivat toteuttaa esimerkiksi ympyränkaaren muotoisia liikeratoja. (Schaeffler Finland Oy 2011d.)



KUVIO 15. Juoksurullajohde (Schaeffler Finland Oy 2011d)

4.7.4 Lineaariyksikkö

Lineaariyksiköt ovat valmiiksi kasattuja paketteja, jotka sisältävät rungon, johdejärjestelmän ja kelkkaa liikuttavan lineaarivaihteen. Kustannuksiltaan yksiköt ovat kalliimpia, kuin niiden sisältämien komponenttien summa. Yksittäisien koneiden valmistuksessa voidaan lineaariyksiköillä saavuttaa kuitenkin säästöjä suunnittelu- ja asennusvaiheessa. (Airila 1993, 7/62.) Lineaariyksiköitä on saatavissa erilaisina johde- ja lineaarivaihteratkaisuina. Niiden mitta- ja kuormitusominaisuudet kattavat laajan alueen. Erilaisilla materiaaleilla ja suojauksilla lineaariyksiköt soveltuvat monenlaisiin olosuhteisiin, ja niihin on saatavissa monenlaisia lisävarusteita, kuten rajakytkimiä ja päätyvaimentimia. (Movetec Oy 2011c.)



KUVIO 16. Erilaisia lineaariyksikkömalleja (Movetec Oy 2011d)

5 WENKURAN TAVOITTEIDEN MÄÄRITTELY

Leikkurin rakentamisen tarkoituksena oli aikaansaada suhteellisen halpa ja hyvin yrityksen erikoistarpeeseen soveltuva työstökone, jonka avulla on mahdollista säästää merkittäviä säästöjä osalle Yes Neon Oy:n tuotantoa. Koneen avulla tuli olla mahdollista kasvattaa joidenkin tuotteiden volyymia sekä ottaa kokonaan uusia tuoteryhmiä tuotantoon järkevällä tavalla. Tavoitteiden määrittelyvaiheessa lukittiin joitakin rakenteeseen ja komponentteihin liittyviä yksityiskohtia, jotka koettiin niin tärkeiksi, että ne otettiin mukaan vaatimuksiin. Esimerkiksi tällaisia olivat servo-moottoreiden käyttö toimilaitteina ja porttaalin liikkuminen pöydän sijaan.

5.1 Toiminta

Toimintojen kannalta tavoitteiksi asetettiin teippien leikkaaminen suoraan pintamateriaalin päällä sekä pintamateriaalien ja muiden levymäisten materiaalien jysintä- ja irtileikkausmahdollisuus. Koneen piti olla riittävän voimakas ja varmatoiminen. Sen toiminnoissa tuli huomioida tulevaisuuden laajennus- ja muutostarpeet niin, että esimerkiksi kuumalankaleikkauspään lisääminen koneeseen olisi mahdollista. Koneen olisi pystyttävä keskeytyksettä seuraamaan vapaita, kahden akselin tasossa olevia muotoja määritellyllä nopeudella. Kolmannen z-akselin ei tarvitsisi liikkua yhtä aikaa kahden muun akselin kanssa, mutta sillä tulisi voida tehdä tarkkoja, eri syvyyksille tapahtuvia ajoja. Pikaliikkeet tuli saada riittävän nopeiksi, jotta niistä ei muodostuisi aikahäviötä työstettäessä suuria pintoja.

5.2 Ohjaus

Ohjauksen toteuttamiseksi oli tarpeen sopivan liikkeenohjaukshortin löytäminen pcc-tietokoneeseen ja käyttöliittymän ohjelmoiminen itse. Ideana oli, että leikkuri olisi ohjauksen osalta täysin yhteensopiva suunnittelujärjestelmän kanssa. Lisäksi käyttöliittymä ja ohjaus muodostaisivat saumattoman kokonaisuuden, jolloin esimerkiksi erillistä radoitusta ei tarvitsisi tehdä, vaan leikkurin käyttö muistuttaisi helpoudessaan normaalia paperille tulostamista. Käyttöliittymästä olisi voitava keskeyttää työstötapahtuma milloin vain ja muuttaa mitä tahansa työstöarvoja, jonka

jälkeen työstöä olisi kyettävä jatkamaan. Toisaalta suunnitellusta geometriasta olisi voitava työstää vain halutut osat tai aloittaa työstö mielivaltaisesta kohdasta. Vaatimuksena oli automaattinen kerroksittainen ajo syvyysuunnassa, jotta paksujakin materiaaleja voitaisiin leikata irti.

5.3 Mekaniikka

Wenkura oli kyettävä toteuttamaan mahdollisimman suurelta osin itse ja sen tuli olla ulkonäöltään siisti. Yrityksellä on runsaasti kokemusta alumiiniprofiilien käytöstä normaalissa toiminnassaan, minkä vuoksi se oli järkevää määritellä pääasialliseksi rakennusmateriaaliksi. Siitä tulisi myös mittatarkka ja kevyt rakenne. Koneen mittatarkkuudelle ei asetettu kuin noin 2 mm:n vaatimus, mutta toistotarkkuudelle vaatimus oli osua aina silmämääräisesti samaan kohtaan, kun geometrioita toistetaan. Tiettyjen levykokojen vuoksi koneen työalan tuli olla vähintään 2100 mm x 3600 mm, jotta sillä voitaisiin tehdä kaikenkokoisia pintoja kerralla tai osissa. Nostoliikkeelle asetettiin noin 300 mm liikematkan tavoite mahdollisia tulevaisuuden tarpeita varten. Koneen ulottuvuuksien tulisi säilyä mahdollisimman pieninä, ja sen tulisi mahtua toimimaan osittain sijoituspaikassaan olevien materiaalihyllyjen alle. Toivomuksena oli, että rakenne olisi porttaalityyppinen ja siinä olisi liikkuva porttaali. Kiinteänä säilyvä runkorakenne voisi muodostaa tukevan ja helposti lastattavan pöydän, jota voitaisiin tietyissä tapauksissa käyttää muun tuotannon apupöytänä. Ohjauskeskus tuli sijoittaa koneesta erilleen siten, että se samalla muodostaisi kaapelien mittojen puitteissa siirrettävän työtason koneen ohjaustietokoneelle. Tällä tavalla olisi ohjauspiste siirrettävissä optimaaliseen paikkaan tehtäessä vaikkapa tarkkailua vaativaa sarjatyötä.

6 WENKURAN OHJAUSKESKUS JA SEN KOMPONENTTIVALINNAT

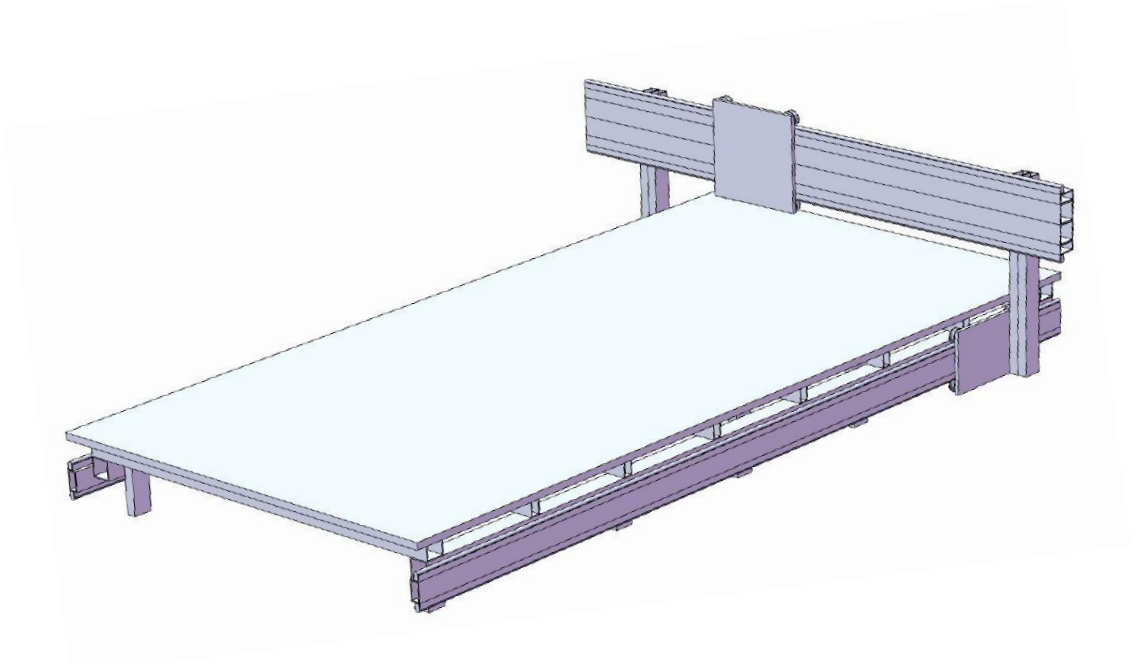
Leikkurin ohjauskeskus toimii liitännänä pc-tietokoneen ja leikkurissa olevien toimilaitteiden ja anturoinnin välillä. Haasteena ohjauskeskukselle on toimia turvallisena ja häiriöttömänä linkkinä herkän tietokoneohjauksen ja kolmivaihevirralla toimivien AC-servojen välillä, jotka käyttäytyvät melkoisina häiriölähteinä. Erikoisuutena tässä työssä on se, että servoja ohjataan askelpulsseilla ilman takaisinkytkentää liikkeenohjaukselle. Takaisinkytkentätieto servovahvistimelta liikkeenohjaukselle saadaan ainoastaan silloin, kun servon asema poikkeaa tavoitteestaan määritellyn verran.

Ohjauskeskuksen suunnittelu ja toteutus olivat työn ensimmäiset vaiheet, joiden tuotoksena syntyi näkyvä fyysinen lopputulos. Valmiiseen keskukseseen kytkettyjä servomootteoreita pystyi liikuttamaan käyttöliittymään ladattujen geometrioiden mukaisesti ja kokonaisuuden toimintaa pystyi mielikuvitusta käyttämällä arvioimaan. Testausta pystyi suorittamaan turvallisesti ilman pelkoa mekaniikan rikkoutumisesta. Kokemukset servovahvistimien virittämisestä ja järjestelmän ominaisuuksista alkoivat karttua, ja suurin osa käyttöliittymän ja ohjausohjelman virheistä saatiin korjattua. Tämä antoi hyvän pohjan jatkaa työtä Wenkuran mekaniikan suunnitteluun ja toteutukseen.

6.1 Turvallisuusnäkökohdat

Suomessa kaikkien koneiden turvallisuutta säädellään valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta (VNa 400/2008). Tämä koneasetus perustuu Euroopan Unionin direktiiviin (2006/42/EY), jota on ollut noudatettava EU-maiden kansallisissa säädöksissä 29.12.2009 lähtien. Koneasetus koskee koneen valmistajaa sekä koneen suunnittelu-, valmistus- ja myyntivaihetta. Koneen käyttöönottoa ja muuta myöhempää käyttöä säädellään työnantajaa koskevassa käyttöasetuksessa (VNa 403/2008). Näillä kahdella asetuksella on pyritty varmistamaan koneen turvallinen käyttö koko sen elinkaaren ajan. (Siirilä & Kerttula 2009, 13–14.) Koneasetus koskee lähes poikkeuksetta kaikkia EU:n alueelle valmistettavia koneita. Sarjavalmistetut ja omaan käyttöön valmistetut koneet on suunniteltava yhtäläillä asetuk-

sen mukaisesti. (Työsuojeluhallinto 2008, 4.) Jo koneen suunnittelun alkuvaiheesta lähtien on turvallisuusseikat otettava huomioon (Työsuojeluhallinto 2008, 8-9). Niinpä tässäkin projektissa tuli hahmotella koneen mekaaninen rakenne mahdollisimman tarkasti heti alussa, jotta riskitekijät olisi mahdollista havaita ja poistaa. Tämän vaiheen seurauksena koneen sähköjärjestelmään määriteltiin tarpeelliseksi kahdennettu hätä-seis -linja ja mahdollisuus turvavalopuomin kytkemiseen. Lisäksi turvavalopuomin piti olla ohitettavissa työalueella mahdollisesti tapahtuvien nollapisteidien asetusten yms. seikkojen vuoksi. Valopuomin ohitustilanteissa sai koneen liikenopeuksien olla korkeintaan asetuksessa määrätty 200 mm/s. Ohitukseen oli kehitettävä lisäksi varma tapa, jotta koneen normaalinopeudella tapahtuvat liikkeet eivät olisi mahdollisia, kun työalueella oleskellaan.



KUVIO 17. 3D -hahmotelma Wenkuran rakenteesta riskien arviointia varten.

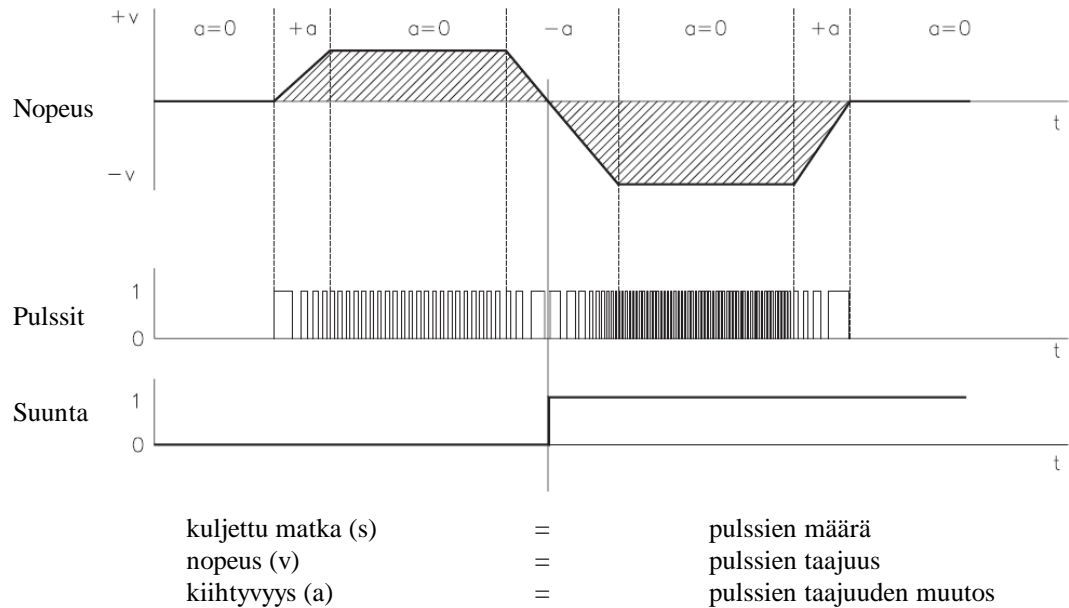
6.2 Servopaketti

Jo hyvin varhaisessa vaiheessa projektia kyseltiin eri toimittajilta noin yhden kW:n teholuokkaan sijoittuvien ja mahdollisesti askelpulssiohjattujen servopakettien hintatietoja. Paketin tuli sisältää 3 kpl servomoottoreita, niiden vahvistimet ja mielellään valmiskaapelit niiden välille. Kävi ilmi, että ohjaustapa ei juuri vaikuta paketin hintaan. Useissa vahvistimissa oli valmiina eri ohjaustapoja tai ohjauksen pystyy valitsemaan, kun vahvistinta tilataan. Kyselyjen seurauksena hankittiin ABB:n nimellä myytävät servomoottorit (LIITE 1), joiden nimellisteho on 0,97 kW. Takaisinkytkentäantureina moottoreissa ovat resolverit, jotka sinänsä ovat hiukan vanhahtavaa tekniikkaa, muuten luotettavaksi havaittua. Paketin servovahvistimet (LIITE 2) ovat myös samalta tuotemerkiltä, ja ne sisältävät liitäntän askelpulssiohjaukselle. Leikkuria tehdessä oltiin hyvin selvillä siitä, että käytännön tehontarve eri liikeakseleiden välillä tulisi olemaan erilainen, mutta yhtenäisyyden vuoksi hankittiin kolme samanlaista servopakettia. Ajatuksena oli, että myöhemmin hankittavien vaihteistojen välityssuhteella voitaisiin liikenopeudet ja momentit sovittaa sopiviksi. Valmiskaapeleiksi valittiin pisimmät, 15 m:n kaapelit, joiden arveltiin riittävän, vaikka mekaaninen toteutus olikin vielä auki. Servopakettien mukana hankittiin myös HF-suodattimet (LIITE 3), jotka estävät verkkoon kulkeutuvia suurtaajuushäiriöitä. Luonnollisesti vain servopakettien vahvistimet, suodattimet ja valmiskaapeleiden päät sijaitsevat ohjauskeskuksessa.

