



Jussi Kinnunen

3-AKSELISTEN LINEAARIPÖYTIEN SUUNNITTELU

3-AKSELISTEN LINEAARIPÖYTIEN SUUNNITTELU

Jussi Kinnunen
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Jussi Kinnunen
Opinnäytetyön nimi: 3-akselisten lineaaripöytien suunnittelu
Työn ohjaaja: Pentti Huhtanen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 58 + 15 liitettä

Insinööriyön tavoitteena oli suunnitella kaksi laserleikkausta käytettävää 3-akselista lineaaripöytää. Ajatus työhön on peräisin 3-akselisista CNC-koneista, jotka ovat hinnaltaan korkeita. Työn tilaaja halusi eritellyt hintatiedot pöytiin valituista komponenteista.

Lineaariliike toteutettiin kuularuuvikäyttöisillä lineaariyksiköillä, jotka on mahdollista saada joko valmiina paketteina tai osina. Sopivien yksiköiden löydyttyä valittiin niihin sopivat servomoottorit ja servovahvistimet sekä ohjaus. Liikeseuranta tapahtuu servomoottoriin saatavalla pulssianturilla ja sen mahdollistamalla takaisinkytkennällä.

Insinööriyössä suunniteltiin kaksi erilaista lineaaripöytää. Pöytien rakenne on samanlainen, mutta ratkaisut erilaisia. Ensimmäinen pöytä on koottu erillisistä osista tarkoituksena alentaa pöydän hintaa. Valitut osat ovat liikkeiltään tarkkoja ja laadultaan hyviä. Toinen pöytä on koottu valmiita lineaariyksiköitä käyttäen. Lineaariyksiköiden valinnassa huomioitiin tarkkuus ja kelkan jouheva liikkuminen sekä mahdollisimman alhainen hinta.

Asiasanat:
laserleikkaus, lineaariliike, kuularuuvi, lineaariyksikkö, servomoottori

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 TULEVAISUUDEN TUOTANTOTEKNOLOGIAT, FMT	8
2.1 ELME Studio	8
2.2 Tulevaisuuden tuotantoteknologiat	8
3 CNC-TEKNIikka	10
3.1 Numeerinen ohjaus	10
3.1.1 Numeerisen ohjauksen perusteet	10
3.1.2 Historia	10
3.2 Lastuava työstö	11
3.3 Ohjelmointitavat	12
3.3.1 Käsinohjelmointi	12
3.3.2 Vuorovaikutteinen ohjaus	12
3.3.3 Tietokoneavusteinen ohjelmointi	13
3.4 CNC-piirit	14
3.4.1 Suljettu piiri	14
3.4.2 Avoin piiri	16
4 LASERTYÖSTÖ	18
4.1 Laservalo	18
4.2 Laserhitsaus	19
4.3 Laserleikkaus	20
5 SUUNNITTELUNÄKÖKOHTIA	22
5.1 Lähtökohta	22
5.2 Ohjaus	23
5.2.1 Edullinen pöytä	23
5.2.2 Kallis pöytä	24
5.3 Lineaariliike	24
6 EDULLINEN LINEAARIPÖYTÄ	26
6.1 Lineaariliikkeen toteutus	26
6.1.1 Z-suuntaisen lineaariliikkeen toteutus	26

6.1.2 Y-suuntaisen lineaariliikkeen toteutus	27
6.1.3 X-suuntaisen lineaariliikkeen toteutus	28
6.1.4 Osien valinta	28
6.2 Moottoreiden valinta	29
6.2.1 Z-servomoottorin valinta	29
6.2.2 Y-servomoottorin valinta	30
6.2.3 X-servomoottorin valinta	31
6.3 Anturointi	32
6.4 Servomoottorien ohjaus	33
7 KALLIS LINEAARIPÖYTÄ	36
7.1 Lineaariliike	36
7.1.1 Z-suuntaisen lineaariyksikön valinta	36
7.1.2 Y-suuntaisen lineaariyksikön valinta	36
7.1.3 X-suuntaisen lineaariyksikön valinta	40
7.2 Moottoreiden valinta	42
7.2.1 Hiwin KK -servomoottorin valinta	42
7.2.2 M75-servomoottorin valinta	43
7.2.3 M55-servomoottorin valinta	47
7.3 Anturointi	49
7.4 Servomoottorien ohjaus	Error! Bookmark not defined.
8 VERTAILU	50
8.1 Edullinen pöytä	50
8.2 Kallis pöytä	51
9 POHDINTA	53
LÄHTEET	55
LIITTEET	58

1 JOHDANTO

Työn tilaaja on Oulun yliopiston Oulun Eteläisen instituutin Tulevaisuuden tuotantoteknologit -tutkimusryhmä, jonka toimipisteet sijaitsevat Nivalassa ja Oulussa. Tutkimusryhmän päätoimipaikka on Nivalassa ELME Studiassa. Osa ryhmän tutkijoista työskentelee kokopäiväisesti Oulun yliopiston kampuksella tuotantotekniikan laboratorion tiloissa. (Tulevaisuuden tuotantoteknologiat.)

Työssä suunnitellaan ja vertaillaan kahdessa hintaluokassa olevaa numeerisesti ohjattavaa 3-akselista lineaaripöytää, jolle voidaan määrittää asema-, nopeus- ja kiihtyvyystietoja. Lineaaripöytien tehtävänä on työstää pieniä kappaleita laserleikkaamalla. Huomioitavaa työssä on lineaariliikkeen tarkkuus, liikkeen ohjauksen toteutus, tuotteen edullisuus ja saatavuus. Pöytiä verrataan nykyisiin pieniin CNC-koneisiin, jotka ovat hankkimishinnaltaan kalliita. Samanlaista työtä ei ole ennen toteutettu, joten työ oli lähtökohdaltaan haastava ja aikaa vievä prosessi. Lineaaripöytien suunnittelu aloitettiin ilman pohjatietämystä lähtötietoja hyväksikäyttäen.

Työssä suunnitellaan kaksi erilaista vaihtoehtoa lineaaripöydäksi. Pöytien rakenteet pysyvät identtisinä, jotta vertailu olisi mahdollista komponentti- ja ohjauksella.

Ensimmäisessä pöydässä lähtökohtana on luoda kallis tai keskihintainen kokonaisuus, jossa on otettu tunnetuilta valmistajilta. Lineaariyksiköt ovat valmiiksi koottuja ja niihin liitetään ainoastaan servomootorit sekä haluttu ohjaus. Komponentit ovat laadultaan korkeita ja kulutuskestävyys on hyvä. Tuote onkin tarkoitettu pitkäaikaiseksi sijoitukseksi, niin ostohinnaltaan, käyttöikänsä kuin huollettavuudeltaankin. Osat on pyritty hankkimaan saman valmistajan kautta, jotta yhteensopivuus olisi paras mahdollinen.

Toisessa pöydässä lähtökohta oli päinvastainen. Tavoitteena on luoda edullinen lineaaripöytä, jonka käyttöikä ei välttämättä ole kovin pitkä. Pöytä on tarkoitettu piensarjatuotantoon, jossa tulevaisuus on aina epävarma. Alhaisen hinnan puolesta pöytä onkin suhteellisen riskitön vaihtoehto. Pöydän osat tilataan eri valmistajilta. Tämä alentaa tuotteen kokonaishintaa merkittävästi, mutta kokoon-

pano jää ostajan tehtäväksi. Osat ovat kulutuskestävyydeltään ja tarkkuudeltaan laadukkaita hintaluokkaan nähden. Kummassakin kokonaisuudessa pyritään yksinkertaiseen ja selkeästi ohjattavaan toimintaan sekä hyvään tarkkuuteen.

2 TULEVAISUUDEN TUOTANTOTEKNOLOGIAT, FMT

2.1 ELME Studio

ELME Studio on Nivalassa sijaitseva elektroniikan mekaniikan tuotantostudio, sen toimintaympäristö muodostuu Nivalan tuotantostudion ELME laboratoriosta ja Kalajokilaakson koulutuskuntayhtymän (KAM) toimintaympäristöistä. (ELME Studio.)

ELME Studio on asiantuntijoista muodostuva yrityspalvelukonsepti, joka palvelee ensisijaisesti Oulun eteläisen alueen metallin ja elektroniikan mekaniikan alan yrityksiä niiden kilpailukyvyn kohottamiseksi tutkimuksen, tuotekehityksen ja koulutuksen keinoin. (ELME Studio.)

ELME Studion ytimen muodostavat Teknologiakeskus Nitek, ELME tuotantostudio sekä laboratorio ja niiden ympärillä tiiviissä yhteistyössä toimivat alueen yritykset, Oulun yliopiston konetekniikan osasto sekä Oulun Eteläisen instituutti, ammattikorkeakoulut ja ammatilliset oppilaitokset (ELME Studio.)

ELME Studio on yksi kolmesta metallialan kehitystä edistävään kansalliseen ProMetal-verkosto-osaamiskeskukseen kuuluvasta tuotantostudiosta. ProMetal kehittää yritystoiminnan kansainvälistä kilpailukykyä metallituoteteollisuuden tuotekehityksen, tuotantopalvelun sekä teollisuuden kunnossapitopalvelun alueella. ProMetalin ytimen muodostavat Nivalan, Raahen ja Tornion tuotantostudiot. (ELME Studio.)

2.2 Tulevaisuuden tuotantoteknologiat

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat -tutkimusryhmä on Oulun yliopiston Nivalassa toimivan alueyksikön, Oulun Eteläisen instituutin sekä Oulun yliopiston tuotantotekniikan laboratorion yhteinen tutkimusryhmä. Tutkimusryhmä käyttää lyhennettä FMT, joka muodostuu ryhmän englanninkielisestä nimestä Future Manufacturing Technologies Research Group. (Tulevaisuuden tuotantoteknologiat.)

Tutkimuksessaan FMT-ryhmä keskittyy levymäisen materiaalin tuotteeksi jalostamisen tekniikoihin ja menetelmiin. Ryhmä aloitti toimintansa vuonna 2004 ELME-tutkimusryhmän nimellä, ja sen tutkimusalueet kattavat tuotantotekniikan eri osa-alueita kuten

- laser- ja laseravusteiset prosessit (hitsaus, leikkaus, pinnoitus ja lämpökäsittely)
- ultralujat materiaalit ja niiden konepajakäyttäytyminen
- levytuotteiden valmistustekniikka
- muovaus
- suurnopeustyöstö
- tuotannon kustannustehokkuus ja tuotantoautomaatio
- valmistustekninen suunnittelu ja prototyyppiointi
- kiinnitin- ja työvälinetekniikka
- mekaaninen kestävyys. (Tulevaisuuden tuotantoteknologiat.)

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat -tutkimusryhmän päätoimipaikka on Nivalassa ELME Studiossa. Studio on yksi ProMetal verkosto-osaamiskeskuksista. Osa ryhmän tutkijoista työskentelee kokopäiväisesti Oulussa yliopiston kampuksella tuotantotekniikan laboratorion tiloissa.

FMT-ryhmä on osa Oulun yliopistossa toimivaa Terästudkimuskeskus CASRia: (Center for Advanced Steels Research). Yhteistyö yritysten sekä Oulun Eteläisen alueen muiden toimijoiden kuten Jokilaaksojen koulutuskuntayhtymä JEDU:n ja Nivalan Teollisuuskylä Oy:n kanssa on aktiivista. (Tulevaisuuden tuotantoteknologiat.)

3 CNC-TEKNIikka

3.1 Numeerinen ohjaus

3.1.1 Numeerisen ohjauksen perusteet

Numeerinen ohjaus eli lyhyesti NC (Numerical Control) tarkoittaa työstökoneen työstö- ja pikaliikkeiden, työkaluvaihdon sekä työstöön ja työkappaleen käsitteilyyn liittyvien kytkentöjen automatisointia. Automatisoinnissa työstökoneita ohjataan yhtäjaksoisesti numeeriseen muotoon kirjoitetulla ohjelmalla. Numeerisella ohjauksella pyritään

- 1) parantamaan tuottavuutta ja alentamaan valmistuskustannuksia erityisesti pienerävalmistuksessa
- 2) saavuttamaan tasainen valmistuslaatu ja parantamaan valmistustarkkuutta eliminoimalla inhimilliset tekijät,
- 3) poistamaan yksitoikkoiset, vaaralliset ja raskaat työsuoritukset sekä
- 4) vähentämään riippuvuutta ammattitaitoisesta työvoimasta. (Ihalainen – Aaltonen – Aromäki – Sihvonen 2009, 120.)

Numeerisen ohjauksen ominaisuudet tulevat parhaiten esille valmistettaessa tarkkoja pintoja ja mutkikkaita muotoja sisältäviä kappaleita. Numeerinen ohjaus on yleinen lastuavissa työstökoneissa kuten sorvit, jyrsinkoneet, porakoneet, avarruskoneet, hiomakoneet, polttoleikkauskoneet, koordinaattimittauskoneet, kipinätyöstökoneet sekä on varsin yleinen levytyökoneissa. Numeerisen ohjauksen kehitys seuraa kiinteästi elektroniikan ja servotekniikan kehitystä. Elektroniikan kehittymisen myötä on numeerisen ohjauksen suorituskyky ja luotettavuus parantunut. Servotekniikan kehittyminen on nostanut työstökoneiden nopeutta ja tarkkuutta sekä yksinkertaistanut sen mekaniikkaa. (Ihalainen ym. 2009, 120.)

3.1.2 Historia

Aluksi ohjaukset toteutettiin käyttäen kiinteää langoitusta tiedon käsittelyssä. Ohjauksissa ei ollut muistia, vaan ohjelman tieto luettiin reikänauhasta työstön samalla edetessä. Tietokonepohjainen numeerinen ohjaus eli CNC (Computer

Numerical Control) syntyi 1970-luvun alussa. Tämän jälkeen ohjelmat voitiin lukea ja tallentaa ohjauksen muistiin. Reikänauhan luku poistui käytöstä ja ohjelmaan voitiin tehdä korjauksia sekä muutoksia joustavasti työstökoneen äärelä. Nykyaikaiset numeeriset ohjaukset perustuvat lähes poikkeuksetta yhteen tai useampaan tarkoitusta varten suunniteltuun mikrotietokoneeseen. (Ihalainen ym. 2009, 121.)