6.3 Liikkeenohjauskortti

Ohjaustietokoneeseen hankittiin National Instrumentsin valmistama liikkeenohjauskortti (LIITE 4), joka on valmistettu askelmoottoreiden ohjaukseen. Kortti kytkeytyy tietokoneen PCI-paikkaan, ja sen ulostuloliitännät on toteutettu kahdella 64-napaisella, suuritiheyksisellä liittimellä. Kortissa on muun muassa lähdöt neljälle askelmoottorille sekä 4 kappaletta vapaasti ohjelmoitavaa, 8-bittistä I/O -porttia. Kortin lähdöt ja tulot ovat TTL-tyyppisiä, ja ne toimivat viiden voltin jännitetasolla. Jokaiselle liikeakselille on olemassa lisäksi omat I/O:t enable- ja inhibit-toimintoja, turvarajoja ja kotiaseman anturia varten. Kortin askelmoottorilähdöt on kon-

figuroitu siten, että liikesuunnalle ja askelpulssille on omat lähtönsä. Kortti pystyy suurimmillaan 2 MHz:n askelpulssitaajuuteen. Ohjaukortti tuottaa itsenäisesti askelpulssiohjauksen kullekin liikeakselille, ja se kykenee ympyränkaari-interpolointiin ja suoraviivaisiin liikkeisiin kahden pisteen välillä.



KUVIO 18. Askelpulssiohjauksella tuotettu nopeusprofiili (Kollmorgen 1998, 11)

6.4 Optoerottimet

Tärkeitä komponentteja ohjauskeskuksessa ovat optoerottimet, jotka liittävät liikkeenohjaukskortin ohjaukset ja tulot servovahvistimille, rajakytkimille ja kontaktoreille. Ne soveltuvat liikkeenohjaukskortissa käytetyt 5 VDC:n ja muun ohjauksen 24 VDC:n ohjaujännitetasot toisiinsa samalla erottaen ne galvaanisesti toisistaan.

Askelpulssiohjaus vaatii optoerottimilta suuria kytkentätaajuuksia. Jos resoluutioiden takaisinkytkennässä käytettäisiin suurinta resoluutiota ja moottoreita pyöritettäisiin 3500 rpm, olisi askelpulssitaajuus 120 kHz. Phoenix Contactin valikoimista löytyi malli, jonka kytkentätaajuus riittää 100 kHz:iin asti (LIITE 5) ja hitaammakin versiot ovat samalta valmistajalta. Askeltaajuus on mahdollista tiputtaa korkeammalla resoluutiolla 30 kHz:iin, jolloin ollaan optojen toimintakyvyn varmem-

malla puolella, ja laitteen ohjaustarkkuus on silti riittävä (LIITE 6). Optoerottimisessa on hyvänä ominaisuutena ohjauspuolella ”kuollut” alue, joka lisää järjestelmän häiriösietoisuutta. Voimakas hystereesi päälle- ja poiskeytytymisen vaatimien jännitetasojen välillä ehkäisee optoerottimien tilan vaihtumista pienillä ohjaustason muutoksilla.

6.5 Turvareleet

Keskuksessa on kaksi kappaletta PILZ:n valmistamia turvareleitä (LIITE 7 ja 8). Ensimmäinen releistä toimii masterina, ja siihen on kytketty hätä-seis -painikelinja. Toiseen releeseen kytketään koneen ympärille tuleva turvavalopuomi. Valonsäteen katketessa rele laukeaa, ja se katkaisee myös hätä-seis -linjan. Ensimmäisessä turvareleessä on yksi viivästetty lähtö, joka mahdollistaa servovahvistimilla tehtävän hätäjarrutustoiminnon. Muuten toimilaitteista katkeaa energiat välittömästi. Kaikki turvakomponentit ovat kahdennettuja.

6.6 Ohjauskeskuksen kotelo

Kotelo on valmistettu alumiinista, ja se muodostuu kahdesta vastakkainasetetusta kotelonpuolikkaasta, jotka on pulverimaalattu ja saranoitu keskenään. Molempien puolikkaiden pohjalla on irrotettava asennuspohja 4mm:n alumiinista. Kotelon syvemmällä, pohjapuolella sijaitsevat kaikki komponentit, joiden lähtö- tai tulopuolelle kytketty yli 24 VDC:n jännitteitä, ja kansipuolella ovat vastaavasti korkeintaan 24 VDC:n jännitteeseen kytketyt komponentit. Pohjan ja kannen välissä on vielä irrotettava, alumiininen levy parantamassa häiriösuojausta puolikkaiden välillä. Kotelo on lukittava ja tiivistetty, lisäksi se on jäähdytetty puhaltimella. Kotelon alla on pyörät, ja sen yläpintaan on kiinnitetty pöytälevy, joka toimii tasona pc-tietokonetta ja operointia varten.



KUVIO 19. Ohjauskeskus avattuna ja lähes valmiiksi kalustettuna.

6.7 Läpiviennit

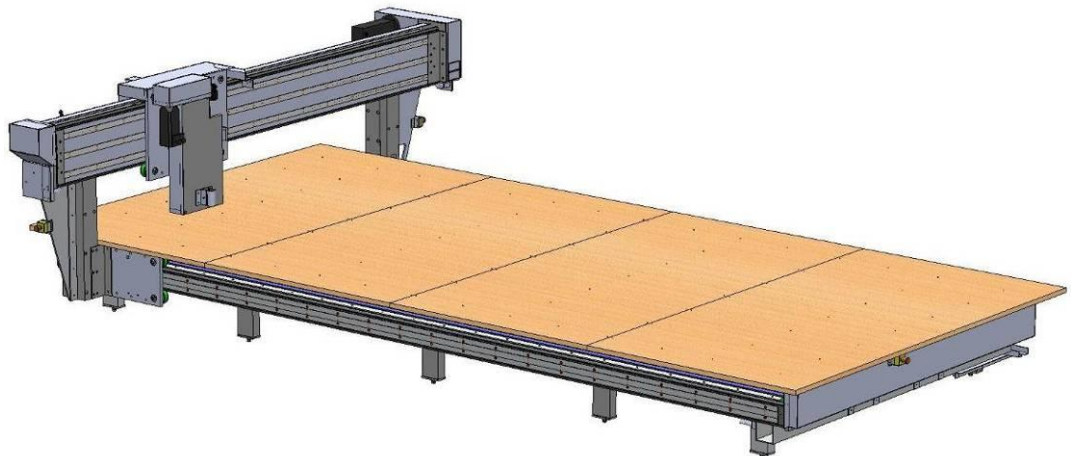
Valmiskaapelien käyttö asetti läpivienneille erityisvaatimuksia, sillä servoille menevissä resolverikaapeleissa ja liikkeenohjauskortin kaapeleissa oli valmiit liittimet molemmissa päissä. Liikkeenohjauskortin kaapelien liittimet olivat erittäin leveät, ja ne muodostivat suoran kulman melko jäykkien kaapeleiden kanssa. Monikaan löytämäni läpivientiratkaisu ei tuntunut antavan riittävästi tilaa liittimien pujottamiseksi sen läpi. Phoenix Contactilta löytyi järjestelmä, jolla valmiskaapelit suurillakin liittimillä saa siististi ja tiiviisti kotelon läpi. Järjestelmä perustuu halkaistavaan laippaan ja sen asennuskehikseen. Laipassa on vakiokokoisia paikkoja, joihin on olemassa erikokoisille kaapeleille sopivia, halkaistuja tiivisteosia.



KUVIO 20. KEL-läpivientijärjestelmä (Phoenix Contact 2011)

7 WENKURAN MEKAANINEN RAKENNE JA KOMPONENTTIVALINNAT

Wenkura on porttaalityyppinen kolmiakselinen laite, jonka työala on x-akselin suunnassa 3660 mm, y-akselin suunnassa 2280 mm ja z-akselin suunnassa 260 mm. Koneen runko on kiinteä pöytämäinen rakenne, jonka vanerisen kannen päällä työstö tapahtuu. Porttaali liikkuu rungon reunoissa olevien johteiden varassa, ja sen voimansiirto on toteutettu hammashihnoilla, jotka vetävät sitä molemmista reunoistaan. Y-kelkka liikkuu pitkin porttaalin puomissa olevia johteita myöten hammashihnan välityksellä. Z-akseli on toteutettu valmiilla kuularuuvikäyttöisellä lineaariyksiköllä.

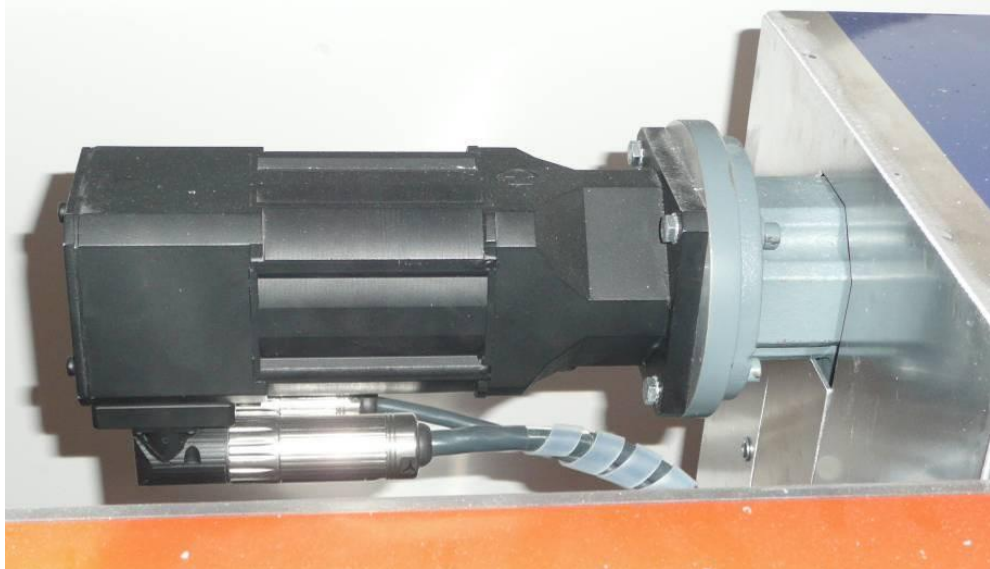


KUVIO 21. Valmis, yksityiskohtainen 3D-mallinnus Wenkuran mekaniikasta.

7.1 Servomoottorit

Servomoottoreiden tehtävänä on tuottaa mekaniikalle sen liikkeiden aikaansaamiseksi tarvittavat momentit. ABB:n servot (LIITE 1) yhdessä niiden vahvistimien kanssa pystyvät tuottamaan jatkuvasti 3,6 Nm:n ja viiden sekunnin ajan 7,7 Nm:n vääntömomentin. Moottoreiden nimellinen kierrosnopeus on 3000 rpm, mutta koneen pikaliikkeiden aikana sallitaan 3500 rpm. Ainoa liikkeen takaisinkytkentä leikkurin toiminnasta tapahtuu servomoottorien sisältämistä resolveista, ja niiden

resoluutio on asetettu 500 pulssiin kierroksella. Suurin takaisinkytkennässä esiintyvä taajuus on siten $3500 \text{ rpm} \times 500 \text{ ppr}$, joka on n. 30 kHz. Toisaalta moottoreita ohjataan samalla tarkkuudella, jolloin myös ohjaukselta vaadittava ulos tuleva suurin askelpulssitaajuus on sama.



KUVIO 22. Y-akselin servomoottori.

7.2 Kierukkavaihteet

Vaaka-akseleissa servomoottorien kierrosnopeutta on alennettu suhteella 20,5, jolla saavutetaan hyvä kompromissi liikenopeuden ja voiman välillä. Maksimi liikenopeus on 910 mm/s servon kierrosnopeudella 3500 rpm. Jatkuva ulos tuleva voima on noin 1,2 kN ja hetkellinen (5 s) kiihdytyksiin varattu voima noin 2,5 kN. Arvioissa on huomioitu vain vaihteen hyötysuhde 0.82, koska hihnakäytön tarkkaa hyötysuhdetta ei tiedetä (LIITE 6). Päätyminen kierukkavaihteisiin (LIITE 9) servokäytöissä ei ole kovin tavallista, mutta tässä tapauksessa niillä saavutetaan erinomainen hinta/tarkkuus -suhde, koska vaihteille luvataan vain 2-6 kulmaminuutin välitys, joka merkitsee liikkeenä 0,03mm – 0,09mm (LIITE 6).

7.3 Sakarakytkimet

Kierukkavaihteet on kytketty 30 mm:n voimansiirtoakseleihin sakarakytkimien välityksellä (LIITE 10). Koska myös kierukkavaihteiden ulostuloakseleissa on sama halkaisija, ovat sakarakytkinten puoliskot keskenään identtisiä. Sakarakytkimet liittyvät akselille suoralla puristusliitoksella, ja ne kykenevät siirtämään reilusti halutut momentit (Max 150 Nm). Sakarakytkimet mahdollistavat pienet asentovirheet akseleiden välillä, joka helpottaa merkittävästi asennusvaiheen työtä.

7.4 Hammashihnat ja -pyörät

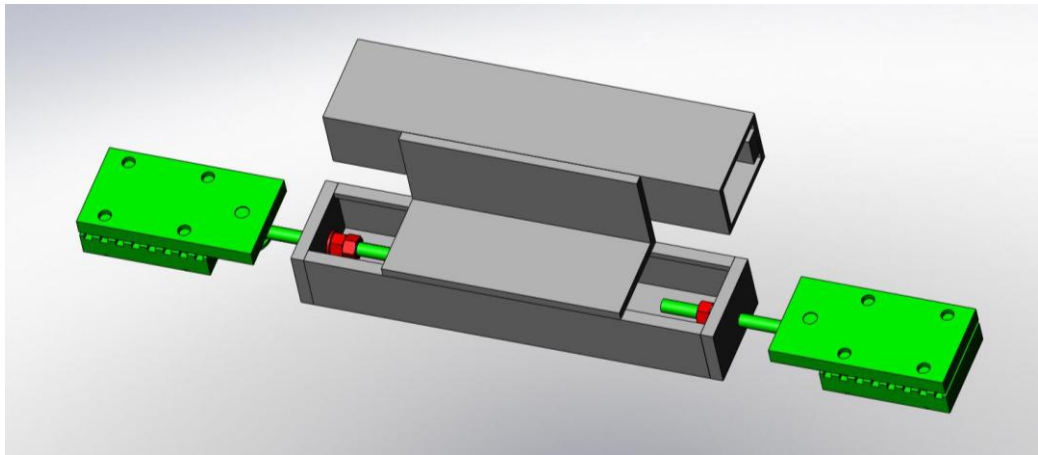
X- ja y- liikkeet on toteutettu AT10-hammashihnalla jonka leveys on 32 mm. X-liikkeessä hammashihnat vetävät porttaalia molemmista reunoista ja vetopyörät on yhdistetty vaihteistoon 30 mm:n akseleilla ja sakarakytkimillä. Y-liikkeessä hammashihnoja on vain yksi. Näille hihnoille voima välitetään hammashihnapyörien välityksellä, joiden hammasluku on 32 kpl. Hammashihnapyörät on kytketty akselille laippaliitoksilla. Akseleihin hitsatut laipat ovat oikaistu sorvissa hitsauksen jälkeen. Myös z-akselin voimansiirrosta on yksi AT5/16-hammashihna, jonka avulla on saatu servomoottori käännettyä lineaariyksikön rinnalle. Tällä järjestelyllä koneesta on saatu matalampi. Hammashihnapyörät ovat pystyakselilla 40-hampaisia, ja niiden kytkeminen on toteutettu bonfix-tyyppisillä kitkaliitosholkeilla.



KUVIO 23. X-liikkeen toinen, vetävä hammashihnapyörä ja -hanna.

7.5 Hihnankiristimet

Hihnankiristys on toteutettu hihnan päistä, jotka on kiinnitetty lineaarikelkkaan. Toinen vaihtoehto olisi ollut kiinnittää hihnan päät kelkkaan kiinteästi ja toteuttaa kiristys tekemällä toisen hammashihnapyörän etäisyys säädettäväksi. Toteutettu vaihtoehto mahdollistaa yksinkertaisemman ja kiinteän rakenteen hihnapyörien laakeroinnille. Lisäksi se tarjoaa ylivoimaisen mahdollisuuden säätää porttaalin kulkuasento tarkasti kohtisuoraan x-akselin liikesuuntaan nähden. Hihnan päihin on asennettu normaalit hammashihnan profiiliin sopivat kiinnityslevyt ja niiden vastinkappaleet. Vastinkappaleeseen on kiinnitetty silmukkaruuvi niin, että sen aiheuttama veto kohdistuu hihnan suuntaisesti, keskelle hihnan päätä.



KUVIO 24. Y-liikkeen hammashihnan kiristyspaketin 3D-mallinnus.

7.6 Z-akselin lineaariyksikkö

Nosto/lasku-liikkeeseen hankittiin valmis kuularuuvikäyttöinen lineaariyksikkö (LIITE 11), jonka ruuvin nousu on 10 mm/r. Yksikön lineaarilaakerointi on toteutettu neljällä kuulaholkilla kahteen halkaisijaltaan 32 mm:seen pyöröjohteeseen. Iskunpituus on 350 mm, joka on käytetty vain osittain hyödyksi. Lineaariyksikön koko liikematka on mahdollista hyödyntää irrottamalla jokin pöytälevyistä, jolloin työstettävä kappale voi sijaita runkoputkien välissä ja tukeutua esimerkiksi lattiaan.

7.7 Hätä-seis painikkeet

Ohjauskeskukselta lähtee koneelle kahdennettu hätäpysäytyslinja, johon on ohjauskeskuksessa olevan painikkeen lisäksi kytketty neljä hätä-seis-painiketta. Ne sijaitsevat kummassakin päässä porttaalia, sekä molemmissa päissä koneen työtasoa. Painikkeiden sijoittelussa on pyritty huomioimaan niiden helppo havaittavuus ja käyttö kuitenkin niin, että niiden tahattoman käytön riski olisi mahdollisimman pieni.



KUVIO 25. Hätä-seis painikkeen sijainti porttaalin päässä.

7.8 Induktiiviset lähestymiskytkimet

Jokaisella liikeakselilla on induktiivinen lähestymiskytkin, joka on kytketty liikkeenohjauskortille. Jokaista lähestymiskytkintä varten on alumiininen häirtälevy, joka on asennettu siten, että liikematkan alkupäässä se pitää kytkimen aktivoituneena. Lähestymiskytkinten tarkoituksena on kertoa koneen ohjaukselle referenssipiste, todellisen origon määrittelemiseksi. Kytkimet ovat uppoasennettavaa mallia ja niiden toimintamatka on melko lyhyt, jotta saavutetaan mahdollisimman hyvä tarkkuus haitan reunan havaitsemiseksi.

7.9 Mekaaniset rajakytkimet

Mekaaniset rajakytkimet ovat kytketty suoraan servovahvistimille ja ne tekevät kyseessä olevan liikeakselin hätäjarrituksen, mikäli liike ylittää sallitut rajat. Ne suojaavat koneen mekaniikkaa vaurioitumasta virhetapauksissa. Jokaisen liikkeen molemmissa päissä on Omronin valmistama rullavivulla varustettu kytkin (LIITE 12).

7.10 Päätyvaimentimet

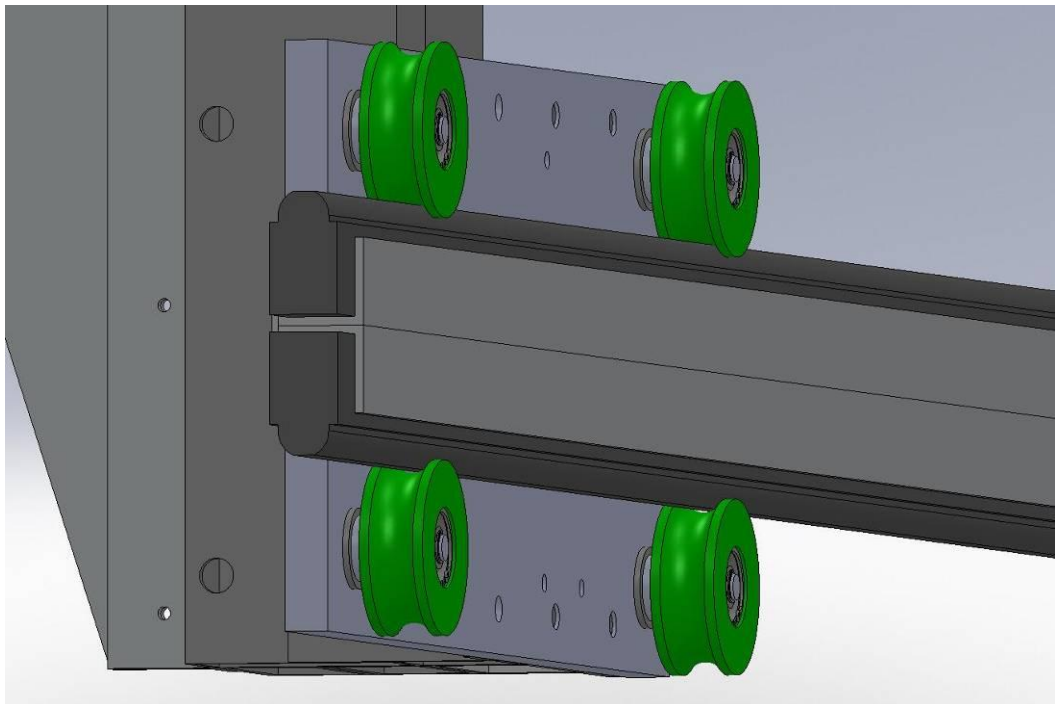
X- ja y-akselin päätyvaimentimet on toteutettu teräsrousilla kummankin liikkeen ääripäissä. Niiden tarkoituksena on estää koneen mekaniikkaa vaurioitumasta virhetilanteessa, jossa työalue ylitetään. X-liikkeen jousien painumamatka on noin 70 mm, ja rajakytkin sijaitsee noin 70 mm, ennen kuin kelkan vaste ottaa jouseen. Y-akselissa painumamatka on noin 60 mm, ja rajakytkin on katkaisemassa liikettä jo noin 50 mm ennen sitä. Rajakytkimien kytkentäkohtien sijainneilla reilusti ennen liikkeiden fyysisiä rajoja pyritään varmistamaan se, että servovahvistimet ehtivät suorittamaan hätäjarrituksen ajoissa. Jouset on valittu empiirisen valintaprosessin perusteella, ja niiden toimivuus on testattu työntämällä kukin liikeakseli huomattavalla ylinopeudella päin vaimennintaan.



KUVIO 26. Päätyvaimentimen sijainti runkorakenteen alla.

7.11 Johteet ja juoksurullat

Johdekiskot muodostuvat puolipyöreiksi koneistetuista polyasetaalikiskoista (POM), jotka on asennettu alumiinisen u-profiilin sisään ruuvaamalla. Profiilin tehtävänä on tukea ja toimia mittatarkkana asennusta helpottavana elementtinä kiskon ympärillä. Kokonainen johde muodostuu kahdesta vastakkain asennetusta johdekiskosta. Kiskojen puolipyöreä muoto on koneistettu vasta valmiiksi kasattuun pakettiin, ja niiden harjalle on jätetty tasanne juoksurullien asettumisen varmistamiseksi. Kiskoja myöten kulkevat kelkkoihin kiinnitetyt teräksiset juoksurullat, joiden uran säde on muutamaa sadasosamillia pienempi kuin kiskon säde. Tällä järjestelyllä on saatu aikaiseksi halpa, hiljainen, mittatarkka ja kulutusta kestävä johdesysteemi. Juoksurullia on jokaisessa kelkassa neljä kappaletta, joista alemmat rullat ovat kiristettävissä johdetta vasten sen epäkeskiksi sorvatun akselitapin avulla. Juoksurullat ja niiden akselitapit on koneistettu NC-sorvilla, jolla on aikaansaatu yhdenmukainen laatu kaikille komponenteille.



KUVIO 27. 3D-mallinnus x-liikkeen johdepaketista, jossa näkyy juoksurullien sijoittuminen kiskoja vasten.

7.12 Alumiiniprofiilit ja liitokset

Erilaiset alumiiniprofiilit ovat olleet avainasemassa runkorakenteiden toteutuksessa. Profiilien liittämässä ei voitu käyttää hitsausliitoksia vetelyn takia missään sellaisessa kohteessa, joka olisi voinut aiheuttaa geometrian vääristymistä. Tästä syystä kaikki liitokset on tehty käytännössä pulttaamalla, ruuvaamalla tai niittaamalla. Erityistä tarkkuutta vaativat profiilien sahauskset on suoritettu yhteistyökumppanilla, jolla on automaattinen kaksiteräsaha. Kaikkien liitoksien toteutustapa on päätetty tekovaiheessa, ja siinä on luotettu tilaajayrityksen pitkään kokemukseen. Periaatteena on ollut tehdä rakenteista mahdollisimman lujia liitosten osalta. Itseporautuvilla ruuveilla on tehty suurin osa liitoksista, mutta niissä on käytetty esiporausta, jotta puristus liitettävien pintojen välille on saatu mahdollisimman suureksi.

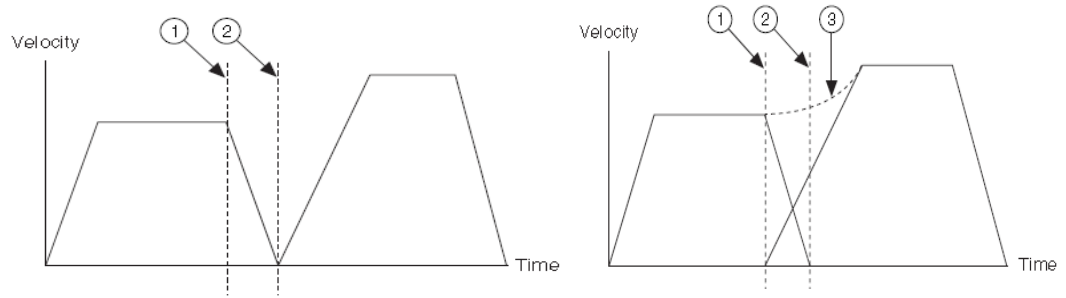
7.13 Kaapelointi

Kaikki kaapeloinnit ohjauskeskukselta leikkurille on tehty punotuilla, suojavaipallisilla ja moninapaisilla kaapeleilla, jotka soveltuvat käytettäväksi energiansiirtoketjuissa. 24 V:n ohjauksiin on käytetty 0,75 mm²:n kaapeleita ja 230 VAC:n syöttöihin 1,5 mm²:n kaapeleita. Liitöntakoteloina on käytetty talotekniikasta tuttuja valkoisia rasioita, jotka ovat halpoja ja helppoja käyttää ja niiden IP-luokitus pysyy kunnossa kalvo-läpivientien ansiosta. Punottujen kaapeleiden vaipat on jatkettu yhtenäisiksi ketjuiksi liitöntärasioilla niin, että ketjun ohjauskeskuksen puoleinen pää on kytketty suojavaaahan ja loppupää on irti. Näin on pyritty vähentämään suojavaipassa kulkevia häiriövirtoja. 6 mm²:n suojavaadoitusjohdin liittää leikkurin kaikki kiinteät ja liikkuvat rakenteet suojavaadoitukseen. Ohjauskeskukselta koneen runkoon tuleva kaapeliniippu on suojattu jälkiasennettavalla, halkaistavalla ja kaksiosaisella suojaputkella. Jokaiselle liikeakselille johdotukset kulkevat omaa energiansiirtoketjuaan myöten