3.2 Lastuava työstö

Lastuaminen on tärkein ja kallein työstömenetelmä. Lastuaminen perustuu työstettävää materiaalia huomattavasti kovemman terän tunkeutumiseen työkaluleeseen. Vaikka terä on työstettävää materiaalia kovempaa, tapahtuu siinä silti kulumista. Ohjelmoinnilla ja anturoinnilla huomioidaan terän kulumisen, ja näin saadaan erikokoisella terällä sama tarkkuus. Terän tehtävä on irrottaa työkalupaleesta ainetta, lastuja. Lastuavan terän muodon perusteella terät voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- lastuaminen geometrisesti määrätynmuotoisella terällä esimerkiksi sorvaaminen ja jyrsintä
- lastuaminen geometrisesti epämääräisellä terällä esimerkiksi hionta ja hienotyöstömenetelmät. (Ihalainen ym. 2009, 140.)

Lastuavalle työstökoneelle syötetään seuraavanlaisia parametrejä:

- lastuamisnopeus v [m/s] tai [m/min]
- syöttö s [mm/r]
- lastuamissyvyys a [mm]. (Ihalainen ym. 2009, 140.)

Työstökoneen käyttäjä tai ohjelmoija valitsee ja asettaa parametrit koneeseen. Parametrien avulla voidaan laskea työstövoimat ja tehonkulutus. (Ihalainen ym. 2009, 140.)

3.3 Ohjelmointitavat

3.3.1 Käsinohjelmointi

Käsinohjelmointi on vanhin ohjelmointitapa. Ohjelmointi suoritetaan sellaisessa muodossa, jota ohjauslaite pystyy lukemaan suoraan eli työstökoneen koodikielellä. (Vesamäki 2007, 43.)

Ohjelmoija kirjoittaa konekäskyjä sisältävän ohjelman, jossa on valmiiksi laskettu työkalun liikeradat, lastuamisarvot, aputoiminnot jne. Ohjelma puhtaaksi kirjoitetaan esimerkiksi tekstinkäsittelyohjelmalla. Näin saadaan ASCII-muotoinen ohjelmatiedosto ja listaus ohjelmasta. Ohjelma on valmis syötettäväksi työstökoneelle. Käsinohjelmointi on varsin joustavaa. Työkalun yksittäisetkin liikkeet on helppo saada koneistustekniikan kannalta parhaiksi mahdollisiksi. Kaikkia työstökoneen ja ohjauksen sisältämiä mahdollisuuksia voidaan käyttää hyväksi. (Vesamäki 2007, 43.)

Käsinohjelmointi on hidasta ja monimutkaisten kappaleiden ohjelmaa tehtäessä joudutaan suorittamaan paljon laskutoimenpiteitä. Tämä nostaa virhemahdollisuuksien määrän suureksi ja ohjelman tarkistaminen on työlästä. Tästä johtuen käsinohjelmointi on vähentynyt tietokoneavusteisten ohjelmointitapojen yleisyydessä. (Vesamäki 2007, 43.)

3.3.2 Vuorovaikutteinen ohjaus

Vuorovaikutteisessa ohjelmoinnissa ohjelma tehdään työpiirustuksesta työstökoneen äärellä. Ohjelmaa tehtäessä hyödynnetään ohjauksen älykkyyttä, laskutoimitukset ja rutiinotoimenpiteet suorittaa ohjauksen mikrotietokone. Vuorovaikutteisessa ohjauksessa ohjelma esittää käyttäjälle kysymyksiä, joihin vastaan toimintonäppäimillä. Vastausten perusteella ohjaus muokkaa ohjelman, jota NC-työstökone pystyy ymmärtämään. (Vesamäki 2007, 44.)

Tehokkaan ohjelmoinnin edellytyksenä on työkalu-, materiaali-, ja menetelmätiedostojen käyttö. Näitä tiedostoja hyväksikäyttäen ohjaus tekee käyttäjän puolesta teknologiset päätökset työkaluista, työstöjärjestyksestä, lastuamisarvoista ja laskee työkalun liikeradat. (Vesamäki 2007, 44.)

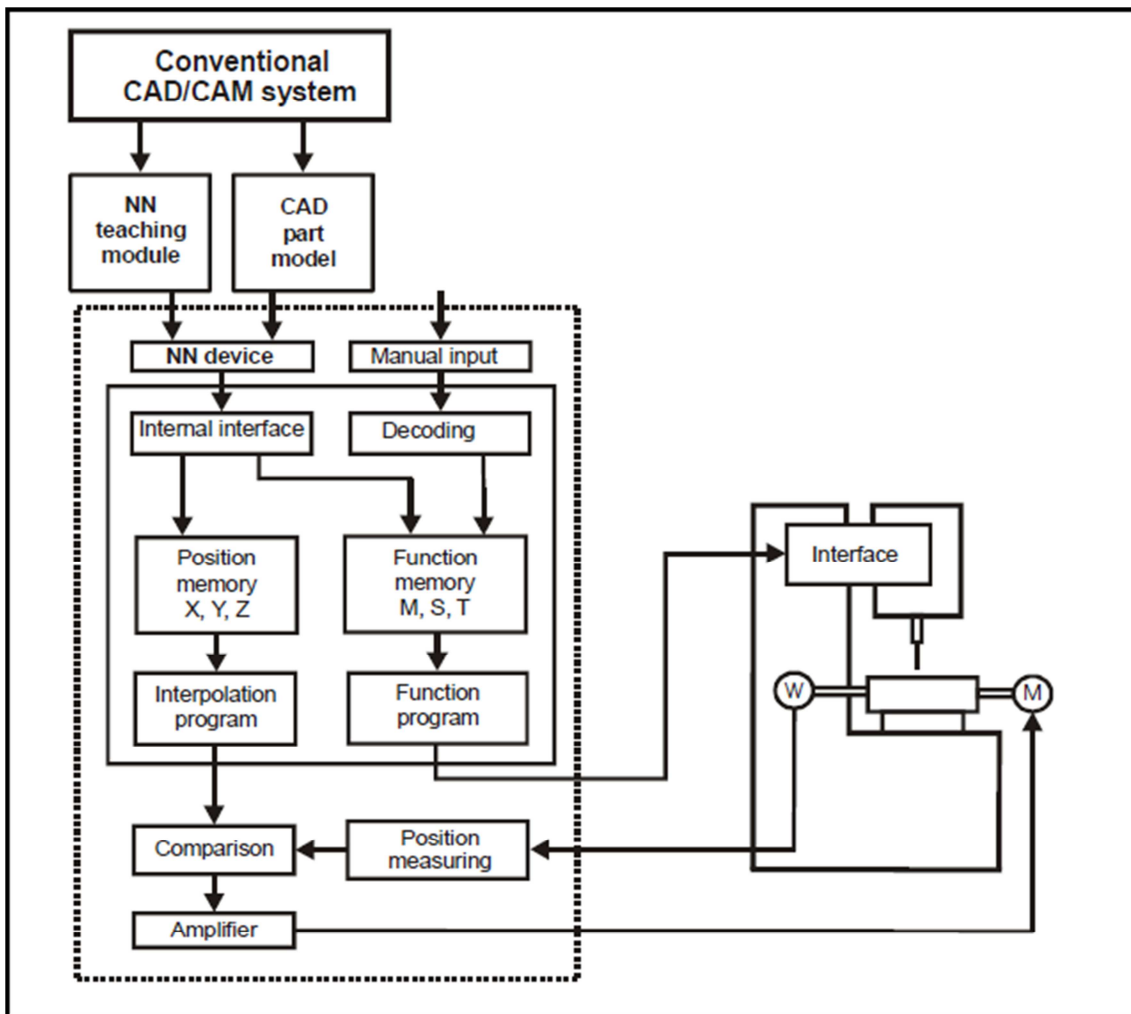
Ohjelman tekeminen on nopeaa ja ohjelmointi on helposti opittavissa. Vuorovai-
kutteista ohjausta voidaan pitää erittäin kehittyneenä käsinohjelmointina. (Ve-
samäki 2007, 44.)

3.3.3 Tietokoneavusteinen ohjelmointi

Tietokoneavusteisessa ohjelmoinnissa mahdollisimman suuri osa rutiinityöstä
on siirretty tietokoneen hoidettavaksi. Ohjelma tehdään tarkoitusta varten kehi-
tetyllä tietokonekielellä ja tämä ohjelma syötetään tietokoneeseen. Tietokone
tekee kaiken työn, laskee työstöradat, kääntää ohjelman työstökoneen ymmär-
tämälle kielelle ja tulostaa ohjelmalistauksen. Ohjelma sisältää kaikki tarvittavat
tiedot, joita vaaditaan yksittäistä työstökoneetta ohjattaessa. Työstöradat voidaan
tarkistaa graafisen näyttöpäätteen tai piirturin avulla. Normaalisti valmis ohjelma
tallennetaan tiedostoon, joka siirretään työstökoneen muistiin. (Vesamäki 2007,
44.)

Ohjelmointia varten vaaditaan tietokone, joka suorittaa laskutoimenpiteet, pääte
ohesilaitteineen sekä tarvittavat ohjelmistot. Tietokone voi olla joko peruskäyt-
töön tarkoitettu isompi tietokone tai ainoastaan NC-ohjelmointiin tarkoitettu mik-
rotietokone. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin tarkoituksina on ohjelmoinnin
helpottaminen, nopeuttaminen ja lopputuloksena saatavan ohjelman virheettö-
myys. Tietokoneavusteisen ohjelmoinnin edut tulevat parhaiten esiin mutkikkai-
den ja osaperheitä muodostavien kappaleiden ohjelmoinnissa. (Vesamäki 2007,
44.)

CAD/CAM-järjestelmässä suunnittelu tapahtuu tietokonetta hyväksikäyttäen.
NC-ohjelma luodaan työstettävän kappaleen kuvasta. Työstöohjelma tehdään
graafisella päätteellä vuorovaikutteisesti. Työkalun reitti muodostuu suoraan
kappaleen kuvan geometria tietoja hyväksikäyttäen. Muodostettu ohjelma
käännetään työstökoneen ymmärtämälle kielelle. Ohjelman siirto työstökoneelle
tapahtuu sarjaliitännän tai mikrotietokoneverkon avulla. Kuvassa 1 käydään läpi
ohjelman synty ja vienti työstökoneelle CAD/CAM -järjestelmässä. (Vesamäki
2007, 44.)



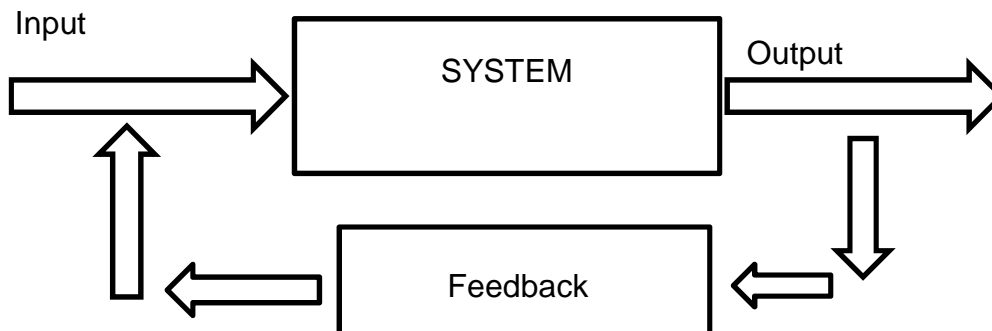
KUVA 1. CAD/CAM-ohjaus (Intelligent computer numerical control. 2012)

3.4 CNC-piirit

3.4.1 Suljettu piiri

Luistien siirtämiseksi käytetään suljetun piirin säätöä, jossa on aseman tarkaisinkytkentä. Joka hetki mittalaite mittaa luistien hetkellisen aseman ja tuloksia verrataan aseman ohjearvoon. Aseman ohjearvo saadaan ohjauksen mikro-tietokoneen laskeman koordinaattiarvon perusteella, jossa kelkkojen pitäisi määrätyllä hetkellä olla. Jos aseman ohjearvo ja mitattu hetkellisarvo eivät vastaa toisiaan, saadaan poikkeama. Ohjaus antaa servojen käyttöyksikölle käskyn siirtää akselia niin, että ohjearvon ja hetkellisarvon erotukseksi tulisi nolla. Käyttöyksikkö johtaa virran edelleen vahvistettuna moottorille. Säätö pyrkii siis pitämään aseman ohjearvon ja hetkellisarvon erotuksen nollana. Erotuksen ollessa

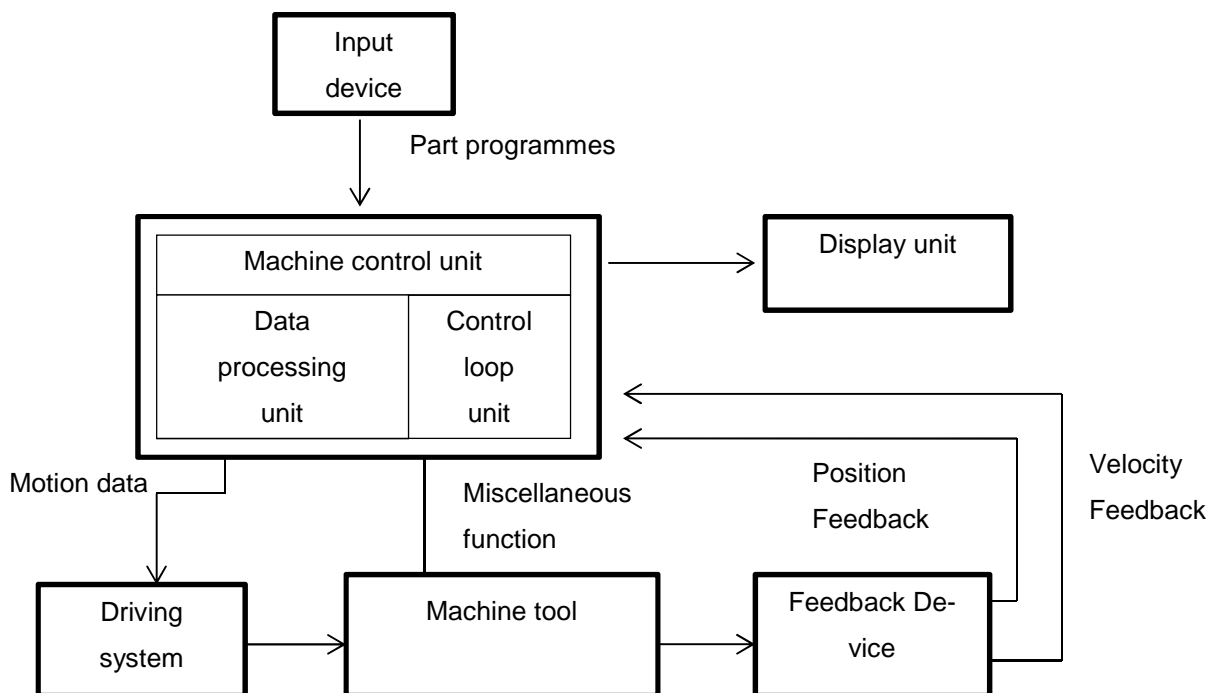
nolla moottori pysähtyy. Kuvassa 2 esitetään takaisinkytkennän yksinkertaistettu perustapaus. (Vesämäki 2007, 23.)



KUVA 2. Takaisinkytkentä (IC Workshop Materials CNC. 2009, 3)

Kierto toteutetaan pienin väliajoin, esimerkiksi 100 kertaa sekunnissa. Mittauksesta saatua arvoa verrataan mikrotietokoneen laskemaan uuteen aseman ohjearvoon. Jos havaitaan poikkeama, annetaan jälleen servojen käyttöyksikölle käsky kelkkojen siirtämiseksi. (Vesämäki 2007, 23.)

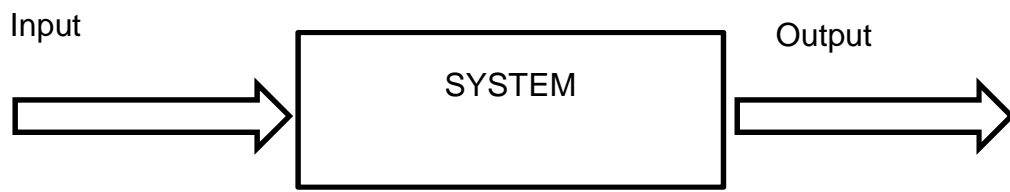
Liikenopeutta tarkkaillaan samalla tavalla suljetun piirin säädön avulla. Kelkan liikenopeutta mitataan ja arvoa verrataan nopeuden ohjearvoon. Nopeuden ohjearvo saadaan aseman poikkeamasta. Kelkan aseman muutokset toteutetaan nopeutta säätelämällä. Nykyisin melkein kaikki CNC-koneet käyttävät takaisinkytkentää. Kuvassa 3 esitetään takaisinkytkentä CNC-työstökoneella eritellen työssä tapahtuvat toiminnot ja osat. (Vesämäki 2007, 24.)



KUVA 3. Takaisin kytketyn CNC-koneen toimintaperiaate (IC Workshop Materials CNC. 2009, 4)

3.4.2 Avoin piiri

Avoimessa kierrossa ei ole takaisinkytkentää ja laskenta ei tapahdu reaaliajassa. Tästä johtuen ohjelmassa tapahtuvien virheiden korjaamista ei tapahdu. Avointa kiertoa käytetäänkin ainoastaan tilanteissa, jossa lopputulos on melkein aina muuttumaton ja ennalta arvattava. Siksi avointa kiertoa ei yleensä käytetä työstökoneissa, koska leikkausvoima ja koneen työkalu eivät ole muuttumattomia. Ainoa poikkeus on lankasahaus kone, jossa jotkut valmistajat käyttävät mieluummin avointa kiertoa, koska kyseisessä sauhauksessa ei ole havaittavaa leikkuuvoimaa. Kuvassa 4 on esitetty avoimen silmukan toimintaperiaate. (IC workshop materials 09 Computer numerical control (CNC). 2009, 2).



KUVA 4. Avoin silmukka (IC Workshop Materials CNC. 2009, 3)

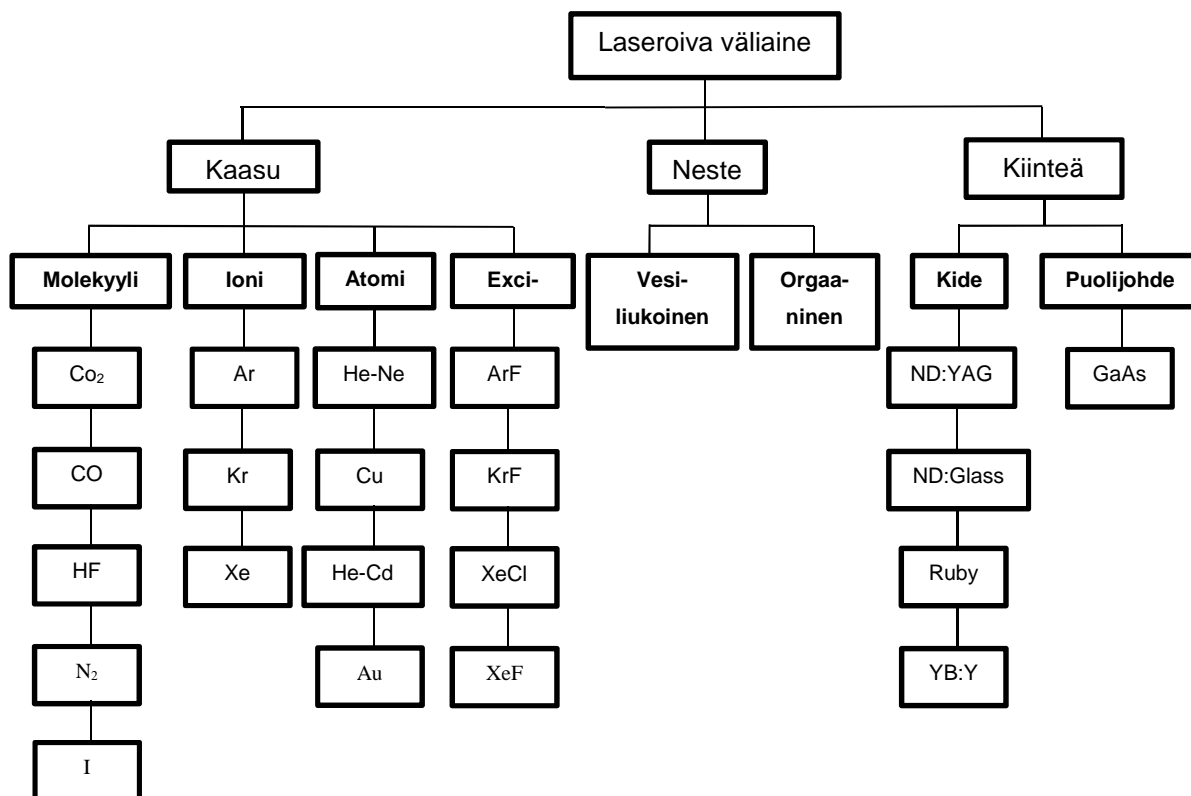
4 LASERTYÖSTÖ

4.1 Laservalo

Sana LASER on lyhenne englanninkielisistä sanoista Light Amplified by Stimulated Emission on Radiation. Laser on valoa, joka on vahvistettu stimuloitun emission avulla. Tästä johtuen kaikki laserit ovat optisia vahvistimia, jotka sisältävät kolme komponenttia (Kujanpää – Salminen – Vihinen 2005, 33.)

- väliaine, joka voi olla kaasu, neste tai kiinteä.
- kaksi peiliä, joiden välissä laserointi tapahtuu. Ainakin toisen peileistä on oltava osittain läpäisevä.
- pumppausenergia, jolla viritetään laseroivien atomien elektroneja korkeammalle energiatasolle, josta alemmalle tasolle palatessaan ne lähettävät vakioaallonpituuksista valoa. (Kujanpää ym. 2005, 33.)

Valo tehostuu lukemattomilla vastaavilla siirtymillä ja ulos tulee laservaloa. Laservalo on ominaisuuksiltaan yhdensuuntaista, sillä on yksi aallonpituus ja yksittäiset säteet ovat samassa vaiheessa. Kuvassa 5 esitetään lasertyöstössä käytettävät väliaineet. (Kujanpää ym. 2005, 33.)



KUVA 5. Erilaisia laseroivia väliaineita (Kujanpää ym. 2005, 33)

4.2 Laserhitsaus

Hitsaus on liittämistä, täyttämistä ja pintakäsittelyä. Hitsausmenetelmät jaetaan kahteen luokkaan:

- sulamenetelmät esimerkiksi kaasu-, kaari- ja laserhitsaus
- puristusmenetelmä esimerkiksi piste-, kylmäpuristus- ja kitkahitsaus. (Kujanpää ym. 2005, 33)

Tavallisessa hitsauksessa lämpö tuodaan työkappaleen pinnalle, josta se siirtyy sulan läpi johtumalla, sekoittumalla ja siirtymällä syvemmälle perusaineeseen. Laserhitsauksen lämmöntuontiteknikka on erilainen perinteiseen hitsaukseen verrattaessa. Suurienergiatiheyksinen säde aikaansaa syvän, kapean tunkeuman koko hitsattavalle aineenpaksuudelle. Lämpö siirtyy materiaaliin koko aineenpaksuudelta tasaisesti. (Kujanpää ym. 2005, 157.)

Suurin osa laserhitsaussovelluksista on tavallisten terästen, seostamattomien terästen ja ruostumattomien terästen liittämistä toisiinsa, mutta myös hyvin läm-

pöä johtavia materiaaleja voidaan hitsata laserhitsauksen avulla. Nd:YAG-laser on suunniteltu hitsaamaan alumiiniseoksia ja pienen heijastavuuden ansiosta jopa kupari, hopea ja kulta ovat mahdollisia hitsata. Hyvin lämpöä johtavien materiaalien hitsauksessa käytetään yleensä pulssihitsausta. (Kujanpää ym. 2005, 173.)

Laserhitsaus mahdollistaa kustannustehokkaan liittämistavan pienillä muodonmuutoksilla välttämättä perusaineen metallurgisia muutoksia. Laserhitsauksessa lämmöntuonti kappaleeseen on hyvin pieni. Hitsit voidaan sijoitella hyvin lähelle lämpöherkkiä komponentteja. (Kujanpää ym. 2005, 157.)

Laserhitsauskoneet soveltuvat hyvin automaatioon ja robottien kanssa käytettäväksi. Tästä johtuen laserhitsaus mahdollistaa hyvän prosessin joustavuuden ja mahdollistaa korkeat hitsausnopeudet. Robotiikan ansiosta hitsaus voidaan suorittaa kaikissa asennoissa, kunhan laitteiston optiikka on suojattu roiskeilta ja työskentely tapahtuu vaak- ja lakiasentojen välissä. Hitsien sijoittelu on mahdollista niin, että niihin päästään käsiksi vain toiselta puolelta. (Kujanpää ym. 2005, 157.)

4.3 Laserleikkaus

Laserleikkaus on terminen prosessi, jolla on pieni lämmöntuonti kappaleeseen. Pienen lämmöntuonnin ansiosta on mahdollista tehdä hyvin tarkkoja ja kapeita leikkausrailoja. Hyvät ominaisuudet mahdollistavat monimutkaisten geometrioiden leikkaamisen ilman lämpövääntelyitä. Leikkauksella on suuri nopeus, joka mahdollistaa hyvän tuottavuuden ja osien saatavuuden. Laserilla leikattu kappale on lähes poikkeuksetta valmis kokoonpantavaksi. Metallien laserleikkaus voidaan jaotella kolmeen eri vaihtoehtoiseen prosessiin: sulattava leikkaus, polttoleikkaus ja höyrystävä leikkaus. (Kujanpää ym. 2005, 133.)

Sulattavassa laserleikkauksessa lasersäde sulattaa materiaalia ja se puhalletaan pois korkeapaineisella inertillä kaasuvirtauksella. Sulattavassa laserleikkauksessa lasersäde on ainoa lämmönjohde. Inerttinä leikkauskaasuna toimii yleensä typpi, joka huolehtii sulan poistamisesta ja kuumenneen materiaalin suojauksesta. (Kujanpää ym. 2005, 135.)

Polttoleikkauksessa tapahtuvassa leikkausprosessissa laserin lisäksi hyödynnetään hapen ja materiaalin välille aiheutuvaa eksotermistä reaktiota. Reaktio tehostaa laserleikkausta tuomalla prosessiin lisää energiaa tavallisen polttoleikkauksen tapaan. Tämä lisää leikkausnopeutta. (Kujanpää ym. 2005, 134.)

Höyrystävissä laserleikkauksessa materiaalia poistetaan höyrystämällä. Tyypillisesti leikattavia kappaleita ovat esimerkiksi akryyli, kertamuovit ja puu. Kaasuvirtauksen avulla puhalletaan syntynyt höyry pois railosta. Metallien höyrystävä leikkaus on mahdollista vain suurella tehotiheydellä ja pulssittamalla. Mahdollistaa metalleihin erittäin tarkkojen muotojen leikkaamisen alhaisella nopeudella ohueen materiaaliin. (Kujanpää ym. 2005, 135.)

5 SUUNNITTELUNÄKÖKOHTIA

5.1 Lähtökohta

Opinnäytetyössä suunniteltiin kaksi vaihtoehtoa lineaaripöydäksi. Molemmissa pöydissä pohjaratkaisu rakenteelle on sama, joka esitetään lineaariliike otsikon alla. Yhtenäinen rakenne mahdollistaa tarkemman vertailun pöytien välillä. Lähtökohdiltaan pöydät ovat vastakkaiset. Toisessa käytetään valmiita lineaariyksiköitä ja toisessa osat tilataan erikseen, mikä alentaa hintaa. Tarkoituksena on vertailla pöydille tulevaa hintaeroa sekä tarkkuuden muutosta hinnan suhteen.