8 WENKURAN KÄYTTÖLIITTYMÄ JA OHJAUSOHJELMA

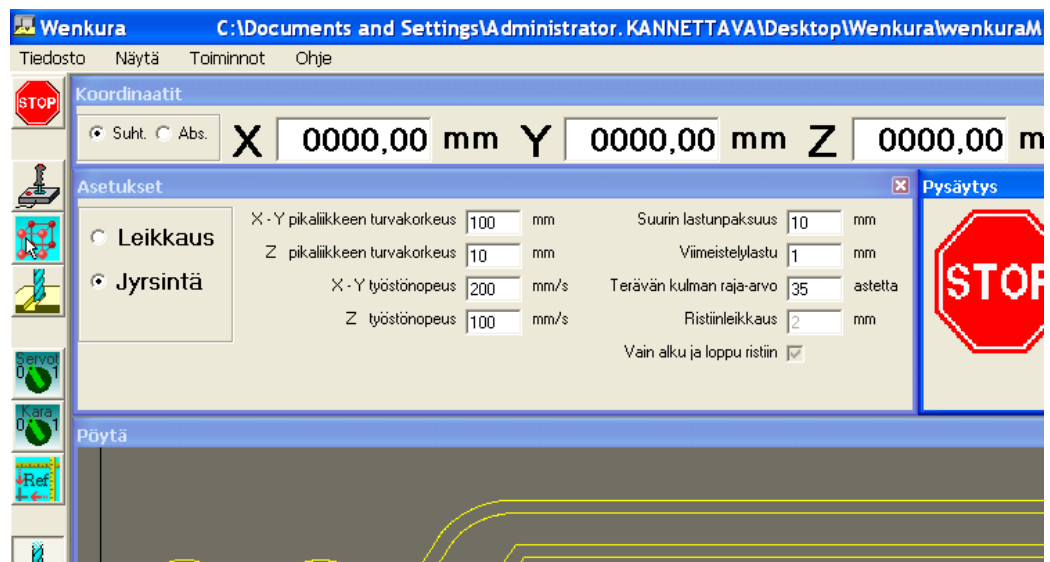
Teknisessä mielessä koko leikkurin sydän on liikkeenohjauk kortti, jonka kautta tapahtuu kaikkien koneen toimintojen ohjaus. Kortista löytyy useita erilaisia rajapintoja, joiden avulla liikkeenohjauk kortin toimintoja voi hallita. Tässä projektissa on käytetty hyväksi rajapintaa VisualBasic:lle, jolla ohjausohjelman ja käyttöliittymän ohjelmointi on toteutettu.

Käyttöliittymä ja ohjausohjelma muodostavat kokonaisuuden, joka kommunikoi lähes reaaliajassa liikkeenohjauk kortin kanssa. Työstögeometriat voidaan tuottaa useilla yrityksen käytössä olevilla suunnitteluohjelmilla. Tiedostot tuodaan ohjaus-tietokoneelle plt-muodossa, joka sisältää valmiiksi vektorimuotoista pisteratain-formaatiota. Tuonnin jälkeen käyttöliittymässä voidaan suorittaa joitain muokkaus-toimintoja tiedostolle, mutta muuten se onkin lähes valmiissa muodossa lähetettäväksi liikkeenohjaukselle. Liikkeenohjauk kortilla on mielenkiintoinen ominaisuus, joka seuraa pisteratatietoa keskeytyksettä. Periaate toiminnossa on, että seuraavaa pistettä kohti lähdetään kiihdyttämään, samalla kun liikettä alettaisiin jarruttaa edellistä pistettä varten (KUVIO 26). Tämä aiheuttaa määriteltyjen kiihtyvyyksien ja nopeuksien rajoissa sen, että koskaan ei saavuteta radan nurkkapisteitä radan alun ja lopun välillä, vaan nurkat pyöristyvät. Pyöristyminen on sitä suurempaa, mitä hitaammilla kiihtyvyyksillä tai suuremmilla nopeuksilla liikkeitä toteutetaan. Jotta teräviksi halutut nurkat saadaan aikaan, käyttöliittymässä voidaan määritellä terävien kulmien raja-arvo. Sen avulla aiheutetaan liikkeen pysähtyminen teräviksi tarkoitetuissa kulmissa, jolloin ne myös toistuvat terävinä.



KUVIO 28. Liikkeiden yhdistäminen toisiinsa ja siten saavutettu ajan säästö. Ensimmäisessä profilissa liike pysähtyy hetkellä 2, toisessa pysähdystä ei tapahdu vaan liike jatkuu käyrää 3 pitkin. (National Instruments 2005, 9/2-3.)

Jyrsinnässä käytetyt syvyysasetukset määritellään käyttöliittymässä ennen työstöä. Geometrian yksittäisiä objekteja, niiden osia tai kokonaisuuksia voi mielivaltaisesti asettaa eri syvyyksille. Ohjaus tekee tarvittavan määrän työkiertoja asetetun suurimman lastunpaksuuden ja viimeistelylastun paksuuden perusteella, jotta tavoitetsyvyyskseen päästään. Wenkuran z-akseli toteuttaa kaikki syvyysliikkeet. Leikattaessa veitsellä kalvoja, syvyysasetuksella määrätään jousikuormitteen veitsen paine pintaa vasten.



KUVIO 29. Yksityiskohta Wenkuran ikkunarakenteisesta käyttöliittymästä.

9 WENKURAN TOIMINTA

9.1 Toimintatilat

Wenkurassa on ohjelmallisesti toteutettu kaksi toimintatilaa. Vaihto eri toimintatilojen välillä tapahtuu käyttöliittymästä sekä vaihtamalla leikkuuterän ja karan paikkaa z-kelkassa. Kelkassa on teline, johon käyttövuoroaan odottava työkalu voidaan asettaa. Koneen x- ja y- akselit toimivat yhdessä siten, että niillä voidaan ajaa haluttuja ratoja ilman, että liike keskeytyy. Z-akseli ei liiku työkiertojen aikana koskaan yhtä aikaa muiden akseleiden kanssa.

9.1.1 Leikkaustila

Leikkaustilassa työstävänä elementtinä on vapaasti laakeroitu veitsi. Veitsen kärki on hiukan sivussa laakerointipisteestään, jolloin leikkuu tapahtuu aina tangentin suuntaan. Ohjelmaan on toteutettu ominaisuudet, jotka kompensoivat veitsen hiukan perässä seuraavaa kärkipistettä. Veitsi on valmis kaupallinen komponentti. Teränpitimessä on jousikuorma, joka painaa terää suoraviivaisesti leikattavaa materiaalia vasten. Z-liikkeen asemalla voidaan jousen viritystä ja painetta säätää alkaen noin 200 g:sta.

9.1.2 Jyrsintätila

Jyrsintätilassa leikkaus tai/ja työstäminen tapahtuu pyörivällä terällä. Karana on tällä hetkellä Bosch:n valmistama suorahiomakone, johon on olemassa holkit 3 mm:n, 6 mm:n ja 8 mm:n terille. Karan pyörimisnopeus on säädettävissä siinä olevasta säätimestä. Terän jäähdyttämiseksi on karan viereen asennettu puhallusputki, jossa on käsikäyttöinen hana ilmamäärän säätämistä varten ja magneettiventtiili puhalluksen toiminnan ohjaamiseen. Ohjauskeskuksessa on karan ja magneettiventtiilin kontaktorit, ja niitä ohjataan käyttöliittymästä. Ohjelmallisesti voidaan työkiertoihin asettaa mm. syvyysasetukset, maksimi lastunpaksuudet ja viimeistelylastun paksuus. Z-akseli toteuttaa kaikki syvyysasetukset. Käyttöliittymän perusase-

tuksissa on määritelty mitat, joilla korjataan asemointivirhe jyrsinterän ja leikkuuterän välillä.



KUVIO 30. Kuvassa keskellä jyrsinkara ja oikealla teränpidin telineessään. Kuvassa näkyy myös terän jäähdyttämiseen tarkoitettu taipuisa puhallusputki.

9.2 Turvatoiminnot

Toimintojen tarkoituksena on estää ja ehkäistä vaaratilanteiden syntyminen sekä minimoida niistä syntyneet seuraukset. Vaaratilanteet voivat aiheuttaa uhan joko henkilöille, itse koneelle tai esimerkiksi työkappaleelle. Turvatoimintojen ensisijainen tehtävä on poistaa tai vähentää henkilöille aiheutuvia vaaratekijöitä.

9.2.1 Häätäpysäytys

Hätäpysäytysjärjestelmä aktivoituu painettaessa mitä tahansa viidestä hätä-seis - painikkeesta tai kun optiona olevan turvavalopuomin säde katkeaa. Kumpikin tapahtuma katkaisee kahdennetun turvalinjan, jolloin master- turvarele laukeaa ja katkaisee välittömästi energiat toimilaitteilta (kara tms.). Servovahvistimet saavat tiedon hätä-seis toiminnosta siten, että kaikkien akselien molemmilta turvarajoilta katkeaa virta, jolloin vahvistimet aloittavat hätäjarrutuksen. Servovahvistimilta katkeavat syötöt viivästettynä vasta jarrutuksen jälkeen. Hätä-seis -tilassa kaikki 24 VDC:n jännitteet ovat katkaistuna. Tämä on välttämätöntä, koska osa servovahvistimien vika- ja turvatoiminnoista saadaan kuittautumaan vain katkaisemalla 24 VDC:n apujännite. Järjestelyllä estetään myös liikkeenohjauskortin lähtöjen kytketyminen aktiiviseksi silloin, kun pääkytkimestä kytketään virrat päälle, ja kun tietokonetta ole vielä ehditty käynnistää.

9.2.2 Asema hukataan

Jos liikeakselille kohdistuu poikkeavan suurta liikettä vastustavaa voimaa, voidaan olettaa jonkin olevan vialla. Tällainen tilanne voi aiheutua vieraan esineen, esimerkiksi raajan joutuessa paikkaan, jossa se estää akselin liikettä tai jos esimerkiksi ajetaan terällä päin kappaletta. Näissä tapauksissa on tärkeää saada voima pois akselilta mahdollisimman nopeasti ja näin estää tai lieventää mahdollisesti syntyviä vaurioita.

Servovahvistin havaitsee, jos moottorin asema ei vastaa ohjattua asemaa. Tämä tilanne on silloin, jos jokin yrittää estää akselin liikettä. Havaitsemisen herkkyyttä voi säätää vahvistimen parametreista. Servovahvistin antaa tästä tiedon ohjaukselle ja suorittaa jarrutuksen säädetyssä ajassa kyseiselle akselille. Ohjausjärjestelmä pysäyttää myös kaikki muut akselit ja toiminnot sekä antaa käyttöliittymässä tiedon tapahtuneesta.

9.2.3 Turvavalopuomi

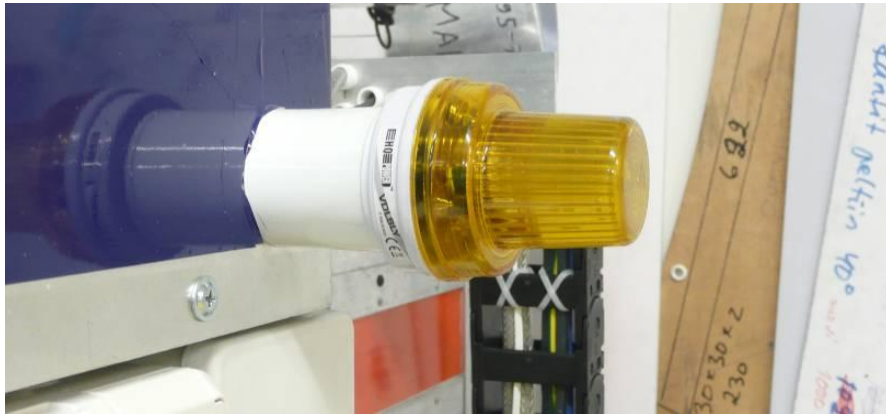
Koneen ympärille on mahdollista asentaa turvavalopuomi. Puomin valonsäteen katkeaminen aiheuttaa normaalin hätä-seis toiminnan. Tässä tapauksessa riittänee kolmisäteinen turvavalopuomi, jonka säteet sijaitsevat 400 mm:n, 750 mm:n ja 1100 mm:n korkeudella. Turvavalopuomille on erillinen turvarele ohjauskeskuksessa, ja se katkaisee suoraan kahdennetun hätä-seis -linjan. Turvavalopuomi on tässä vaiheessa valmiiksi rakennettu optio, joka mahdollistaa koneen turvallisuustason nostamisen, mikäli myöhemmät riskikartoitukset osoittavat sen tarpeelliseksi.

9.2.4 Turvavalopuomin ohitus

Koneen vaara-alueelle, eli turvavalopuomin rajaamalle alueelle, saatetaan joutua menemään erityisestä tarpeesta koneen käydessä. Tämä on tehty mahdolliseksi siten, että avainkytkin ohjauskeskuksen kyljessä käännetään hidas-asentoon. Tällöin koneen liikenopeudet rajoittuvat liikkeenohjauksen toimesta nopeuteen 200 mm/s ja käyttöliittymään tulee punaisena vilkkuva varoitus tilasta. Vaara-alueelle menijän tulee ottaa avainkytkimen avain lukosta mukaan, jolla varmistutaan, ettei kukaan toinen voi kääntää kytkintä normaali-asentoon tänä aikana. Avaimen kääntäminen takaisin normaali-asentoon pysäyttää koneen, jos sitä ei ole vielä käyttäjän toimesta pysäytetty. Koneen toiminnan jatkaminen vaatii kuittauspainikkeen painalluksen.

9.2.5 Huomiovilkut

Leikkuriin on asennettu kaksi keltaista huomiovilkkua. Ne on sijoitettu y-kelkan molemmille puolille ja ne antavat visuaalista varoitussignaalia silloin, kun koneen liiketila on muuttumassa tai siihen on mahdollisuus. Vilkkujen tarkoituksena on varoittaa koneen läheisyydessä olevia henkilöitä, että he voivat ajoissa poistua koneen mahdolliselta liikealueelta. Käytännössä vilkku on aina toiminnassa, kun servovahvistimet ovat kytkeneet käyttöjännitteet servomoottoreille.



KUVIO 31. Toinen koneen huomiovilkuista.