Edullisemmän lineaariyksikön osat tilataan erikseen, mutta silti osat toimivat hyvin yhteen. Osia valittaessa on kiinnitetty huomiota hintaan ja niiden saataavuuteen sekä mahdollisiin huoltotoimenpiteisiin. Vaikka pöydän elinikä jää alhaisemmaksi, kuin hankinta hinnalta korkeammalla pöydällä, on pöytä silti laadukas ja tarkka. Pöytä on kohdistettu markkinoille, jossa talousnäkömät ovat epävarmat ja suuri investointi ei ole mahdollinen. Pöydän on tarkoitus maksaa itsensä takaisin mahdollisimman nopeasti.

Korkeampihintaisessa lineaaripöydässä lineaariyksiköt on hankittu saman valmistajan kautta ja moottorit toisen valmistajan kautta. Yksiköt on valmiiksi koottu mikä nostaa hintaa, mutta takaa varman ja pitkän toimivuuden. Osat ovat laadukkaita ja tarkkoja, mutta selvästi hankinta hinnaltaan arvokkaampia. Kyseinen pöytä soveltuu tarkkuutta ja toistoa vaativien kappaleiden valmistukseen, joiden markkinat ovat vakaat ja suurempi investointi on mahdollista.

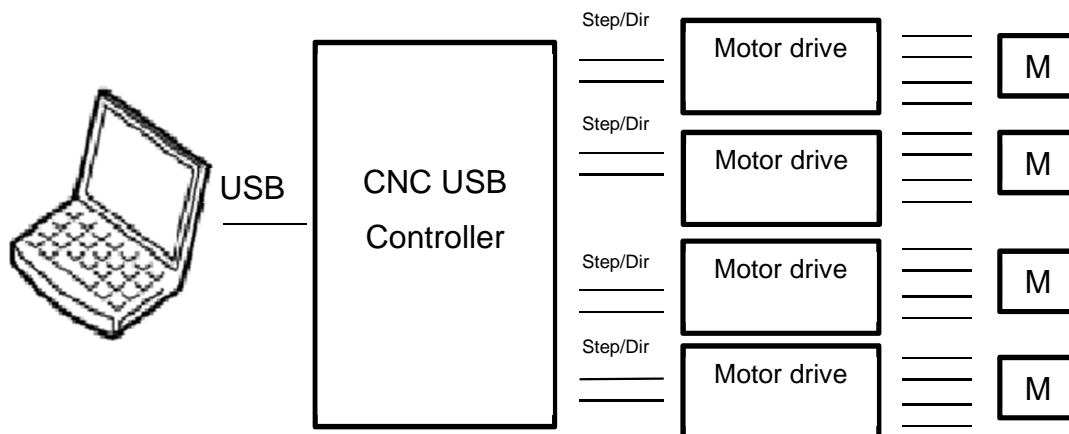
Lähtökohtana lineaaripöytien suunnittelussa on laserpään jouheva liikkuvuus. Laserpää on liitetty z-akselina toimivaan yksikköön ja on painoltaan noin 20 kg. Käytettäessä kuularuuvillisia lineaarijohteita saadaan tarkkuus erittäin korkeaksi. Hyvä tarkkuus ehkäisee ylimääräisiä virheitä työn ohessa. Laitesuunnittelun lähtökohtana toimii lineaariliikkeen toteutus ja sen ohjaus.

5.2 Ohjaus

5.2.1 Edullinen pöytä

Ohjausta valittaessa huomioidaan hinta ja tarvittava kapasiteetti moottoreiden ohjausta ajatellen, myös käyttöliittymän tulee olla selkeä. Ohjaus toteutetaan CNC USB Controller Mk2 -ohjainpiirin avulla. Ohjainpiiri toimii tietokoneen USB-portin kautta ja ohjaus tapahtuu tietokoneella olevalla hallintaohjelmalla. Piiri on mahdollista liittää mihin tahansa tietokoneeseen, johon on asennettu tarvittava ohjelmisto. Tiedostoja ei tarvitse siirrellä koneelta toiselle, vaan ne voidaan ajaa halutulta koneelta. Piirissä on myös SD-muistikortin lukija, jonka avulla g-koodia voidaan ajaa ilman tietokonetta. (Planet-cnc. 2012.)

Ohjainpiiri ja ohjelmisto on tilattavissa osoitteesta <http://www.planet-cnc.com/software> -painikkeen alta. Piiri on hankintahinnaltaan edullinen ja mahdollistaa yhdeksän moottorin yhtäaikaisen ohjauksen. Piirin hinta on 129 € ja ohjelman lisenssi on 69 €. Kuvassa 6 esitetään USB:n kautta toimivan kortin toimintaperiaate. (Planet-cnc. 2012.)



KUVA 6. Ohjainpiirin toiminnan perusteet. (Planet-cnc. 2012)

5.2.2 Kallis pöytä

Työssä käytetään Moveteciltä saatua tarjousta. Tarjotussa ohjauksessa luodaan työlle oma itsenäinen ohjausyksikkö, joka keskittyy ainoastaan pöydän toimintaan. Osat ovat ABB:ltä ja laadultaan erittäin hyviä. Ohjaus koostuu seuraavista komponenteista: (PLC-tuotteet. 2012.)

- PS501-PROG
- PB610
- PS551- MC SINGLE
- PM573 - ETH
- TB511 - ETH
- CD522
- TU516
- CP630 (Käyttöpaneelit. 2012).
- DC523. (PLC-tuotteet. 2012.)

5.3 Lineaariliike

Lineaariliike vaatii suurta tarkkuutta ja toimivuuden kolmessa eri tasossa. Lineaariliikettä suunniteltaessa oli kaksi mahdollista pohjaratkaisua. Lineaarijohteiden tavoiteltu toimintamatka yksiköittäin on seuraava:

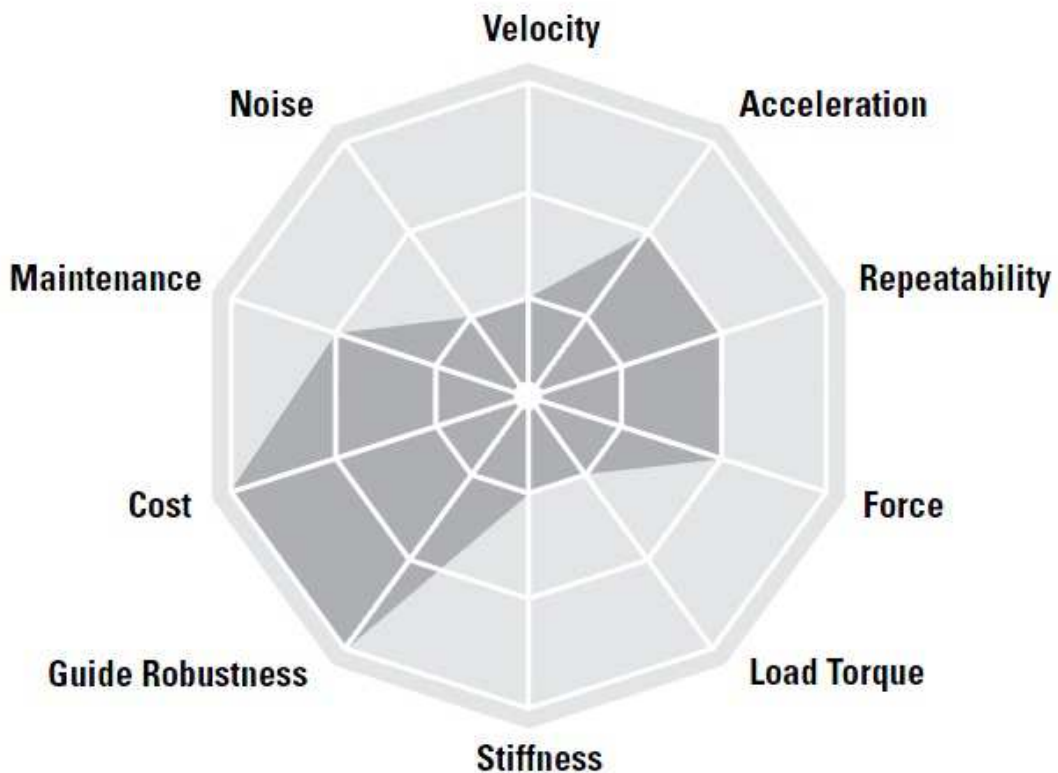
- x-johde = 1 100 mm
- y-johde = 1 300 mm
- z-johde = 300 mm.

Valitussa rakenteessa pohjana on kaksi x-suuntaista lineaariyksikköä. Näiden lineaariyksiköiden kelkkoihin liitetään y-suuntainen lineaariyksikkö. Y-lineaariyksikköön liitetään pystyliikkeen toteuttava z-yksikkö, jossa laserpää on kiinni. Rakenteessa y-yksiköllä on suurin liikematka sekä kannateltava massa, joten sen on oltava muita jäməkämpä. Rakenne on kokonaisuudessaan tukeva ja hyvin tasapainossa laserpään sijainnista huolimatta.

Vaihtoehtoisessa rakenteen pohja olisi koostunut yhdestä x-suuntaisesta yksiköstä. X-johteen kelkkaan olisi liitetty pystysuuntainen z-lineaariyksikkö ja tähän y-liike. Rakenteessa x- ja z-johteiden tulisi olla erittäin tukevia ja periksi antamattomia, jotta huojuntaa ja tärähdystä ei tapahtuisi ajon aikana. Johteisiin koh-

distuisi myös erittäin suuret vääntömomentit ja liikematkaa jouduttaisiin todennäköisesti lyhentämään. Näin ollen rakennetta ei valittu käytettäväksi työssä.

Lineaariyksiköiksi valitaan kuularuuvijohde sen tässä sovelluksessa tarvittavien hyvin ominaisuuksien vuoksi. Lineaariyksikön toistotarkkuus tulee olla sellainen, että tarkka leikkaus on mahdollista. Jäykkyyden tulisi olla sellaista, että päästäisiin mahdollisimman pienillä tuennoilla. Kuvassa 7 on erikseen esitetty kuularuuvijohde vahvuuksia, joiden perusteella johdetyypinvalinta suoritettiin.



KUVA 7. Lineaariyksiköiden ominaisuuksia (Tollo Thompson Linear Units – Catalogue. 2012, 47)

6 EDULLINEN LINEAARIPÖYTÄ

6.1 Lineaariliikkeen toteutus

Lineaariliike toteutetaan erikseen ostettavista ja koottavista komponenteista. Kaikissa liikkeissä käytetään samoja yksiköitä rakenteen selkeyttämisen ja varaosien edulliseen vuoksi. Rakenteessa y-liike vaatii suurimman jäykkyyden, joten se on kriittinen tekijä. Komponenttien valinnassa on huomioitu niiden yleisyys ja saatavuus. Edellä mainitut tekijät vaikuttavat alentavasti osien hintaan.

Komponenttien valinta tapahtuu seuraavassa järjestyksessä: Aluksi valitaan sopivat kuularuuvit ja mutterit. Seuraavaksi valitaan ruuveille sopiva laakerointi, joka mahdollistaa hyvän tuennan ja tarkkuuden. Tästä siirrytään valitsemaan sopiva kuulajohde. Tämän jälkeen valitaan sopiva kytkin. Kytkimen valinnan jälkeen perehdytään energiansiirtoketjuihin ja näiden jälkeen valitaan sopivat moottorit, josta lisää moottorit osiossa.

Kuularuuvien nurjahduskestävyys ja kriittinen kierrosluku ovat rajaavia tekijöitä osia valittaessa. Kuularuuveihin kohdistuvat laskut on esitetty niille otsikoiduissa osioissa. Kriittinen tarkastelu kohdistuu y-lineaariliikkeen kuularuuviin. Ruuvin toimintamatka on suurin ja se joutuu kannattelemaan z-yksikköä ja laserpäätä. Z-kuularuuville lasketaan mahdollinen nurjahdus, koska tuenta toteutetaan eritavalla muihin yksiköihin verrattuna.

Muut kokoonpanoon valittavat osat ovat lujuuskestävyydeltään selvästi parempia eikä niille kohdistuvia kuormituksia tarvitse laskea. Esivalittu kuularuuvi on Hiwinin R2005, jonka halkaisija on 20 mm. Mutteriksi valitaan Hiwin R2005FSI(t4). Laskelmat suoritettiin valmistajan antamien kaavojen avulla, jotka oli laadittu valmiiksi. Jokaisessa tapauksessa tarkastellaan ruuville kohdistuvia määrääviä voimia.

6.1.1 Z-suuntaisen lineaariliikkeen toteutus

Tarkastellaan Hiwinin R2005 kuularuuvia, jonka halkaisija on 20 mm. Mutteriksi valitaan Hiwin R2005FSI(t4). Ruuvin pituus on noin 300 mm ja se on tuettu ai-noastaan toisesta päästä. Kummankin puoleinen tuenta aiheuttaisi turhaa lisäpi-

tuutta. Ruuvien ollessa lyhyt sen kestävyys kasvaa merkittävästi. Kriittistä kierroslukua ei tarvitse laskea liikeradan ollessa pieni.

Nurjahdukseen vaadittava voima saadaan kaavasta 1 (Ojala 2012.)

$$F_{cp} = f_{cs} \cdot F_c \cdot f_c \geq F_{max} \quad \text{KAAVA 1}$$

F_{cp} = nurjahdusvoima

f_{cr} = varmuuskerroin

F_c = ruuvien pituuden avulla saatu arvo

f_c = tuennasta aiheutuva kriittinen kerroin

Lasketaan kuularuuvien nurjahduskestävyys kaavan 1 avulla.

$$F_{cp} = 0,8 \cdot 500 \text{ kN} \cdot 0,25 = 100 \text{ kN}$$

Kappaleen nurjahduskestävyys on erittäin suuri, joten tapahtumaa ei tarvitse tarkastella enempää.

6.1.2 Y-suuntaisen lineaariliikkeen toteutus

Tarkastellaan Hiwinin R2005 kuularuuvia ja R2005FSI(t4) mutteria. Ruuvien pituus on 1 300 mm.

Kuularuuville saadaan laskettua kriittinen kierrosluku kaavalla 2 (Ojala 2012.)

$$n_{crp} = f_{crs} \cdot n_{cr} \cdot f_{cr} \geq n_{max} \quad \text{KAAVA 2}$$

n_{crp} = kriittinen pyörimisnopeus

f_{crs} = varmuuskerroin 0,8

n_{cr} = sallittu pyörimisnopeus

f_{cr} = tuennasta aiheutuva kriittinen kerroin

Lasketaan kuularuuvien kriittinen kierrosluku kaavalla 2.

$$n_{crp} = 0,8 \cdot 1700 \text{ rpm} \cdot 1,56 = 2121 \text{ rpm}$$

Kuularuuvien nurjahduskestävyyden laskenta tapahtuu kaavalla 1.

$$F_{cp} = f_{cs} \cdot F_c \cdot f_c \geq F_{max}$$

$$F_{cp} = 0,8 \cdot 19 \text{ kN} \cdot 2 = 30,4 \text{ kN}$$

Kappaleen nurjahduskestävyys on erittäin suuri, joten tapahtumaa ei tarvitse tarkastella enempää.

6.1.3 X-suuntaisen lineaariliikkeen toteutus

Samanlaisia osia käytettäessä y-lineaariliikkeeseen kohdistuvat voimat ovat kriittisiä. Kriittinen kierrosluku tulee kuitenkin laskea erikseen joka kuularuuville.

Kriittinen kierrosluku lasketaan kaavan 2 mukaan.

$$n_{crp} = f_{crs} \cdot n_{cr} \cdot f_{cr} \geq n_{max}$$

$$n_{crp} = 0,8 \cdot 1900 \text{ rpm} \cdot 1,56 = 2371 \text{ rpm}$$

6.1.4 Osien valinta

Esivalitut kuularuuvit kestävät niille kohdistuvat voimat hyvin. Valitaan käytettäväksi ruuviksi Hiwin R2005 ja mutteriksi Hiwin R2005FSI(t4). (Hiwin kuularuuvit ja mutterit. 2012, 1.)

Laakerin valinnassa otetaan huomioon laakereiden saatavuus, hinta ja ominaisuudet. Niiden tulee tukea kokoonpanoa samalla mahdollistaen korkean tarkkuuden. Laakereiksi valitaan SYK:n kiinteä laakeriyksikkö BK-20 (Kuularuuvien lisävarusteet BK-20. 2012, 1.) ja vapaa laakeriyksikkö BF-20 (Kuularuuvien lisävarusteet BF-20. 2012, 1).

Kuulajohteeksi valitaan Hiwin HG25-C-johde ja laakeriksi HGW25CC Z0C-laakeri. (Hiwin HG-sarjan kuulajohteet. 2012, 38.)

Kyttimeksi valitaan R+W:n EKL-sarjan sakarakytkin, EKL/150/A/20/25. Kytkin kestää hetkellisesti 320 Nm väännön ja jatkuvasti 160 Nm väännön, jonka ylityessä kytkin alkaa pyöriä tyhjä. Näin suuria vääntöjä ei tule pienten massojen johdosta. (R+W sakarakytkin. 2012.)

Energiansiirtoketjuna toimii KabelSchleppin Basic-sarjasta löytyvä uniflex-malli. Uniflex-ketjut ovat muovisia energiansiirtoketjuja, jotka ovat tukevia ja hyvä laatuista. Uniflex-sarja tarjoaa monta erilaista vaihtoehtoa ketjuille. Se sisältää avonaisen, puoliksi avonaisen ja täysin katetun mallin. Työssä käytetään puoliksi katettua mallia, jonka tilausnumero on 0250-030-30-38-820. (KabelSchlepp energiansiirtoketjut. 2012, 96.)

6.2 Moottoreiden valinta

Moottoreina käytetään takaisinkytkennällä varustettuja AC-servomoottoreita. Takaisinkytkennän toimintaperiaate on selitetty teoriaosiossa. Moottoreina käytetään Hiwinin servomoottoreita. Moottoreiden maksimikiertoa on selvitetty, joten lasketaan moottoreiden vaatima momentti Tollo Thompsonin kaavalla 3. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$M_{ta} = \frac{F \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

KAAVA 3

M_{ta} = ajomomentti

F = kappaleen massasta aiheutuva voima

η = hyötysuhde

p = ruuvien nousu

6.2.1 Z-servomoottorin valinta

Moottorin vaatima momentti M_{ta} saadaan laskettua kaavalla 3.

$$M_{ta} = \frac{F \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

$$M_{ta} = \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 20,59 \text{ kg} \cdot 5 \text{ mm}}{2000 \cdot \pi \cdot 0,8} = 0,201 \text{ Nm}$$

Jatkuvan käytön teho saadaan laskettua kaavalla 4.

$$P_a = \frac{M_{ta} \cdot n}{9550}$$

KAAVA 4

P_a = teho

M_{ta} = kappaleen massasta aiheutuva voima

η = hyötysuhde

p = ruuvin nousu

Lasketaan jatkuvan käytön teho kaavan 4 avulla.

$$P_a = \frac{0,201 \text{ Nm} \cdot 2400 \text{ rpm}}{9550} = 0,05 \text{ kW}$$

Moottorin jatkuvan käytön momentti $M_{ta} = 0,2 \text{ Nm}$ sekä tarvittava teho jatkuvas-
sa käytössä on $P = 0,05 \text{ kW}$. Moottoriksi valitaan Hiwinin 100 W AC -
servomoottori.

Moottoriksi valitaan Hiwin 100 W AC -servomoottori tilausnumerolla
FRLS10203A4, jonka käyttöjännite on 220 V. Valitun servomoottorin tekniset
tiedot löytyvät liitteestä. Servomoottorin valinta suoritettiin jatkuvan käytön mo-
mentin mukaan, sillä se on kriittisempi tekijä. Jatkuvan käytön momentiksi val-
mistaja ilmoittaa $T_c = 0,32 \text{ Nm} \gg M_N = 0,19 \text{ Nm}$. (Hiwin servomoottorit ja -
vahvistimet. 2012, 34.)

6.2.2 Y-servomoottorin valinta

Y-akselille kohdistuvat voimat saadaan laskettua kaavalla 5.

$$m_{ykok} = m_z + m_{laser} + m_{tuenta} + m_{moott.} + m_{ykelkka} \quad \text{KAAVA 5}$$

m_{ykok} = y-lineaariyksikön kannatettava kokonaismassa

m_z = z-lineaariyksikön kokonaismassa

m_{laser} = laserpään massa

$m_{moott.}$ = z-lineaariyksikön moottorin ja servovahvistimen massa.

$m_{ykelkka}$ = yksikön kelkan massa

Lasketaan y-akselin massat kaavalla 5.

$$m_y = \left[\left(3,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 0,3 \text{ m} \right) + 0,59 \text{ kg} \right] + 20 \text{ kg} + 1,3 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 0,59 \text{ kg}$$
$$= 25,44 \text{ kg}$$

Moottorin vaatima momentti M_{ta} saadaan laskettua kaavalla 3.

$$M_{ta} = \frac{F_y \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

$$M_{ta} = \frac{9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 25,44kg \cdot 5 mm}{2000 \cdot \pi \cdot 0,8} = 0,25 Nm$$

Lasketaan jatkuvan käytön teho kaavan 4 avulla.

$$P_a = \frac{M_{ta} \cdot n}{9550}$$

$$P_a = \frac{0,25 Nm \cdot 1500 rpm}{9550} = 0,04 kW$$

Moottorin jatkuvan käytön momentti $M_{ta} = 0,25 Nm$ sekä tarvittava teho jatkuvassa käytössä on $P = 0,04 kW$. Moottoriksi tulee Hiwinin 200 W AC servomoottori.

Moottoriksi valitaan Hiwin 200 W AC -servomoottori tilausnumerolla FRLS2020306, jonka käyttöjännite on 220 V. Valitun servomoottorin tekniset tiedot löytyvät liitteestä 15. Servomoottorin valinta suoritettiin jatkuvan käytön momentin mukaan, sillä se tulee olemaan kriittisempi tekijä tässä tapauksessa. Jatkuvan käytön momenteiksi $T_c = 0,64 Nm \gg M_{ta} = 0,25 Nm$. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 34.)

6.2.3 X-servomoottorin valinta

X-akseleille kohdistuva kokonaisuudessa saadaan laskettua kaavalla 6.

$$m_x = \frac{m_{ykok} + m_y + m_{tuenta} + m_{moott.} + m_{xkelkka}}{2} \quad \text{KAAVA 6}$$

m_{ykok} = y-lineaariyksikön kannatettava kokonaisuudessa

m_{tuenta} = BK-20 ja BF-20 laakereiden massa

$m_{moott.}$ = y-lineaariyksikön moottorin ja servovahvistimen massa.

$m_{xkelkka}$ = yksikön kelkan massa

$$m_x = \frac{25,44 \text{ kg} \left[\left(3,21 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1,3 \text{ m} \right) + 0,59 \text{ kg} \right] + (1,3 \text{ kg} + 0,77 \text{ kg}) + 2 \text{ kg} + 0,59 \text{ kg}}{2}$$

$$m_x = 17,4 \text{ kg}$$

Moottorin vaatima momentti M_{ta} saadaan laskettua kaavalla 3.

$$M_{ta} = \frac{F_y \cdot p}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}$$

$$M_{ta} = \frac{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 17,4 \text{ kg} \cdot 5 \text{ mm}}{2000 \cdot \pi \cdot 0,8} = 0,17 \text{ Nm}$$

Lasketaan jatkuvan käytön teho kaavan 4 avulla.

$$P_a = \frac{M_{ta} \cdot n}{9550}$$

$$P_a = \frac{0,17 \text{ Nm} \cdot 1500 \text{ rpm}}{9550} = 0,027 \text{ kW}$$

Moottorilta vaadittava jatkuvan käytön momentti $M_{ta} = 0,17 \text{ Nm}$ ja tarvittava teho jatkuvassa käytössä on $P = 0,027 \text{ kW}$.

Moottoriksi valitaan Hiwin 100 W AC -servomoottori tilausnumerolla FRLS10203A4, jonka käyttöjännite on 220 V. Valitun servomoottorin tekniset tiedot löytyvät liitteestä 14. Servomoottorin valinta suoritettiin jatkuvan käytön momentin mukaan, sillä se tulee olemaan kriittisempi tekijä tässä tapauksessa. Jatkuvan käytön momentiksi valmistaja ilmoittaa $T_c = 0,32 \text{ Nm} \gg M_N = 0,17 \text{ Nm}$. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 33.)

6.3 Anturointi

Anturoinnilla tiedetään kelkan tarkka asema ja se toteutetaan servomoottoriin liitettävällä pulssianturilla. Näin tiedetään kelkan todellinen asema jatkuvasti. Pulssianturi liitetään servomoottorin ohjauksen tuottamaan takaisinkytkentään, jolloin liike on aina oikein. Pulssianturi ja sen kytkentä on saatavissa laitevalmistajalta suoraan, joten erillistä suunnittelua ei vaadita. Anturi voidaan kytkeä suo-

raan servovahvistimeen. Pulssianturiksi servomoottorille on mahdollista saada sinipulssianturi, joka tuottaa sini- tai cosinimuotoista signaalia. Pulssianturi on saatavilla myös vaihtoehdolla, jossa asematieto säilyy vaikka virta katkeaa.

6.4 Servomoottorien ohjaus

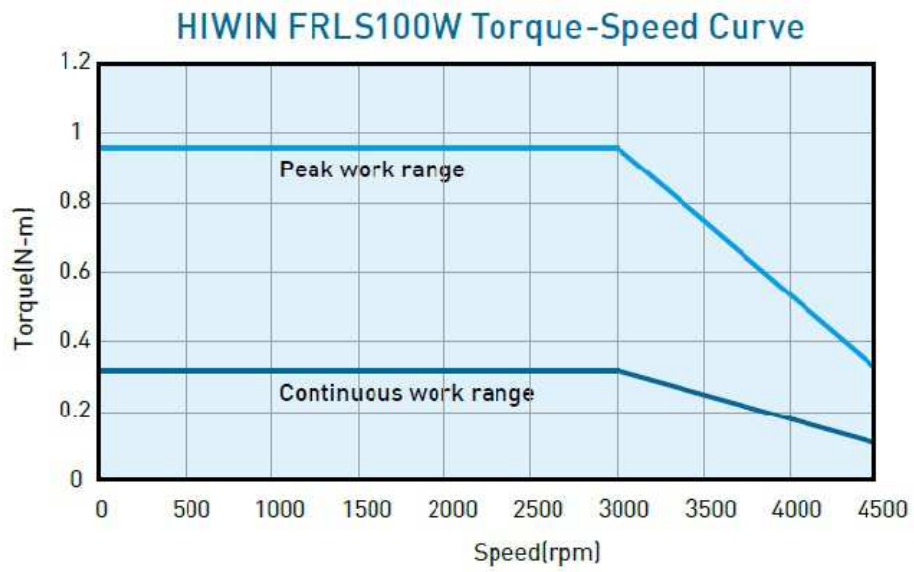
Servomoottorien ohjaus toteutetaan Hiwin AC Servodrive -servovahvistimilla, jotka ovat kytkettävissä suoraan moottoriin. Jokainen moottori vaatii oman servovahvistimen. Vahvistin on tarkoitettu Hiwinin omille AC -servomoottoreille. Valittu kokonaisuus on asiantuntijan suosittelema kustannustehokkuudeltaan kuin toiminnaltaankin. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012.)

X- ja y-lineaariyksiköiden moottoreiden ohjaus toteutetaan Hiwin AC Servodrive D2-0423-S-B4 -servovahvistimella. Moottoreiden vääntökäyrästä on esitetty kuvassa 8. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 16.)

Pystylineaariliikkeen servomoottorin ohjaus tapahtuu Hiwin AC Servodrive D2-0123-S-A4 -servovahvistimella. Moottoreiden vääntökäyrästä on esitetty kuvassa 9. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 16.)