9.3 Referenssin haku

Toiminnan tarkoituksena on määrittää kunkin liikeakselin sijainti tarkasti. Tämä on tarpeen, jotta leikkurin koko liikeala voitaisiin hyödyntää tehokkaasti ja turvallisesti ilman liikealueiden ylityksiä. Referenssin hakutoiminnan aikana kukin liikeakseli etsii akseleilla olevan alumiinisen haitan pään. Haitta havaitaan induktiivisella lähestymiskytkimellä, ja sen pää on koneen todellisen origon lähetyvillä. Ensimmäinen liikesuunta haitan reunaan kohti määrittäytyy sen mukaan, onko haitta aktiivinen vai ei. Haitan reuna ohitetaan useita kertoja aina etsintänopeutta hidastaen niin, että viimeinen lähestyminen suoritetaan aina samasta suunnasta. Kun kaikki reunat ovat löytyneet järjestyksessä z, y ja x, asetetaan liikkeenohjauksen laskurit esiasetettuihin arvoihin, jotka vastaavat kelkkojen todellisia sijainteja. Varsinaiseen nollapisteeseen siirtoa ei tässä vaiheessa suoriteta, vaan se jää käyttäjän tehtäväksi, jos hän niin haluaa.

10 WENKURAN TUOTEMERKKI

Ensivaikutelman antaminen erilaisten visuaalisten ratkaisuiden avulla on usein ensiarvoisen tärkeää, kun pyritään luomaan mielikuvaa laadukkaasta tuotteesta. Siksi myös graafinen suunnittelu on tärkeässä asemassa, jotta tuotteelle saadaan luotua muista edukseen erottuva identiteetti. (Lehtinen 1994, 79.) Tuotemerkki on tuotteen nimestä ja merkistä rakennettu visuaalinen symboli, ja se erottaa tuotteen toisista tuotteista. Kun tuotemerkki rekisteröidään virallisesti, muuttuu se tavaramerkiksi, jolloin merkin graafinen ulkoasu on suojattu vain sen haltijan käyttöön. (Poirolainen, Andelmin, Casagrande, Hiltunen, Klippi, Markkanen, Mäkijärvi & Rissanen 1994, 100.)

Tavoitteeksi asetettu siisti laitteen ulkonäkö laajentui työn aikana käsittämään myös koneelle suunnitellun tuotemerkin. Wenkura -nimi syntyi jo työn varhaisessa vaiheessa ideariihen seurauksena. Suomalaisissa murteissa on yleisesti käytössä venkura -sana, kun tarkoitetaan epäsäännönmukaista muotoa. Tässä tapauksessa sana viittaa vapaasti määritettäviin geometrioihin, joita leikkuri voi keskeytyksettä seurata. Nimen tuli olla mahdollisimman kotimainen, mutta se ei saanut olla rajoittamassa kansainvälisten mielikuvien syntymistä. CNC-koneiden valmistajista ainakin Nakamura ja Kitamura kuuluvat samaan ryhmään nimensä puolesta, ja näin tuotteen asemointi oikeaan kategoriaan saa tukea. Wenkura – nimi muodostuu osista We-n-ku-ra, joihin löytyy tarkka vastine latinalaisilla aakkosilla kirjoitetuista Japanilaisista merkistöistä. Japanin suuntaan saavat mielikuvat liikkuakin, sillä onhan japanilainen tehokkuus- ja laatuajattelu yleisesti tunnettua. Wenkura -tavaramerkki on rekisteröity Patentti- ja Rekisterihallituksessa (LIITE 13). Rekisteröinti koettiin tärkeäksi, koska ajatuksena oli hyödyntää merkkiä mahdollisiin muihinkin samantyyppisiin projekteihin tulevaisuudessa.



KUVIO 32. CNC-leikkurin virallinen tavaramerkki.

Wenkuran tavaramerkki koostuu tyylitelystä, mutta yksinkertaisesta ja helposti luettavasta Wenkura – tekstistä sekä W-kirjaimen muotoa jatkavasta nuolikuvioista, joka jatkuu tekstin yläpuolella sen loppuun saakka. Tekstin kallistus ja nuolen ”sä-häkkä”, eteenpäin suuntautuva ilme kuvastavat tuotemerkin innovatiivista asennetta kohdata tulevaisuuden asettamia haasteita. Toisaalta tekstin muodostama ”jä-mäkkä” runko toimii luottamusta herättävänä perustana, joka symboloi merkin tukeutumista vahvaan tietotaitoon ja sitoutumista saavuttaa sille asetetut tavoitteet.

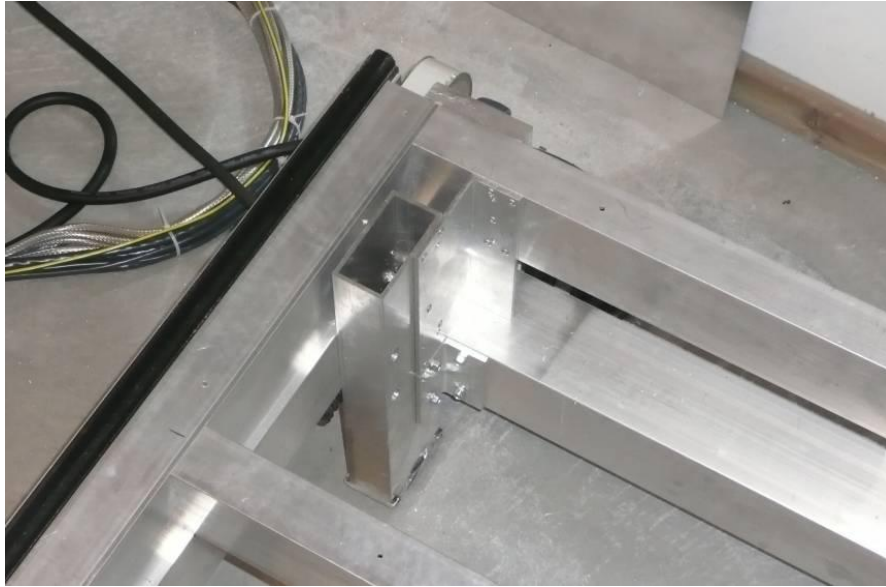
11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön ja siihen kiinteästi kuuluneiden kahden yritysprojektin tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa Yes Neon Oy:lle porttaalityyppinen tasoleikkuri maanosalan tarpeita varten. Mekaanisesti koneen tuli kyetä suorittamaan leikkausta ja jyräyttämään pyörivän terän avulla levyateriaaleille sekä kalvomaisten materiaalien leikkausta veitsimäisen komponentin avulla. Leikkurille oli asetettu vaatimuksia myös mittojen, nopeuksien, rakenteen, laajennettavuuden, kustannusten ja tarkkuuden suhteen. Työn kaikista keskeisistä tavoitteista oli laitteen helppokäyttöisyys ja joustavuus, joka tuli saavuttaa integroimalla käyttöliittymä ja ohjaus yhdeksi, reaaliajassa toimivaksi kokonaisuudeksi.

Työn ensimmäinen vaihe oli etsiä sopiva pc-tietokoneeseen kytkettävä liikkeenohjauskortti, jonka jatkoksi muu järjestelmä voitaisiin toteuttaa. Ohjainkortiksi valittiin National Instrumentsin valmistama huokea, askelpulssiohjausta tuottava malli, jossa oli kuitenkin kaikki työssä vaaditut ominaisuudet. Liikkeenohjauskortin toiminnan kanssa kokonaisuuden muodostavaa käyttöliittymää ja ohjausohjelmaa ei ole käsitelty tässä työssä. Rakentamisvaiheen aluksi suunniteltiin ja toteutettiin ohjauskeskus, jonka suurin haaste oli toimia luotettavana ja häiriöttömänä linkkinä liikkeenohjauskortin ja Wenkuran toimilaitteiden ja anturoinnin välillä. Keskukseen valmistuttua oli mahdollista suorittaa alustavia testejä ilman mekaniikan rikkoutumisriskiä. Tässä vaiheessa oli tärkeää korjata ohjausohjelman vikoja ja puutteita, jotta kaikki olisi mahdollisimman valmiina, kun mekaniikka valmistuisi. Turvallisuusnäkökohdat otettiin koneasetuksen mukaisesti huomioon jo alusta lähtien, jotta vaatimuksenmukaisuus toteutuisi, ja että koneelle olisi mahdollista tuottaa CE -merkintään oikeuttava tekninen rakennetiedosto.

Mekaniikan keskeinen ongelma oli sopivan ja helposti toteutettavan johdesysteemin löytäminen. Pitkien, x- ja y-liikkeiden johteet toteutettiin juoksurullajohteina, joissa polyasetaalikiskot ohjaavat niillä kulkevia teräsrullia. Itse työ eteni johdekiskojen kasaamisesta ja koneistamisesta kokonaisten johde-elementtien kokoonpanoon. Tämän jälkeen kasattiin Wenkuran runko, jonka johteille asennettuihin kelkkoihin asennettiin ensin porttaalin tolpat ja sitten itse porttaalin puomi. Kun puomin joh-

teille oli asennettu y-kelkka, voitiinkin z-akselin lineaariyksikkö rakenteineen asentaa paikoilleen. Hihnäkäyttöjen, moottoreiden, johdotusten ja antureiden asennusten jälkeen systeemiä testattiin ja säädettiin. Seuraavaksi pöydän kansivanerit ja voimansiirron suojuukset asennettiin paikoilleen.



KUVIO 33. Wenkuran mekaniikkaa ja runkorakennetta.

Tuotannollisia testejä on suoritettu Wenkuralla sen valmistumisesta lähtien, ja monia asioita on hienosäädetty ja kehitetty edelleen, jotta se voisi tehokkaammin palvella tehtävässään. Työpöydälle, työalan laajuudelle on asennettu toinen ohuempi vaneri, jonka pinta on oikaistu jyrsimällä se kauttaaltaan suoraksi koneen karaan kiinnitetyllä terällä. Pöydästä on näin saatu karan liikkeisiin nähden täysin suora, ja korkeusasetus pysyy vakiona koko työalalla. Karalle on rakennettu purunpoistoa varten sisäänpainuva ja harjareunainen suulake, joka osoitti toimivuutensa ensimmäisen kerran jo edellä kuvatussa pöydänoikaisussa. Wenkuran dekoratiiviset teipaukset on toteutettu siten, että koneen liikkeet ja vaaralliset kohteet on helpompi havaita. Näin turvallisuustasoa on saatu parannettua.



KUVIO 35. Wenkura sijoituspaikassaan.

Wenkura on osoittautunut käytössä luotettavaksi ja varmatoimiseksi laitteeksi, joka on välittömästi laajentanut yrityksen toimittamaa tuotevalikoimaa. Asiakkaiden tilauskanta koneella tehtävistä tuotteista on kasvanut tasaisesti, kun he ovat päässeet toteamaan tuotteiden hyvän laadun ja toimituskapasiteetin. Kokonaan uudenlaisten ratkaisuiden tekemistä Wenkuran avulla on tutkittu, ja niistä on tullut innostavia kokemuksia. Leikkuria on helppo käyttää, ja käyttöliittymässä ja ohjausohjelmassa olleet viat alkavat olla korjattuja. Parasta on, että niiden korjaantumiseksi ei ole tarvinnut odottaa ohjelman uutta päivitystä suurine kuluineen. Riippumattomuus kalliista ja hitaasta päivitys-oravanpyörästä on toteutunut.



KUVIO 34. Jyrsimällä irtileikattuja pienehköjä kirjaimia.

Leikkurin mekaniikan osalta ovat vaatimukset täyttyneet. Sinänsä samantyyppisiä laiteratkaisuja olisi ollut tarjolla lukuisia, mutta ne olisivat olleet huomattavan kalliita ja kömpelöitä kokonaistoimituksia ohjauksineen ja ohjelmistoineen. Wenkura on kaikilta osin käyttötarkoitukseensa räätälöity laite, jonka keskeisin idea piilee ennen kaikkea pc-tietokoneen sisään rakennetussa käyttöliittymän, ohjausohjelman ja liikkeenohjaukskortin sekä ohjauskeskuksen muodostamassa kokonaisuudessa.



KUVIO 35. Ohjauskeskuksen muodostama operointitaso.

Tulevaisuuden kehityskohteita tulevat olemaan Wenkuran teknisen rakennetiedoston laatiminen, jotta CE-merkintä voidaan toteuttaa. Käyttöliittymään tullaan toteuttamaan uusia ominaisuuksia, jotka helpottavat entisestään joitakin rutiinitoimenpiteitä. Ominaisuuksien lisäämisen osalta on pidettävä kuitenkin varansa, ettei käyttö muutu liian monimutkaiseksi. Laitteeseen on kehitteillä imupöytä levymateriaaleja varten sekä kuumalankaleikkuri, jolla voidaan leikata foameja. Riittävän tehokkaan ja suurella säiliöllä varustetun purunpoistomurinin etsiminen on myös osoittautunut tarpeelliseksi. Käyttöliittymän, ohjauksen ja käyttöjen yhdistelmää on mahdollista soveltaa esimerkiksi muutos- tai modernisointikohteissa, ja sitä voi hyödyntää tarvittaessa lähes sellaisenaan.

Tämän työn tekeminen oli äärimmäisen kiinnostava ja monipuolinen prosessi, joka ei jättänyt haastamatta mitään osa-aluetta opintojeni sisällöstä. Työn kirjallisessa osassa ei keskitytä kuvaamaan suunnittelu- ja toteutusvaiheen systemaattista ja kronologista etenemistä, vaan ennemminkin pyritään antamaan hyvä yleiskuva niistä seikoista, jotka nousivat merkittävästi esille työn edetessä. Ainut karkea aikajärjestyksessä oleva kuvaus työn kulusta on esitetty työn yhteenvedossa. Toisin sanoen tässä opinnäytetyössä esitellään niitä tuotoksia ja ratkaisuja, joita on löytynyt prosessin aikana. Tämän tyyppinen kuvaus uskoakseni palvelee paremmin niitä mahdollisia mekatronisten koneiden rakentajia, jotka tätä työtä lukevat.

LÄHTEET

Painetut lähteet:

Airila, M. 1993. Mekatroniikka. 6. muuttumaton painos. Helsinki: Otatieto Oy.

Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen P. & Suosara, E. 2006. Koneenelimet ja mekanismit. Helsinki: Edita.

Fonselius, J., Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1998. Servotekniikka. Koneautomaatio. Helsinki: Opetushallitus.

Lehtinen, M. 1994. Teollinen muotoilu, tuotekehityksen ja markkinoinnin tuki. Helsinki: Opetushallitus.

Niiranen, J. 1999. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki: Otatieto Oy.

Pikkarainen, E. 1999. NC-tekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

Poikolainen, L., Andelmin, M-L., Casagrande, U., Hiltunen, H., Klippi, Y., Markkanen, T-R., Mäkijärvi, H. & Rissanen, J. 1994. Design management, yrityskuvasta kilpailuvaltti. Keuruu: Otava Oy

Siirilä, T. & Kerttula, T. 2009. Koneturvallisuuden perusteet. Toinen uusittu painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka ky.

Vesämäki, H. 2007. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi. Teknologiateollisuuden julkaisuja 11/2007. Helsinki: Teknologiaiinfo Teknova Oy.

Elektroniset lähteet:

Kontram Oy. 2011a. Alpha Rack & Pinion [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

http://www.kontram.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=136%3Aalpha-rack-a-pinion&Itemid=272&lang=fi

Kontram Oy. 2011b. Alpha hammastankokäytöt eivät ole vahvoilla vain pitkillä liikematkoilla [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

http://www.kontram.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=249%3Aalpha-hammastankokaeytoet-eivaet-ole-vahvoilla-vain-pitkillae-liikematkoilla&catid=1%3Aartikkelit&Itemid=310&lang=fi

Movetec Oy. 2011a. Hammashihnat, Lineaaritekniikka. [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/tuotteet/hammashihnat/hammashihnat-lineaaritekniikka>

Movetec Oy. 2011c. Tollo Thomson [viitattu 18.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.movetec.fi/tuotteet/lineaariyksikot/lineaariyksikot-tollo-thomson>

Phoenix Contact. 2011. KEL-Kabeleinführungsleisten für vorkonfektionierte Leitungen [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa:

http://www.phoenixcontact.lu/news/171_34169.htm

Schaeffler Finland Oy. 2011a. Lineaarilaakerit vierintäelimillä ja lineaariliukulaakerit [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa:

http://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/fi/products/productinformation/linear_products/index.jsp

Schaeffler Finland Oy. 2011b. Profiliijohteet [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa:

http://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/fi/products/productinformation/linear_products/monorail_guidance_systems/monorail_guidance_systems.jsp

Schaeffler Finland Oy. 2011c. Pyöröjohteet [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa:

http://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/fi/products/productinformation/linear_products/shaftguidance/wellenfuehrungen.jsp

Schaeffler Finland Oy. 2011d. Juoksurullajohteet [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: http://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/fi/products/productinformation/linear_products/trackrollerguidance/laufrollenfuehrungen.jsp

Työsuojeluhallinto. 2008. Koneturvallisuus. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 16. Työsuojeluhallinto [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2008/12/tso_16-2009.pdf

Ylén, J-P., Ventä, O., Tommila, T., Lappalainen, J., Hirvonen, J., Karhela, T., Paljakka, M., Lehtinen, H., Heilala, J., Peltonen, J., Malm, T., Valkonen, J & Voho, P. 2010. Automaatio liiketoimintaprosessin tukena. Tekes [viitattu 1.3.2011]. Saatavissa Tekesin julkaisuissa: http://www.tekes.fi/fi/community/Julkaisut_ja_uutiskirjeet/333/Julkaisut/1367

Suulliset lähteet:

Nissinen, J. 2011. Toimitusjohtaja. Yes Neon Oy. Haastattelu 14.1.2011.

Kuvalähteet:

KUVA 1. Grapo Technologies, a.s. 2011. Gemini [viitattu 16.3.2011]. Saatavissa: <http://www.grapo.com/web/en/press/product-images>

KUVA 2. Summa bvba. 2011. User's manual for the Summa Cut. [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: http://www.summa.be/download/oldcut_en.pdf

KUVA 5. Aseko Oy. 2011a. Servomoottorit ja -ohjaimet [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: http://www.aseko.fi/tuotteet/index.php?group=00000712&mag_nr=3

KUVA 6. Aseko Oy. 2011b. Askelmoottorit ja -ohjaimet [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: http://www.aseko.fi/tuotteet/index.php?group=00000712&mag_nr=3

KUVA 7. Konaflex Oy. 2011a. Tarkkuusvaihteet [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

http://www.konaflex.fi/tuotteet/index.php?group=00000135&mag_nr=3

KUVA 8 a. Konaflex Oy. 2011b. Lamelli- ja kuorikytkimet [viitattu 12.3.2011].

Saatavissa:

http://www.konaflex.fi/tuotteet/index.php?group=00000118&mag_nr=3

KUVA 8 b. Konaflex Oy. 2011c. Joustavat kytkimet [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

http://www.konaflex.fi/tuotteet/index.php?group=00000115&mag_nr=3

KUVA 8 c. Konaflex Oy. 2011d. Hammaskytkimet [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

http://www.konaflex.fi/tuotteet/index.php?group=00000116&mag_nr=3

KUVA 9. Oy SKF Ab. 2011a. Mekatroniikka, Ball screws [verkkodokumentti].

France: SKF Group. [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.skf.com/files/779283.pdf>

KUVA 10. Oy SKF Ab. 2011b. Mekatroniikka, Linear motion standard range

[verkkodokumentti]. France: SKF Group [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.skf.com/files/865885.pdf>

KUVA 11. Movetec Oy. 2011b. Lineaaritekniikka [verkkodokumentti] [viitattu

12.3.2011]. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/images/pdf/lineaaritekniikka2.pdf>

KUVA 12. Oy Jens S Ab. Rullaketjüket [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa:

<http://www.jens->

[s.fi/LinkClick.aspx?fileticket=d%2fQdTvNK938%3d&tabid=3022&mid=5401](http://www.jens-s.fi/LinkClick.aspx?fileticket=d%2fQdTvNK938%3d&tabid=3022&mid=5401)

KUVA 13. Schaeffler Finland Oy. 2011b. Profiilijohteet [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa:

http://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/products/productinformation/linear_products/monorail_guidance_systems/monorail_guidance_systems.jsp

KUVA 14. Oy SKF Ab. 2011b. Mekatroniikka, Linear motion standard range [verkkodokumentti]. France: SKF Group [viitattu 12.3.2011]. Saatavissa: <http://www.skf.com/files/865885.pdf>

KUVA 15. Schaeffler Finland Oy. 2011d. Juoksurullajohteet [viitattu 15.3.2011]. Saatavissa: http://www.schaeffler.fi/content.schaeffler.fi/fi/products/productinformation/linear_products/trackrollerguidance/laufrollenfuehrungen.jsp

KUVA 16. Movetec Oy. 2011d. RK RoseKrieger -lineaariyksiköt [viitattu 18.3.2011]. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/tuotteet/lineaariyksikot/lineaariyksikot-rk-rosekrieger>

KUVA 18. Kollmorgen 1998. Pulse connect Interface module integrated in digifas 7100-step and digifas 7200-step [verkkodokumentti]. Federal Republic of Germany: Seidel Corporation [viitattu 24.3.2011]. Saatavissa: http://www.kollmorgen.com/uploadedfiles/Files/Document/200603100417090.pulse_e.pdf

KUVA 28. National Instruments. 2005. Motion Control, NI-Motion User Manual. USA, Texas: National Instruments Corporation

IMC Series
Servomotors Series 8

Electrical specification

TYPE (4)	Stall torque M_s [Nm] (3) (6)	Current at stall torque I_s [A] (1) (2) (3)		Rated torque M_n [Nm] (3)	Rated current I_n [A] (1) (2) (3)		Rated speed n_n [rev/min]	Mechanical rated power P_M [kW] (3)	Peak torque M_{max} [Nm]	Current at peak torque I_{max} [A] (1)		Rotor inertia J_n [kg·cm ²] (2) (5)	Weight m [kg]	Poles N.
		400V	230V		400V	230V				400V	230V			
8NB.240...	0.36	-	0.79	0.34	-	0.75	4000	0.14	1.0	-	2.25	0.12	1.1	4
8N0.140...	0.53	-	1.05	0.47	-	0.99	4000	0.20	1.5	-	3.00	0.21	1.3	4
8N0.240...	0.95	-	1.86	0.84	-	1.73	4000	0.35	2.7	-	5.31	0.40	2.0	4
8C1.1.30...	1.3	1.4	2.1	1.2	1.3	2	3000	0.38	4.6	5.5	8.1	0.90	3.1	6
8C1.1.60...	1.3	2.1	3.2	1.05	1.8	2.7	6000	0.66	4.6	8.1	12.5	0.90	3.1	6
8C1.2.30...	2.5	2.5	3.1	2.2	2.3	2.8	3000	0.69	8.8	9.7	11.9	1.65	4.1	6
8C1.3.60...	2.5	2.4	3.1	2.2	2.4	2.8	6000	1.12	8.8	12.0	12.2	1.65	4.1	6
8C1.3.30...	3.6	2.4	4	3.1	2.2	3.6	3000	0.97	12.6	9.3	15.4	2.35	4.9	6
8C1.3.60...	3.6	4.3	7.8	2.3	2.9	3.4	6000	1.43	12.6	10.7	30.8	2.35	4.9	6
8C1.4.30...	4.5	2.8	4.9	3.8	2.5	4.4	3000	1.19	15.8	10.8	19.2	3.00	5.8	6
8C1.4.60...	4.5	4.9	9.2	2.5	3	6	6000	1.57	15.8	19.2	35.6	3.00	5.8	6
8C4.0.15...	3.9	1.5	2.9	3.8	1.5	2.9	1500	0.60	14.0	5.8	11.7	5.00	6.9	6
8C4.0.30...	3.9	2.8	4.8	3.4	2.4	4.3	3000	1.07	14.0	10.8	19.0	5.00	6.9	6
8C4.1.15...	7.3	2.5	4.4	6.9	2.5	4.3	1500	1.08	26.3	10.3	17.3	9.40	9.2	6
8C4.1.30...	7.3	4.6	7.5	5.8	3.8	6.2	3000	1.82	26.3	18.3	29.9	9.40	9.2	6
8C4.2.15...	9.6	3.3	4.8	8.8	3.2	4.6	1500	1.38	35.0	13.4	19.5	12.80	10.8	6
8C4.2.23...	9.6	-	7	8.1	-	6.7	2300	1.95	35.0	-	30.6	12.80	10.8	6
8C4.2.30...	9.6	5.8	9.3	7.2	4.6	7.3	3000	2.26	35.0	23.8	37.8	12.80	10.8	6
8C4.3.15...	11.6	3.9	6.8	10.6	3.7	6.5	1500	1.67	42.7	15.9	28.1	16.00	12.4	6
8C4.3.30...	11.6	7.2	12.6	8.2	5.4	9.4	3000	2.58	42.7	29.5	51.6	16.00	12.4	6
8C4.4.15...	14.1	4.6	7.5	12.7	4.3	7	1500	1.99	52.9	19.2	31.3	20.50	14.8	6
8C4.4.30...	14.1	7.9	14.3	9.4	5.6	10	3000	2.95	52.9	33.0	59.5	20.50	14.8	6
8C5.0.15...	12.2	4.2	8	11.6	4.1	7.7	1500	1.82	42.7	16.3	31.0	21.00	15.0	6
8C5.0.30...	12.2	8	13	10	6.8	11.3	3000	3.14	42.7	31.0	52.0	21.00	15.0	6
8C5.1.15...	16.9	5.3	10	16	5.1	9.7	1500	2.51	59.2	20.5	39.0	30.20	18.3	6
8C5.1.30...	16.9	11	17	13	8.8	13.6	3000	4.08	59.2	43.0	66.0	30.20	18.3	6
8C5.2.15...	21.5	7.5	13.2	20	7.1	12.5	1500	3.14	75.3	29.3	51.2	40.00	21.9	6
8C5.2.30...	21.5	14.1	21.1	16	10.9	16.3	3000	5.03	75.3	54.6	82.0	40.00	21.9	6
8C5.3.15...	25.8	8.4	16.9	23.5	7.8	16	1500	3.69	90.3	32.8	65.6	49.20	25.3	6
8C5.3.30...	25.8	15.6	25.3	18.5	11.6	18.9	3000	5.81	90.3	60.5	98.4	49.20	25.3	6
8C5.4.15...	30	9.8	16.3	27	9	15	1500	4.24	105.0	38.1	63.5	59.00	28.6	6
8C5.4.30...	30	17.8	32.7	21	13	24	3000	6.60	105.0	69.3	127.1	59.00	28.6	6
8C5.5.15...	34.1	11.9	17.4	30.5	10.9	16	1500	4.79	119.0	46.4	67.5	68.4	32	6
8C5.5.30...	34.1	21.2	31.8	22.7	14.8	22.2	3000	7.13	119.0	82.5	123.8	68.4	32	6
8C5.6.15...	38.2	12.5	18.7	33	11	16.6	1500	5.18	134.0	48.5	73.0	78.00	35.4	6
8C5.6.30...	38.2	23.4	37.4	24	15.5	24.7	3000	7.54	134.0	91.0	146.0	78.00	35.4	6
8C6.1.20...	40	19.30	-	20.8	10.6	-	2000	4.90	158.0	84.6	-	97.50	34.1	8
8C6.2.15...	69*	25	-	38.6	14.7	-	1500	7.77	268.0	106.8	-	188.00	49.6	8
8C6.3.10...	100*	26.8	-	78.1	22	-	1000	8.59	368.0	159.4	-	278.00	65.0	8

(1) Current values shown in the table are RMS values.
 (2) Tolerance ± 5%.
 (3) Duty type S1, ambient temperature mounted on 40 °C, steel flange (dim. 300x300x20mm - 600x400x25 for 8C6), altitude <1000 m s.l.m.
 (4) See table 2/4 for Servo motor code.

(5) Inertia can be increased, if necessary
 (6) Motor overtemperature: Δ 100 °C
 * The torque of this motor is derated, due to the converter (MC).