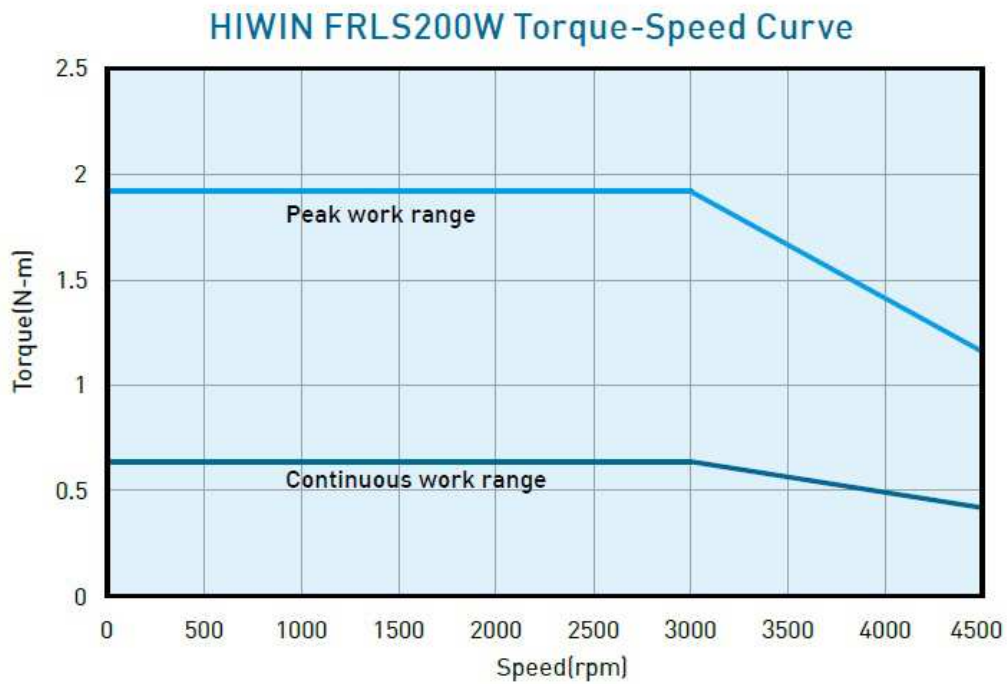
Kuvissa 8 ja 9 on esitetty servomoottoreiden vääntökäyrät nopeuden funktiona. Kuva 8 esittää z- ja x-lineaariyksiköille valittua Hiwin FRLS 100W -servomoottorin vääntömomenttikäyrää pyörimisnopeuden funktiona, kun servovahvistimena on Hiwin AC Servodrive D2-0123-S-A4. Kuvassa 9 nähdään y-lineaariyksikölle valitun Hiwin FRLS 200W -servomoottorin vääntömomentin nopeuden funktiona, kun servovahvistimena on Hiwin AC Servodrive D2-0423-S-B4. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 16.)

Torque-Speed Curve



KUVA 8. Servomoottorin Hiwin AC 100W vääntömomenttikäyrä nopeuden funktiona (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 33)

Torque-Speed Curve



KUVA 9. Servomoottorin Hiwin AC 200W vääntömomenttikäyrä nopeuden funktiona (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 34)

Kuvista nähdään vääntömomentin pysyvän tasaisena koko vääntöalueen ajan. Tarkempaa tarkastelua servovahvistimille ei tarvitse suorittaa, koska ne ovat suositeltuja kyseisille moottoreille.

7 KALLIS LINEAARIPÖYTÄ

7.1 Lineaariliike

Lineaariliike toteutetaan käyttäen valmiita lineaariyksiköitä. Yksiköt ovat Tollo Thompsonin ja Hiwinin valmistamia. Pystysuuntainen liike toteutetaan Hiwinin KK-yksiköllä ja vaakasuuntaisissa liikkeissä käytetään Tollo Thompsonin M-sarjan kuularuuviyksiköitä. Esivalitaan Tollo Thompsonin M55- ja M75 - lineaariyksiköt. Lineaariyksiköiden valinnassa on painotettu yksiköiden edullisuutta ja tarkkuutta. Kriittinen tarkastelu kohdistuu y-lineaariyksikön voimaan ja momenttiin.

7.1.1 Z-suuntaisen lineaariyksikön valinta

Z-lineaariliikkeeksi valittu yksikkö on Hiwinin KK-50, jossa kelkan liikematka on 200 mm ja yksikön kokonaispituus on 270 mm. Yksikön maksimi nopeus 270 mm/s. Valinnan perusteena olivat yksikön hinta ja tarkkuus. Liikematkan lyhyden takia käytettiin erilaista yksikköä. (Hiwin KK-sarja. 2012, 14)

7.1.2 Y-suuntaisen lineaariyksikön valinta

Lineaariyksikön valintaan vaikuttavat yksikön kokonaispituus, siihen kohdistuva taipuma sekä voima F_y ja momentti M_x . Voiman ja momentin arvoa verrataan lineaariyksikön tiedoissa oleviin arvoihin. Lineaariyksikön kokonaispituus määräytyy työliikkeen ja tuennan pituuksista, joiden arvot saadaan johteen tiedoista.

Lineaariyksikön kokonaispituuslasketaan johteen tiedoista saatavasta kaavasta 7. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 57.)

$$L_{tot} = S_{max} + A + B + 218 + 78$$

KAAVA 7

L_{tot} = lineaariyksikön kokonaispituus

S_{max} = työliikkeen pituus

A = tuennan aiheuttama lisäpituus

B = tuennan aiheuttama lisäpituus

Lasketaan kokonaispituus kaavalla 7.

$$L_{tot} = 900 + 60 + 60 + 218 + 78$$

$$L_{tot} = 1316 \text{ mm}$$

Lineaariyksikön kokonaispituus on 1 316 mm.

Y-lineaariyksikön liikuteltava massa saadaan laskettua kaavalla 8.

$$m_y = m_z + m_{laser} + m_{moott.} \quad \text{KAAVA 8}$$

m_y = y-lineaariyksikön kannatettava kokonaismassa

m_z = z-lineaariyksikön kokonaismassa

m_{laser} = laserpään massa

$m_{moott.}$ = z-lineaariyksikön moottorin massa

Lasketaan y-lineaariyksikölle tuleva liikuteltava massa kaavalla 8.

$$m_y = 1,6 \text{ kg} + 20 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} = 22,42 \text{ kg}$$

Profiilin tarkastelussa täytyy laskea lineaariyksikölle kohdistuva taipuma. Profiilin sallittu taipuma saadaan laskettua kaavalla 9. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 198.)

$$f_n = L_f \cdot b \quad \text{KAAVA 9}$$

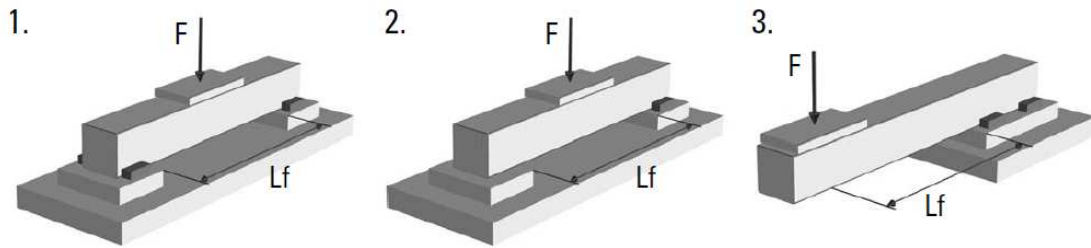
f_h = profiilin sallittu taipuminen

L_f = taivutettavan profiilin pituus

b = taipumiskerroin, joka on ominainen profiilille

Lasketaan profiilin sallittu taipuma kaavalla 9.

$$f_n = 1316 \text{ mm} \cdot 0,0005 = 0,658 \text{ mm}$$



KUVA 10. Lineaariyksikön taipumisessa käytettävät kolme tapausta (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 198)

Profiilin muodonmuutos saadan laskettua kaavalla 10. Laskussa käytetään tapausta 1. Tapaukset esitetään kuvassa 10. (Tollo Thompson Linear Units – Catalogue. 2012, 198.)

$$f_{max} = \frac{m'100 \cdot g \cdot L_f^4}{100 \cdot 384 \cdot E_{Al} \cdot I_z} + \frac{(m_y + m_{y-kelkka}) \cdot g \cdot L_f^3}{192 \cdot E_{Al} \cdot I_z}$$

KAAVA 10

f_{max} = profiilin taipuma

$m'100$ = jokaisen 100mm massa työliikkeessä, joka löytyy johteen tiedoista

g = painovoimasta aiheutuva kiihtyvyyys

L_f = molemminpuolisen tuennan välimatka

E_{Al} = alumiinin kimmokerroin

I_z = taivutusneliömomentti z-suuntaan

f_h = profiilin sallittu taipuminen

m_y = massa, jota kelkka liikuttaa

$m_{y-kelkka}$ = kelkan massa

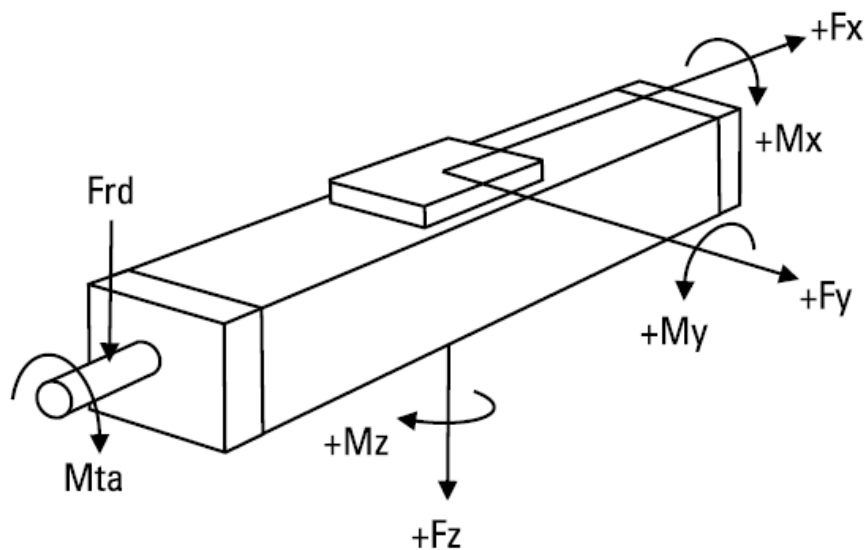
Lasketaan profiilin muodonmuutos kaavalla 10.

$$f_{max} = \frac{0,82 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1316 \text{ mm})^4}{100 \cdot 384 \cdot 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,15 \cdot 10^6 \text{ mm}^4} + \frac{(22,42 + 1,7) \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1316 \text{ mm})^3}{192 \cdot 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,15 \cdot 10^6 \text{ mm}^4}$$

$$= 0,043 \text{ mm}$$

$f_h = 0,653 \text{ mm} \gg f_{max} = 0,043 \text{ mm}$ eli taipuma hyväksytään.

Lineaariyksikkö voidaan kiinnittää päistä, sillä taipuma on hyvin pieni. Lineaariyksikölle tehdään myös tarkastelu voimien ja momenttien suhteen. Lasketaan voiman F_y ja momentin M_x arvot, joita verrataan sallituihin arvoihin. Muiden voimakomponenttien tarkastelu ei tässä tapauksessa ole tarpeellista, vaan tarkastelu suoritetaan suurimpien voimien osalta. Akselin suunnat lineaariyksikköön nähden on nähtävissä kuvassa 11.



KUVA 11. Lineaariyksikön akselien suunnat (Tollo Thompson Linear Units – Catalogue. 2012, 198)

Voima F_y y-akselin suuntaan voidaan laskea kaavalla 11. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 197.)

$$F_y = m \cdot g$$

KAAVA 11

m = z-lineaariyksikön ja laserpään massa

g = painovoimasta aiheutuva kiihtyvyys

Lasketaan voima F_y kaavalla 11.

$$F_y = m \cdot g = 22,42 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 219,9 \text{ N}$$

$$F_{ysall} = 1485 \text{ N} \gg F_y = 219,9 \text{ N}.$$

Lineaariyksikkö kestää hyvin sille kohdistuvan y-suuntaisen voiman.

Momentti x-akselin ympäri voidaan laskea kaavalla 12.

$$M_x = m \cdot g \cdot l$$

KAAVA 12

m = z-lineaariyksikön ja laserpään massa

g = painovoimasta aiheutuva kiihtyvyys

l = etäisyys johteesta laserpäähän

Lasketaan momentti kaavalla 12.

$$M_x = m \cdot g \cdot l = 22,42 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,1625 \text{ m} = 35,7 \text{ Nm}$$

Verrataan arvoa valmistajan antamaan sallittuun M_x :n arvoon eli

$$M_{xsall} = 49 \text{ Nm} \gg M_x = 35,7 \text{ Nm} \text{ (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 56.)}$$

Lineaariyksikkö kestää hyvin sille tulevan momentin x-akselin ympäri, vaikka laskennassa on käytetty massana yhteenlaskettua ulkoista kuormaa. Johteeksi valitaan M75 tilausnumerolla MG07-K057-A-00-S-1238. Laskennat osoittavat lineaariyksikön sopivan sille valittuun tehtävään. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 202.)

7.1.3 X-suuntaisen lineaariyksikön valinta

Lasketaan x-lineaariyksikön valintaan vaikuttavat tekijät. Laskuissa ainoastaan taipumaa käsitellään kriittisenä tekijänä.