Series DKL

I.7 Technical data of the DKL series

		DKL			
Rated specifications		DIM	01501	02801	04201
Rated supply voltage	V~	3 x 80-400 / 50...60Hz +max. 10%			
Rated connected load for S1 operation	kVA	0.9	1.7	2.5	
Rated intermediate circuit voltage	V=	560			
Rated output value (rms value, ± 5%)	A _{rms}	1.5	2.8	4.2	
Peak output current (max. ca. 5s, ± 5%)	A _{rms}	6	10	16	
Switch-on threshold of ballast circuit	V	720			
Switch-off threshold of ballast circuit	V	680			
Pulse power of ballast circuit (max. 1s)	kW	3.2			
(Internal) cont. power of ballast circuit	W	75			
Switch-off threshold on overvoltage	V	750			
Form factor of output current (under rated specifications and min. load inductance)	—	1.01			
Min. motor inductance	mH	25	15	8	
Bandwidth of subordinate current controller	kHz	1			
Clock frequency of output stage	kHz	8.33			
Residual voltage drop at rated current	V	5			
Quiescent power loss, output stage disabled	W	15			
Power loss at rated current (incl. loss in power supply, without ballast dissipation)	W	33	45	60	
Inputs					
Setpoint, fixed, 14-bit resolution	V	±10			
Max. common mode voltage	V	±10			
Input resistance	kΩ	20			
Max. input drift	μV/K	±30			
Digital control inputs	V	12...36			
	mA	7			
Aux. voltage supply, isolated with motor-brake	V	18...36			
	A	1			
Aux. voltage supply, isolated with motor-brake	V	24 +10%/-5%			
	A	2			
max. output current motor-brake	A	1			
Connections					
Control signals	Mini Combicon 3.81 / 12 pole, 1.5mm ²				
Power signals	Power Combicon 7.62 / 12-pin, 2.5mm ²				
Resolver	SubD 9-pin (socket)				
PC interface	SubD 9-pin (socket)				
Position output: Option -ROD/SSI-	SubD 9-pin (plug)				
DKL-PULSE	PULSE CONNECT	Interface :	Mini Combicon 3.81 / 12-pin, 1.5mm ²		
DKL-Bit	BIT CONNECT	Interface :	Mini Combicon 3.81 / 12 pin, 1.5mm ²		
DKL-CS31	CS31 CONNECT	Interface:	Mini Combicon 3.81 / 3-pin, 1.5mm ²		
DKL-PROFIBUS	PROFIBUS CONNECT	Interface :	SubD 9-pin (socket)		
DKL-CAN	CAN CONNECT	Interface :	SubD 9-pin (socket)		
Mechanical					
Weight	kg	2.5			
Dimensions (h x w x d)	mm	275 x 71 x 235			

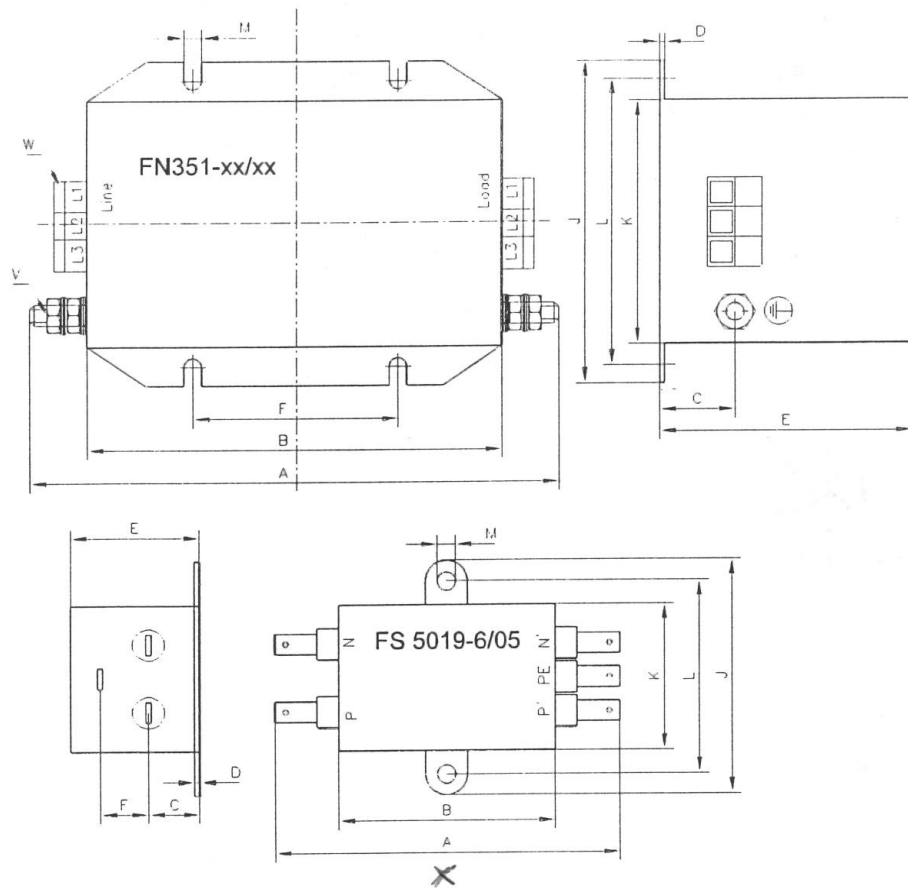


Series DKL

A.4.011.4/26

V Drawings

V.1 Mains filters FN351-xx/xx and power filter FS 5019-6/05 series



	FN351-6/05	FN351-5/29	FN351-8/29	FN351-16/29	FN351-50/33	
A	mm	65,5	190	220	240	250
B	mm	41	150	180	200	200
C	mm	9,6	17	17	17	17
D	mm	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75
E	mm	24,1	50	60	65	65
F	mm	9,1	85	115	115	115
J	mm	45	105	115	150	150
K	mm	28	75	85	112,5	120
L	mm	37	90	100	135	135
M	mm	3,5	6,5	6,5	6,5	6,5
V			M6	M6	M6	M6
W	mm ²	Foston	4	4	4	10
Weight	kg	0,065	1,1	1,8	1,8	3,1



Low-Cost Stepper Motion Controllers

NI 7330 Series

- Up to 4 axes of stepper motion
- 3D linear interpolation
- PXI (cPCI) and PCI versions available

Models

- NI PCI-7334
- NI PXI-7334

Operating Systems

- Windows 2000/NT/XP

Recommended Software

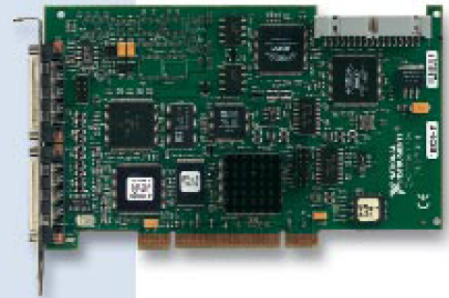
- LabVIEW
- NI Motion Assistant
- LabWindows/CVI
- Measurement Studio
- Motion Control Module for Measurement Studio

Other Compatible Software

- Visual Basic
- C/C++

Driver Software (included)

- NI-Motion



Overview and Applications

NI 7330 series devices are low-cost stepper motion controllers for point-to-point applications. These low-cost motion controllers provide new solutions for machine builders who need simple, straightforward motion control without a lot of extra features.

Unlike other low-cost motion controllers, NI 7330 controllers still have a variety of powerful features including:

- Linear interpolation for coordinating multiple axes.
- Real-time system integration for directly communicating with data acquisition or image acquisition boards
- High-performance stepper generation for ensuring smooth motion at high velocities.

NI-Motion Driver Software

NI 7330 devices use the NI-Motion driver. The advantage of this is that if your application needs change in the future, you can easily upgrade your hardware without having to change your code. You can also take advantage of any firmware updates with the field-upgradable firmware.

Integration Capabilities

Like other NI Motion controllers, NI 7330 controllers offer powerful integration capabilities with both data acquisition and machine vision. One of the most powerful is the RTSI bus or PXI trigger bus capability that you can use to communicate directly with other devices without extra wiring and without consuming bandwidth on the host bus. An NI 7330 is ideal when using stepper motors for applications where only simple motion is required.

Feature	NI 7330 Series
Maximum number of axes	4 axes
Closed loop stepper control	✓
Linear interpolation	✓
Configurable auxiliary DIO	✓
RTSI	✓
S-curve	✓
Configurable move complete criteria	✓
Software limits	✓
High-speed capture	✓
Blending	✓
Upgradeable firmware	✓
NI Motion software API	✓
Number of axes per 62.5 microsecond PID rate	1
Static PWM outputs	2
DIO	32 bits
Analog-to-digital converter	12-bit A/D
Stepper output rate	4 MHz maximum
Encoder rate	2.0 MHz maximum
PCI	✓
PXI	✓

Figure 1. NI 7330 Series Features



Poimi online-katalogista

DEK-OE- 5DC/ 24DC/100KHZ

Tilausnumero: 2964270

The illustration shows the version DEK-OE- 24DC/24DC/100KHZ



<http://eshop.phoenixcontact.fi/phoenix/treeViewClick.do?UID=2964270>

Input optocoupler, transmission frequency 100 kHz, with light indicator and protection circuit in input and output circuit, input: 5 V DC, output: 4 - 30 V DC/ 50 mA



Kaupalliset tiedot	
EAN	4017918107406
Pakkaus	10 kpl.
Tullitariffi	85364190
Paino/kappale	0,02179 kg
Tuoteluettelossa	Sivu 124 (IF-2007)

Tuotekohtaiset lisätiedot

WEEE/RoHS-yhteensopiva seuraavasta päivä määrästä lähtien: 16.05.2006



Huomioithan, että tiedot on otettu online-luettelosta. Täydelliset tekniset tiedot voit ladata osoitteesta <http://www.download.phoenixcontact.com>. Yleiset toimitus- ja käyttöehdot koskevat myös Internet-latauksia.

Tekniset tiedot

Input data

Nominal input voltage U_N	5 V DC
Input voltage range in reference to U_N	0.8 ... 1.2
Switching threshold "0" signal in reference to U_N	≤ 0.4
Switching threshold "1" signal in reference to U_N	≥ 0.8
Typical input current at U_N	7 mA

Moottorin momentti:	Mo(jatk)	= 3,6 Nm	
	Mo(hetk 5s)	= 7,7 Nm	
Vaihte:	i	= 20,5	
	η	= 0,82	
	toisiovälys	= 2' - 6'	(= 0,033° - 0,1°)
Hihnapyörä	jakohalk. D	= 101,86 mm	
	Z	= 32	(AT10)

Laskelmat staattisesta vetovoimasta, joka kohdistuu hammashihnaan x- ja y-liikkeissä:

$$F = \frac{M_o \times i \times \eta \times 2000}{D}$$

$$F_{jatk} = \frac{3,6Nm \times 20,5 \times 0,82 \times 2000}{101,86} \approx 1,2kN$$

$$F_{hetk} = \frac{7,7Nm \times 20,5 \times 0,82 \times 2000}{101,86} \approx 2,5kN$$

Laskelma välyksen vaikutuksesta lineaariliikkeen tarkkuuteen y- ja x-liikkeissä:

$$s_{\min} = \frac{(32 \times 10mm) / 360^\circ}{60} \times 2 \approx 0,03mm$$

$$s_{\max} = \frac{(32 \times 10mm) / 360^\circ}{60} \times 6 \approx 0,09mm$$

E-STOP relays, safety gate monitors



Up to Category 4, EN 954-1 PNOZ XV1P



Safety relay for monitoring E-STOP pushbuttons and safety gates.

Approvals

PNOZ XV1P	
	◆
	◆
	◆

Unit features

- ▶ Positive-guided relay outputs:
 - 2 safety contacts (N/O), instantaneous
 - 1 safety contact (N/O), delay-on de-energisation
- ▶ Connection options for:
 - E-STOP pushbutton
 - Safety gate limit switch
 - Reset button
 - Light barriers
- ▶ LED indicator for:
 - Switch status channel 1/2
 - Supply voltage
- ▶ Plug-in connection terminals (either cage clamp terminal or screw terminal)
- ▶ See order reference for unit types

- ▶ E-STOP pushbuttons
- ▶ Safety gates
- ▶ Light barriers

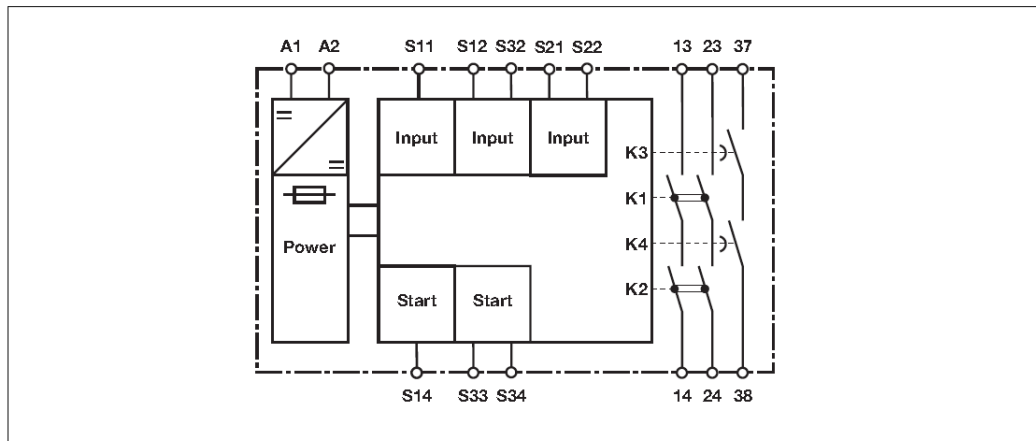
Safety features

- The relay meets the following safety requirements:
- ▶ The circuit is redundant with built-in self-monitoring.
 - ▶ The safety function remains effective in the case of a component failure.
 - ▶ The correct opening and closing of the safety function relays is tested automatically in each on-off cycle.
 - ▶ The unit has an electronic fuse.

Unit description

The max. category the safety contacts can achieve in accordance with EN 954-1 is stated in the technical details.
The safety relay meets the requirements of EN 60947-5-1, EN 60204-1 and VDE 0113-1 and may be used in applications with

Block diagram





E-STOP relays, safety gate monitors

Up to Category 4, EN 954-1
PNOZ X2.8P



Safety relay for monitoring E-STOP pushbuttons, safety gates and light barriers.

Approvals

	PNOZ X2.8P
	◆
	◆

Unit features

- ▶ Positive-guided relay outputs:
 - 3 safety contacts (N/O), instantaneous
 - 1 auxiliary contact (N/C), instantaneous
- ▶ Connection options for:
 - E-STOP pushbutton
 - Safety gate limit switch
 - Reset button
 - Light barriers
- ▶ LED indicator for:
 - Switch status channel 1/2
 - Supply voltage
- ▶ Plug-in connection terminals (either spring-loaded terminal or screw terminal)
- ▶ See order reference for unit types

- ▶ Light barriers

Safety features

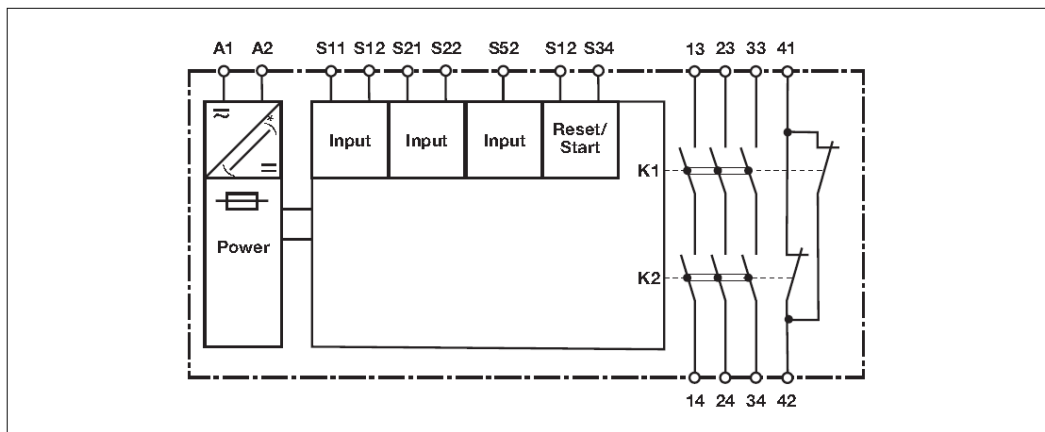
- The relay meets the following safety requirements:
- ▶ The circuit is redundant with built-in self-monitoring.
 - ▶ The safety function remains effective in the case of a component failure.
 - ▶ The correct opening and closing of the safety function relays is tested automatically in each on-off cycle.

Unit description

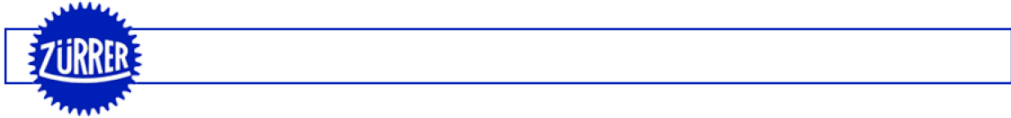
The safety relay meets the requirements of EN 60947-5-1, EN 60204-1 and VDE 0113-1 and may be used in applications with

- ▶ E-STOP pushbuttons
- ▶ Safety gates

Block diagram



*only with U_B 24 - 240 VAC/DC



K-Reihe Série K K-range	die kompakten	1-stufige Schneckengetriebe
	les compacts	Réducteurs à vis sans fin à un étage
	compact gears	Single-stage worm gears

Schneckengetriebe der K-Reihe können mit jedem Flanschmotor kombiniert werden. Ein eventuell erforderlicher Adapterflansch wird auf Wunsch mitgeliefert.

Spielarm: Je nach Reduktion beträgt das Getriebeispiel am unbelasteten Getriebe bei Drehung der Ausgangswelle von Links- auf Rechtsanschlag zwischen 2 und 6 Winkelminuten.

Für den eventuellen Anbau von Tachogenerator, Impulsgeber oder Bremse usw. wird die Schneckenwelle herausgeführt und ein Anbauflansch montiert.

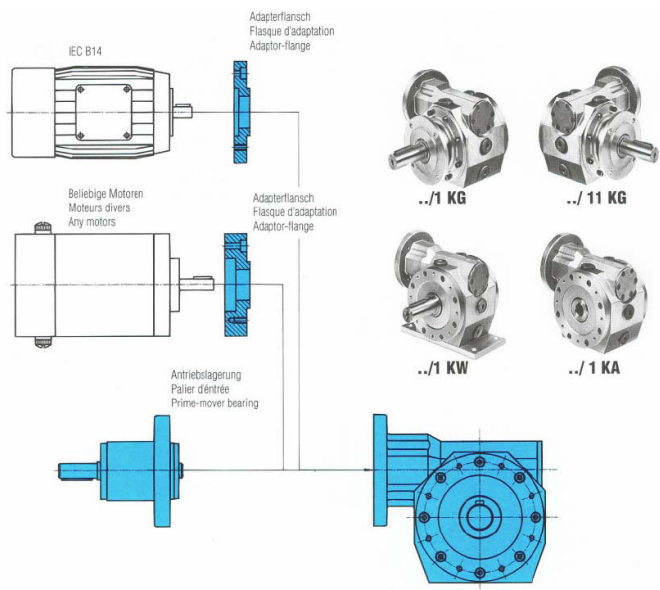
Les réducteurs à vis sans fin de la série K sont adaptables à tout type de moteur à flasque. Si nécessaire, nous pouvons fournir, sur demande un flasque d'adaptation pour tout autre moteur.

Jeu réduit: Selon la réduction, le jeu du réducteur à vide se situe entre 2 et 6 minutes d'angle, lors de la rotation de l'axe de sortie de butée gauche à butée droite.

Pour le montage d'une génératrice tachymétrique, d'un contacteur ou d'un frein, les réducteurs seront fournis avec flasque d'adaptation et avec l'axe rapide sortant du côté opposé au moteur.

Worm gears in the K-range can be combined with all standard flange motors. On request an adaptor flange can also be supplied.

Minimum backlash: Depending on the ratio, the backlash is no load condition is between 2 and 6 minutes, when turning the outputshaft from left stop to right stop. Additions such as tacho, encoder or brake can be supplied with output wormshaft on opposite side of the motor and mounting flange.



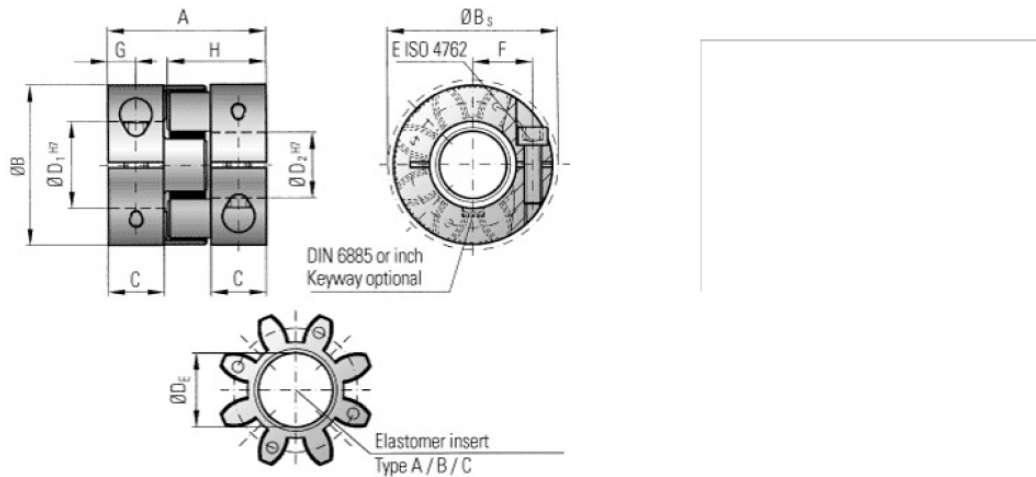
Drehmomentstützen und Klemmhohlwellen siehe Register 10
Bras de couple et arbres creux avec serrage voir index 10
Torque arms and clamp hollow shafts look at index 10

Type	Achsabstand Entraxe Axle base	Max. zul. Drehmoment Couple max. admissible Max. admissible torque	Reduktionen/Réductions/Ratios															
			Wirkungsgrad/Rendement/Efficiency															
1/1K.	36mm	- 70 Nm	i:	100	75	58	46	37	28.5	22.5	18	15	12	10	8.5	5		
			η	0.40	0.55	0.64	0.68	0.70	0.77	0.80	0.82	0.83	0.87	0.87	0.89	0.91		
2/1K.	47mm	- 148 Nm	i:	100	72	60	50	42	36	30	24.5	20.5	16	11.7	8.5	5		
			η	0.51	0.56	0.64	0.68	0.70	0.72	0.78	0.80	0.82	0.84	0.86	0.89	0.91	0.92	
3/1K.	63mm	- 327 Nm	i:	66	57	50	44	39	30	24.5	20	16	11.7	7				
			η	0.63	0.67	0.70	0.72	0.74	0.79	0.82	0.86	0.87	0.90	0.93				
4/1K.	74mm	- 505 Nm	i:	93	81	70	61	52	47	42	38	35	30	25	20.5	16	11.7	8.7
			η	0.57	0.64	0.68	0.70	0.71	0.73	0.74	0.75	0.76	0.79	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92

Th. Zürcher AG Antriebstechnik	Birmensdorferstrasse 470 CH-8055 Zürich	Postfach 28 CH-8047 Zürich	Telefon Zentrale: ++41 (0)44 454 10 30 Telefax Zentrale: ++41 (0)44 454 10 32 Telefax Verkauf: ++41 (0)44 454 10 31	www.zurrer.ch e-mail: info@zurrer.ch
-----------------------------------	--	-------------------------------	---	---

Elastomer coupling Model EKL with clamping hub

Series from 0.5 - 500 Nm

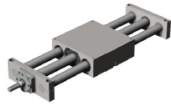
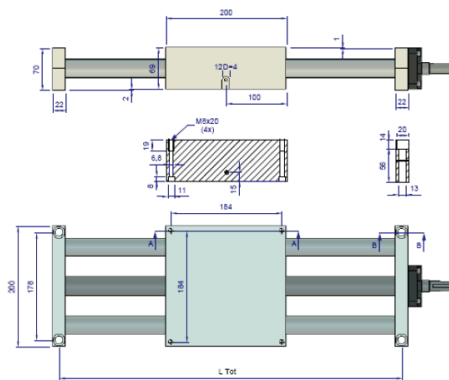


Data table and Downloads Elastomer Coupling EKL Series 0.5 - 2150 Nm

Model EKL	Series																										
	2			5			10			20			60			150			300			450			800		
Type (Elastomer insert)	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Rated torque (Nm)	T_{KN} 2	2.4	0.5	9	12	2	12.5	16	4	17	21	6	60	75	20	160	200	42	325	405	84	530	660	95	950	1100	240
Max. torque** (Nm)	T_{Kmax} 4	4.8	1	18	24	4	25	32	6	34	42	12	120	150	35	320	400	85	650	810	170	1060	1350	190	1900	2150	400
Overall length (mm)	A	20		26			32			50			58			62			86			94			123		
Outer diameter (mm)	B	16		25			32			42			56			66.5			82			102			136.5		
Outer diameter with screwhead (mm)	B_S	17		25			32			44.5			57			68			85			105			139		
Mounting length (mm)	C	6		8			10.3			17			20			21			31			34			46		
Inner diameter possible from Ø to Ø H7 (mm)	$D_{1/2}$	3-8		4-12.7			4-16			8-25			12-32			19-36			20-45			28-60			35-60		
Inner diameter (Elastomer insert) (mm)	D_E	6.2		10.2			14.2			19.2			26.2			29.2			36.2			46.2			60.5		
Screw (ISO 4762/12.9)	E	M2		M6			M4			M5			M6			M8			M10			M12			M16		
Tighting torque of the mounting screw (Nm)	E	0.6		2			4			8			15			35			70			120			290		
Distance between centers (mm)	F	5.5		8			10.5			15.5			21			24			29			38			50.5		
Distance (mm)	G	3		4			5			8.5			10			11			15			17.5			23		
Hub length (mm)	H	12		16.7			20.7			31			36			39			52			57			74		
Mass moment of inertia per hub (10^{-3} kgm^2)	J_1/J_2	0.0003		0.002			0.003			0.01			0.04			0.08			0.3			0.66			8		
Approx. weight (kg)		0.008		0.02			0.05			0.12			0.3			0.5			0.9			1.5			8.5		
Speed* (rpm)		28,000		22,000			20,000			19,000			14,000			11,500			9,500			8,000			4,000		

Quadromoduli QME30

Lineaarimoduli 30mm kuulaholkeilla ja akseleilla.



Malli	qme-30-350
Kategori	QME 30
Kokonaispituus (L tot)	572
Isku	350
Suojapalje	No

Created: 2011-01-07 15:09:49

Address: Rollco OY
Kuohuntie 2
36200 Kangasala
Finland

Phone: 358 207 57 97 90
Fax: 358 207 57 97 99
Web: www.rollco.fi
Email: info@rollco.fi

D4N

Structure and Nomenclature

Structure

Safety-oriented Lever Setting (Form-lock construction)
Grooves which engage the lever are cut in the lever and rotary shaft to prevent the lever from slipping against the rotary shaft.
There are resin-lever and metal-lever types.

Built-in Switch
The built-in switch has a direct opening mechanism that forcibly separates the NC contact even when there is contact deposit.

Cover
The cover, with a hinge on its lower part, can be opened by removing the screw of the cover, which ensures ease of maintenance and wiring.

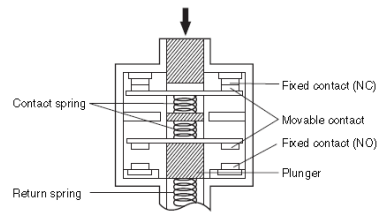
Head
The direction of the switch head can be varied to any of the four directions. (Roller plunger models can be mounted in either of two directions at a 90° angle.)

Conduit Opening
A wide variety of conduits is available.

Size	Box	1-conduit	2-conduit
Pg19.5		Yes	Yes
G1/2		Yes	Yes
1/2-14NPT		Yes	Yes
M20		Yes	Yes
M12 connector		Yes	---

Note: M12 connector types are not available for switches with three contacts.

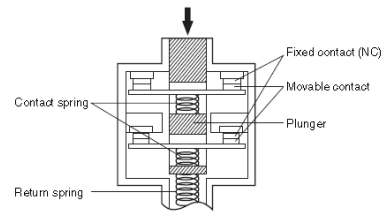
Direct Opening Mechanism 1NC/1NO Contact (Slow-action)



Conforms to EN60947-5-1 Direct Opening Operation ⊖

(Only the NC contact side has a direct opening mechanism.)
When contact welding occurs, the contacts are separated from each other by the plunger being pushed in.

2NC Contact (Slow-action)



Conforms to EN60947-5-1 Direct Opening Operation ⊖

(Both NC contacts have a direct opening mechanism.)
When contact welding occurs, the contacts are separated from each other by the plunger being pushed in.



TAVARAMERKIN REKISTERÖINTIHAKEMUS

Hakijan tiedot

Nimi: Jyrki Matti Nissinen
Y-tunnus:
Kotipaikka: Lahti
Maa: Suomi
Postiosoite: Kuuvuorenkatu 16 as 9, 15830 Lahti
Puh: 0405409369
Sähköposti:
**Hakijan viite/
yhteyshenkilö:**

Tavaramerkin tiedot

Haettava tavaramerkki on:

Kuviomerkki

Kuvatiedosto: Wenkura.jpg

Tavara- ja palveluluettelo:

Luokka 7

Koneet ja työstökoneet; moottorit (paitsi maa-ajoneuvoihin); kytkimet ja voimansiirtolaitteet (paitsi maa-ajoneuvoihin); maanviljelysvälineet, muut kuin käsikäyttöiset; munanhautomakoneet.

Luokka 9

Tieteelliset, merenkulku-, geodeettiset, valokuvaus-, elokuva-, optiset, punnitus-, mittaus-, merkinanto-, tarkastus- (valvonta-), hengenpelastus- ja opetuslaitteet ja -kojeet; laitteet ja kojeet sähkön johtamiseen, kytkemiseen, muuntamiseen, varaamiseen, säätämiseen tai hallintaan; äänen ja kuvien tallennus-, siirto- ja toistolaitteet; magneettiset tietovälineet, tallennelevyt; myyntiautomaatit ja kolikkokäyttöisten laitteiden koneistot; kassakoneet, laskukoneet, tietojenkäsittelylaitteet ja tietokoneet; tulensammutuslaitteet.

Luokka 42

Tieteelliset ja teknologiset palvelut sekä niihin liittyvä tutkimus ja suunnittelu; teolliset analyysi- ja tutkimuspalvelut; tietokonelaitteistojen ja -ohjelmistojen suunnittelu ja kehittäminen.

Hakemusmaksu:

Tavaramerkin rekisteröinti 1-3 luokkaa : 215,00 euroa
Maksu yhteensä : 215,00 euroa

Maksun viitenumero : 14201102281927010096

Paikka : Lahti Aika : 28.2.2011