Lineaariyksikön kokonaispituus saadaan kaavasta 13. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 55.)

$$L_{tot} = S_{max} + A + B + 184 + 70$$

KAAVA 13

L_{tot} = lineaariyksikön kokonaispituus

S_{max} = työliikkeen pituus

A = tuennan aiheuttama lisäpituus

B = tuennan aiheuttama lisäpituus

Lasketaan lineaariyksikön kokonaispituus kaavalla 13.

$$L_{tot} = 800 \text{ mm} + 32 \text{ mm} + 32 \text{ mm} + 184 \text{ mm} + 70 \text{ mm}$$

$$L_{tot} = 1118 \text{ mm}$$

Y-lineaariyksikön massa on laskettavissa kaavalla 14.

$$m_y = m_{y\text{-kelkka}} + m_{y\text{ks}} + m_{m/100} + m_{tuki} \quad \text{KAAVA 14}$$

m_y = y-lineaariyksikön kokonaismassa

$m_{y\text{-kelkka}}$ = y-lineaariyksikön kelkan massa

$m_{y\text{ks}}$ = lineaariyksikön massa nolla liikkeellä

$m_{m/100}$ = jokaista 100mm vastaava massa

m_{tuki} = tuennan aiheuttama massa

Lasketaan y-lineaariyksikölle kohdistuva massa kaavalla 14.

$$m_{y\text{-yks}} = 1,7\text{kg} + 6,07\text{kg} + (0,82\text{kg} \cdot 13,16) + 1,7 = 20,26\text{kg}$$

X-lineaariyksikölle liikuteltava massa saadaan kaavasta 15.

$$m_x = \frac{m_y + m_{y\text{-yks}} + m_{ymoott.}}{2} \quad \text{KAAVA 15}$$

m_x = x-lineaariyksikölle tuleva massa

m_y = y-lineaariyksikön kokonaismassa

$m_{y\text{-yks}}$ = z-lineaariyksikön kokonaismassa

$m_{ymoott.}$ = y-lineaariyksikön moottorin massa

Lasketaan x-lineaariyksikön liikuttama massa kaavalla 15.

$$m_x = \frac{22,42\text{kg} + 20,26\text{kg} + 2,23\text{kg}}{2} = 22,46\text{kg}$$

Lasketaan profiilin sallittu taipuminen kaavalla 9.

$$f_n = L_f \cdot b$$

$$f_n = 1118\text{mm} \cdot 0,0005 = 0,56\text{mm}$$

Lasketaan profiilin muodonmuutos tapaus 1:sen mukaan kaavalla 10. Tapaukset esitetään kuvassa 10.

$$f_{max} = \frac{m'_{100} \cdot g \cdot L_f^4}{100 \cdot 384 \cdot E_{Al} \cdot I_z} + \frac{(m_y + m_{y-kelkka}) \cdot g \cdot L_f^3}{192 \cdot E_{Al} \cdot I_z}$$

$$f_{max} = \frac{0,44\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1118\text{mm})^4}{100 \cdot 384 \cdot 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,4 \cdot 10^5 \text{mm}^4}$$

$$+ \frac{(22,46 + 1,2)\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (1118\text{mm})^3}{192 \cdot 70000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,4 \cdot 10^5 \text{mm}^4}$$

$$= 0,079\text{mm}$$

$$f_h = 0,58\text{mm} \gg f_{max} = 0,079\text{mm} \text{ eli taipuma hyväksytään.}$$

Lineaariyksikön kiinnitys on mahdollista toteuttaa yksikön päistä, sillä taipuma on paljon alle sallitun arvon. Yksiköksi valitaan M55 tilausnumerolla MG06-K057-A-00-S-1082. Laskut osoittavat lineaariyksikön sopivan sille valittuun tehtävään. (Tollo Thompson Linear Units -Catalogue 2012, 202.)

7.2 Moottoreiden valinta

7.2.1 Hiwin KK -servomoottorin valinta

Moottoriksi valitaan Hiwin AC 100 W -servomoottori. Valinta perustuu Hiwinin omaan laskuohjelmaan. (Hiwinmikro laskentaohjelma. 2012.)

7.2.2 M75-servomoottorin valinta

Servomoottorin valinnassa on otettava huomioon moottorin liikuttama massa, jonka avulla saadaan moottoriin kohdistuva syöttövoima F_x ja kiihdytysvoima F_a . Voiman avulla saadaan laskettua moottoriin kohdistuvat momentit.

Y-lineaariyksikölle kohdistuva massa on lasketavissa kaavalla 16. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$m_y = m_z + m_{moott.} + m_{laser} + m_{y-kelkka} \quad \text{KAAVA 16}$$

m_y = liikutettava massa

m_z = z-lineaariyksikön massa

$m_{moott.}$ = z-lineaariyksikön moottorin massa

m_{laser} = laserpään massa

$m_{y-kelkka}$ = y-johteen kelkan massa

Lasketaan y-lineaariyksikölle kohdistuva massa kaavalla 16.

$$m_y = 1,6 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 20 \text{ kg} + 1,7 \text{ kg}$$

$$m_y = 24,12 \text{ kg}$$

Moottorilta tarvittava kierrosnopeus voidaan laskea kaavalla 17.

$$v = \frac{p \cdot n}{60} \Rightarrow n = \frac{60 \cdot v}{p} = \frac{60 \cdot 0,2 \frac{m}{s^2}}{0,005m} = 2400 \text{rpm} \quad \text{KAAVA 17}$$

v = liikemutterin nopeus

p = ruuvin nousu

n = ruuvin pyörimisnopeus

Lasketaan moottorin kierrosnopeus kaavalla 17.

$$n = \frac{60 \cdot 0,2 \frac{m}{s^2}}{0,005m} = 2400 \text{rpm}$$

Syöttövoima F_x saadaan laskettua kaavalla 18. (Tollo Thompson Linear Units – Catalogue. 2012, 196.)

$$F_x = m \cdot g \cdot \mu$$

KAAVA 18

m = massa

g = painovoimasta aiheutuva kiihtyvyys

μ = kitkakerroin, joka on ominainen johteelle

Lasketaan syöttövoima kaavalla 18.

$$F_x = 24,12 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 = 35,49 \text{ N}$$

Kiihdytysvoima voidaan F_a voidaan laskea kaavalla 19. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$F_a = m \cdot a$$

KAAVA 19

m = massa

a = johteen maksimi kiihtyvyys

Lasketaan kiihtyvyysvoima kaavalla 19.

$$F_a = 24,4 \text{ kg} \cdot 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 195,36 \text{ N}$$

Kuormasta aiheutuva momentti M_{load} voidaan laskea kaavalla 20. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$M_{\text{LOAD}} = \frac{F_x \cdot p}{2 \cdot \pi}$$

KAAVA 20

F_x = syöttövoima

p = ruuvien nousu millimetreinä

Lasketaan momentti M_{load} kaavalla 20.

$$M_{\text{LOAD}} = \frac{35,49 \cdot 5 \text{ mm}}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 0,028 \text{ Nm}$$

Kiihtyvyydestä aiheutuva momentti M_{TRANS} voidaan laskea kaavalla 21. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$M_{TRANS} = \frac{F_a \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot 1000}$$

KAAVA 21

Lasketaan momentti M_{TRANS} kaavalla 21.

$$M_{TRANS} = \frac{195,36 \text{ N} \cdot 5 \text{ mm}}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 0,16 \text{ Nm}$$

Pyörimisestä aiheutuva momentti M_{ROT} saadaan kaavasta 22. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$M_{ROT} = jsp \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{MAX} \cdot a \cdot 2}{v_{max} \cdot 60 \cdot 1000}$$

KAAVA 22

jsp = johteelle ominainen hitausmomentin arvo (Tollo Thompson Linear Units – Catalogue. 2012, 192.)

n_{MAX} = moottorin maksimaalinen pyörimisnopeus

v_{MAX} = maksimi liikenopeus

Lasketaan momentti M_{ROT} kaavalla 22.

$$M_{ROT} = \left[1,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kgm}^2}{\text{m}} \right] \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2400 \text{ rpm} \cdot 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2}{0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 60 \cdot 1000}$$

$$M_{ROT} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

Moottorille tarvittava huippumomentti M_A saadan kaavasta 23. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$M_A = \frac{M_{LOAD} \cdot M_{TRANS} \cdot M_{ROT} \cdot M_{IDLE}}{\eta}$$

KAAVA 23

M_{LOAD} = kuorman momentti

M_{TRANS} = kiihtyvyyden momentti

M_{ROT} = pyörimisen momentti

M_{IDLE} = kelkan liikkeellelähtöön vaadittava momentti (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 54.)

$\eta = 0,8$ on johteen hyötysuhde

Lasketaan momentti M_A kaavalla 23.

$$M_A = \frac{0,028 Nm + 0,16 Nm + 3,2 \cdot 10^{-3} Nm + 0,15 Nm}{0,8}$$

$$M_A = 0,43 Nm$$

Jatkuvan käytön momentti M_N moottorille voidaan laskea kaavalla 24.

$$M_N = \frac{M_{LOAD} + M_{IDLE}}{\eta} \quad \text{KAAVA 24}$$

M_{LOAD} = kuorman momentti

M_{IDLE} = kelkan liikkeellelähtöön vaadittava momentti

$\eta = 0,8$ on johteen hyötysuhde

Lasketaan momentti M_N kaavalla 24.

$$M_N = \frac{0,028 Nm + 0,15 Nm}{0,8} = 0,22 Nm$$

Moottorin tarvitsema teho kiihdytyksessä voidaan laskea kaavalla 25. (Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 196.)

$$P = \frac{M_A \cdot n_{MAX} \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot 1000} \quad \text{KAAVA 25}$$

P = teho

n_{MAX} = moottorin maksimaalinen kierros-luku

M_A = huippumomentti

Lasketaan teho kaavalla 25.

$$P = \frac{0,43 Nm \cdot 2400 rpm \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot 1000} = 0,11 kW$$

Moottorilta vaadittava huippumomentti $M_A = 0,43 Nm$, jatkuvan käytön momentti on $M_N = 0,22 Nm$ sekä teho jatkuvassa käytössä on $P = 0,11 kW$. Moottoriksi valitaan Hiwinin 200 W AC -servomoottori.

Moottoriksi valitaan Hiwin 200W AC -servomoottori tilausnumerolla FRLS2020306, jonka käyttöjännite on 220 V. Servomoottorin valinta suoritettiin jatkuvan käytön momentin mukaan, joka tulee olemaan kriittisempi tekijä tässä

tapauksessa. Moottorilla on hyvä ylikuormitettavuus. Huippumomentiksi valmistaja ilmoittaa $T_p = 1,92 \text{ Nm} \gg M_a = 0,43 \text{ Nm}$ ja jatkuvan käytön momenteiksi $T_c = 0,64 \text{ Nm} \gg M_N = 0,22 \text{ Nm}$. Maahantuoja kehotti mitoittamaan moottoriin reserviä, joten käytetään kyseistä moottoria. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 16.)

7.2.3 M55-servomoottorin valinta

Servomoottorin valinta suoritetaan samalla periaatteella, kuin M75-servomoottorin valinta. Aluksi lasketaan liikutettava massa ja tämän jälkeen voimat. Voimien avulla lasketaan momentit ja valitaan moottori.

Massa yhtä x-suuntaista lineaariyksikköä kohden voidaan laskea kaavalla 26.

$$m_x = m_y + m_{x\text{-kelkka}} + m_{y\text{-yks}} + m_{y\text{-moott.}} \quad \text{KAAVA 26}$$

m_x = liikutettava massa

m_y = y-lineaariyksikön päälle tuleva massa

$m_{moott.}$ = y-lineaariyksikön moottorin massa

$m_{y\text{-yks}}$ = johteen massa

$m_{y\text{-kelkka}}$ = x-johteen kelkan massa

Lasketaan yhden lineaariyksikön massa kaavalla 26.

$$m_x = \frac{24,12 \text{ kg} + 1,2 \text{ kg} + \left(\frac{0,82 \cdot 1316}{100}\right) \text{ kg} + 2,23 \text{ kg}}{2}$$

$$m_x = 19,17 \text{ kg}$$

Moottorilta tarvittava kierrosnopeus lasketaan kaavalla 17.

$$n = \frac{60 \cdot v}{p} = \frac{60 \cdot 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,005 \text{ m}} = 2400 \text{ rpm}$$

Lasketaan syöttövoima F_x kaavalla 18.

$$F_x = m \cdot g \cdot \mu$$

$$F_x = 19,17 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,15 = 28,21 \text{ N}$$

Lasketaan kiihdytysvoima F_a kaavalla 19.

$$F_a = m \cdot a = 19,17 \text{ kg} \cdot 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 153,36 \text{ N}$$

Lasketaan kuormasta aiheutuva momentti M_{load} kaavalla 20.

$$M_{\text{LOAD}} = \frac{F_x \cdot p}{2 \cdot \pi}$$

$$M_{\text{LOAD}} = \frac{28,21 \text{ N} \cdot 5 \text{ mm}}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 0,022 \text{ Nm}$$

Lasketaan kiihtyvyydestä aiheutuva momentti M_{TRANS} kaavalla 21.

$$M_{\text{TRANS}} = \frac{F_a \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot 1000}$$

$$M_{\text{TRANS}} = \frac{153,36 \text{ N} \cdot 5 \text{ mm}}{2 \cdot \pi \cdot 1000} = 0,12 \text{ Nm}$$

Lasketaan pyörimisestä aiheutuva momentti M_{ROT} kaavalla 22.

$$M_{\text{ROT}} = jsp \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{MAX}} \cdot a \cdot 2}{v_{\text{max}} \cdot 60 \cdot 1000}$$

$$M_{\text{ROT}} = \left[1,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kgm}^2}{\text{m}} \right] \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 2400 \text{ rpm} \cdot 8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2}{0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 60 \cdot 1000}$$

$$M_{\text{ROT}} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}$$

Lasketaan moottorille tarvittava momentti M_A kaavalla 23.

$$M_A = \frac{M_{\text{LOAD}} \cdot M_{\text{TRANS}} \cdot M_{\text{ROT}} \cdot M_{\text{IDLE}}}{\eta}$$

$$M_A = \frac{0,022 \text{ Nm} + 0,12 \text{ Nm} + 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ Nm} + 0,13 \text{ Nm}}{0,8}$$

$$M_A = 0,35 \text{ Nm}$$

Lasketaan jatkuvan käytön momentti moottorille kaavalla 24.

$$M_N = \frac{M_{LOAD} + M_{IDLE}}{\mu}$$

$$M_N = \frac{0,022 \text{ Nm} + 0,13 \text{ Nm}}{0,8} = 0,19 \text{ Nm}$$

Lasketaan moottorin tarvitsema teho kiihdytyksessä P kaavalla 25.

$$P = \frac{M_A \cdot n_{MAX} \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot 1000}$$

$$P = \frac{0,35 \text{ Nm} \cdot 2400 \text{ rpm} \cdot 2 \cdot \pi}{60 \cdot 1000} = 0,09 \text{ kW}$$

Moottorilta vaadittava huippumomentti on $M_{ta} = 0,35 \text{ Nm}$ ja tarvittava jatkuvan käytön momentti on $M_N = 0,19 \text{ Nm}$ sekä tarvittava teho jatkuvassa käytössä on $P = 0,09 \text{ kW}$. Moottoriksi tulee Hiwinin 100 W AC -servomoottori.

Moottoriksi valitaan Hiwin AC 100 W -servomoottori tilausnumerolla FRLS10203A4, jonka käyttöjännite on 220 V. Valitun servomoottorin tekniset tiedot löytyvät liitteestä 14. Servomoottorin valinta suoritettiin jatkuvan käytön momentin mukaan, sillä se tulee olemaan kriittisempi tekijä tässä tapauksessa. Moottorilla on hyvä ylikuormitettavuus. Huippumomentiksi valmistaja ilmoittaa $T_p = 0,96 \text{ Nm} \gg M_a = 0,35 \text{ Nm}$ ja jatkuvan käytön momenteiksi $T_c = 0,32 \text{ Nm} \gg M_N = 0,19 \text{ Nm}$. (Hiwin servomoottorit ja -vahvistimet. 2012, 16.)

7.3 Anturointi

Kelkan paikkatiedon saamiseksi tarvitaan servomoottoriin saatava sinipulssianturi, joka tuottaa sinimuotoista signaalia perinteisen pulssin sijaan. Edullisessa lineaaripöydässä käytetään samaa pulssianturia. Pulssianturi on suoraan kytkettävissä servovahvistimeen. Pulssianturi on saatavilla myös vaihtoehdolla, jossa paikkatieto säilyy vaikka virta katkeaa. Servomoottoreiden ohjaus on sama kuin edellisessä pöydässä.

8 VERTAILU

8.1 Edullinen pöytä

Komponenteille annetut hinnat on saatu maahantuojalta ja ne ovat paikkansapitäviä. Arvot on ilmoitettu metri- ja kappalehintoina. Valuuttana toimii euro (€). Hinnat esitetään seuraavassa järjestyksessä: kuularuuvi, -mutteri, kuularuuvin koneistus, laakerointi, kytkin, johde, laakeri, ketju ja ohjaus.

Hiwin kuularuuvi R2005-3000:n hinta on 70 €/m. Kuularuuvia käytetään yhteensä 4 m.

$$4m \cdot 70 \frac{\text{€}}{m} = 280\text{€}$$

R2005FSI(t4)-mutterin hinta on 85 €/kpl. Ruuveja käytetään 4 kpl.

$$4kpl \cdot 85 \frac{\text{€}}{kpl} = 340\text{€}$$

Kuularuuvin koneistus standardin mukaan SYK-laakereille on arvoltaan 80 €/kpl.

$$4kpl \cdot 80 \frac{\text{€}}{kpl} = 320\text{€}$$

Kiinteän laakeriyksikön SYK BK-20 hinta on 125 €/kpl. Kiinteitä laakeriyksiköitä tarvitaan neljä.

$$4kpl \cdot 125 \frac{\text{€}}{kpl} = 500\text{€}$$

Vapaan laakeriyksikön SYK BF-20 hinta on 50 €/kpl. Vapaita laakeriyksiköitä tarvitaan kolme.

$$3kpl \cdot 50 \frac{\text{€}}{kpl} = 150\text{€}$$

R+W EKL 150/A -sakarakytkin on hinnaltaan 114 €/kpl ja niitä tarvitaan neljä.

$$4kpl \cdot 114 \frac{\text{€}}{kpl} = 456\text{€}$$

Hiwin HG25-C -johde on hinnaltaan 55 €/m ja sitä käytetään neljä metriä.

$$4m \cdot 55 \frac{\text{€}}{m} = 220\text{€}$$

HGW25CC Z0C -laakeri on hinnaltaan 45 €/kpl. Laakereita käytetään neljä.

$$4kpl \cdot 45 \frac{\text{€}}{kpl} = 180\text{€}$$

KabelSchlepp energiansiirtoketjun 0250-030-30-38-820 Hinta on

25 €/m + kiinnityssarja, jonka hinta on 4 €/sarja. Ketjua käytetään noin 3 m.

$$3m \cdot 25 \frac{\text{€}}{m} + 4 \cdot 4\text{€} = 91\text{€}$$

Ohjainpiiri on hinnaltaan 129 € ja siihen lisätään ohjelman lisenssi 69 €.

Moottoreiden hinnat yksiköittäin:

- Y-lineaariyksikkö -Hiwin 200 W AC -servomoottori 705€
- X-lineaariyksikkö -Hiwin 100 W AC -servomoottori 685 €
- Z-lineaariyksikkö -Hiwin 100 W AC -servomoottori 685€.

Yhteensä komponentit maksavat 5495 € ilman toimituskuluja ja alvin ollessa 0 %.

8.2 Kallis pöytä

Kalliissa pöydässä käytettävien komponenttien hinnat ovat saatu maahantuojalta ja ovat ajantasalla. Hinnat ovat yksiköittäin, joitain komponentteja käytetään useampia.

- M75-lineaariyksikön hinta 1 600 €
- M55-lineaariyksikön hinta 1 300 €
- Hiwin KK-yksikkö hinta 400 €
- M75 -Hiwin 200 W AC -servomoottori 705 €
- M55 -Hiwin 100 W AC -servomoottori 685 €
- Hiwin-KK50 -Hiwin 100 W AC -servomoottori 685 €
- Ohjauksen kokonaishinta 3001,60 €

Yhteensä lineaaripöytä maksaa 10361,60 €, ilman toimituskuluja alv:in ollessa 0 %.

9 POHDINTA

Suunnittelun lähtökohtana oli luoda järjestelmä laserleikkauskokeisiin. Erilaisia vaihtoehtoja pohdiskelemalla päädyttiin kahteen erilaiseen järjestelmään, jotka käyttävät samaa pohjaratkaisua. Kummassakin vaihtoehdossa lineaariyksiköt liikuttavat laserleikkuupäätä leikattavan kappaleen pysyessä paikallaan. Toinen järjestelmä on luotu käyttäen valmiita lineaariyksiköitä ja toinen on koottu erillisistä osista. Tarkoituksena on vertailla tuotteiden hintaa ja tuottamaa tarkkuutta.

Järjestelmän rakenteeksi oli ehdolla kaksi toisistaan selvästi eroavaa ratkaisua. Rakenteiden ero on käytettävien yksiköiden määrässä ja tästä syntyvästä rakenteen muodosta. Valitsematta jääneessä rakenteessa lineaariliikkeen pohjana käytettiin yhtä x-suuntaista yksikköä. Valitussa rakenteessa pohjana käytettiin kahta x-suuntaista yksikköä. Molemmissa vaihtoehdoissa on hyviä ja huonoja puolia.

Yhden x-yksikön järjestelmässä käytetään mahdollisimman vähän johteita. Tämä alentaa kokonaisuuden hintaa yhden johdekokonaisuuden verran. Rakenne on kuitenkin hieman arveluttava. Järjestelmässä leikattavan levyn asemointi vaikeutuisi leikkauksen tapahtuessa pystysuunnassa. Myös liikeradat pienentyisivät rakenteelle syntyvien suurien momenttien vuoksi. Jäykemmillä johteilla pysyttäisiin vastaamaan momenttien kasvuun. Yhdelle johteelle kohdistuvat voimat ja momentit kasvaisivat merkittävästi ja valitussa pöydässä käytettävät edulliset johteet eivät enää kestäisi niille kohdistuvia voimia. Siksi järjestelmässä jouduttaisiin käyttämään kalliimpia johteita.

Valitussa rakenteessa on paras tukevuus ja mahdollistaa parhaan työstötarkkuuden sekä minimoi tärinän. Rakenne mahdollistaa leikkauksen suurestakin levystä. Levyn asemointi on myös helppoa, koska levy sijoitetaan x,y-tasoon. Valitussa pöydässä on yksi heikkous. Mahdollisimman tukevan rakenteen vuoksi on käytössä yksi ylimääräinen x-suuntainen johde, jota ei olisi toisessa ratkaisussa. Johteen tuoma lisähinta rakenteelle on suuri. Lineaariyksikkö on kallis ja samoin siihen tuleva servomoottori ja -vahvistin. On kuitenkin huomioitava valit-

tujen johteiden edullisuus, joka alentaa rakenteiden välistä hintaeroa. Myös haluttu liikematka on mahdollista toteuttaa ainoastaan valitulla rakenteella.

Lineaaripöytien suurimman eron muodostaa valmiiden johteiden korkea hankintahinta verrattuna erikseen hankittaviin osiin. Myös ohjauksen toteuttamisella on suuri merkitys pöytien hankintahintaan. Edullisen pöydän USB-ohjain on erittäin edullinen verrattuna valmiita yksiköitä käyttävän pöydän ohjaukseen. Kortti vaatii toimiakseen tietokoneen, mutta sen aiheuttamia kustannuksia ei oteta työssä huomioon. Pöydillä saavutettavalla tarkkuudella ei ole suurta eroa toisistaan.

Servomootoreiden ja servovahvistimien valinnan perusteena on käytetty lineaariyksiköiden valintaa. Kummassakin pöydässä käytetään samoja moottoreita ja vahvistimia maahantuojan suosituksen mukaan. Valitut moottorit ovat edullisia ja luotettavia. Lineaariyksiköiden valinta suoritettiin internetistä saatujen teknisten tietojen mukaan sekä asiantuntijan neuvojen perusteella.

Jos pöytien ohjaukset jätetään huomioimatta, hinta valmiina ostettavien ja erikseen koottavien yksiköiden välillä ei ole kovin suuri. Koottavat yksiköt tuottavat paljon työtä, johon kuluu aikaa ja rahaa. Sen takia ei ole merkitystä ostaako pöydän valmiiksi koottuina yksikköinä vai rakentaako sen itse.

Työssä ei suunniteltu leikattavan kappaleen kiinnitystä. Ainoastaan kappaleen kokotiedot ovat käytössä. Kappale on tarkoitettu sijoittamaan leikkauspaikalle käsin.

Erillisiä turvallisuustoimia ei ole mietitty työtä tehdessä. Jos työssä suunniteltu lineaaripöytä toteutetaan, leikkaus tapahtuu omassa huoneessa. Huoneessa on oma ilmanvaihto leikkauksessa syntyvien kaasujen varalle, lisäksi huone on lukittu eikä sinne pääse leikkauksen aikana.

LÄHTEET

ELME Studio. Saatavissa: <http://www.elmestudio.fi/>. Hakupäivä 1.10.2012.

Hiwin HG-sarjan kuulajohteet. Movetec Oy. Saatavissa: http://www.movetec.fi/images/pdf/hiwin_hg_sarjan.pdf. Hakupäivä 31.10.2012

Hiwin KK -sarja. Hiwinin lyhyen liikematkan lineaariyksiköt. Hiwin Corporation. Saatavissa: [http://www.hiwin.com.tw/download/tech_doc/robot/Industrial%20Robot-\(E\).pdf](http://www.hiwin.com.tw/download/tech_doc/robot/Industrial%20Robot-(E).pdf). Hakupäivä 30.10.2012.

Hiwin kuularuuvit ja -mutterit. Movetec Oy. Saatavissa: http://www.movetec.fi/images/pdf/fsi_din_mutteri.pdf. Hakupäivä 15.10.2012.

Hiwinmikro laskentaohjelma. Hiwinmikro Oy. Saatavissa: <http://www.hiwinmikro.com.tw/hiwincal.aspx>. Hakupäivä 10.10.2012

Hiwin-sarjan tuotteet yleisesti. Hiwin Corporation. Saatavissa: http://www.hiwin.com.tw/Products_List.aspx. Hakupäivä 15.10.2012.

Hiwin servomootorit ja -vahvistimet. Hiwinmikro Oy. Saatavissa: http://www.hiwinmikro.com.tw/download/Catalog/Im/AC_Servo_Motor_Drive_e.pdf Hakupäivä 23.11.2012.

IC Workshop Materials CNC. Saatavissa: <http://ebookbrowse.com/ic-workshop-materials-09-computer-numerical-control-cnc-pdf-d184501575>. Hakupäivä 8.10.2012

Ihalainen, Erkki – Aaltonen, Kalevi – Aromäki, Mauri – Sihvonen, Pentti 2009. Valmistustekniikka. Espoo: Otatieto.

Intelligent numerical numerical control. Saatavissa: <http://numericalcontrol.blogspot.fi/2011/05/intelligent-computer-numerical-control.html>. Hakupäivä 15.10.2012

KabelSchlepp-energiansiirtoketjut. Movetec Oy. Saatavissa:
http://kabelschlepp.de/fileadmin/img/carrier/PDFs/kataloge/UNIFLEX_GB.pdf.

Hakupäivä 31.10.2012

Kujanpää, Veli – Salminen, Antti – Vihinen, Jorma 2005. Lasertyöstö. Helsinki:Teknoliateollisuus.

Kuularuuvien lisävarusteet BF-20. Movetec Oy. Saatavissa:
<http://www.movetec.fi/images/pdf/BF.pdf>. Hakupäivä 31.10.2012.

Kuularuuvien lisävarusteet BK-20. Movetec Oy. Saatavissa:
<http://www.movetec.fi/images/pdf/BK.pdf>. Hakupäivä 31.10.2012.

Käyttöpaneelit. Movetec oy. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/tuotteet-sahkoinen/plc-tuotteet-kayttopaneelit/kayttopaneelit-abb>. Hakupäivä 15.12.2012

Movetec Oy. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/>. Hakupäivä 1.10.2012.

Ojala, Antti 2012. Insinööri, Movetec Oy. Neuvottelu 31.10.2012.

Planet-cnc. Planet-cnc:n USB -ohjaimet ja ohjelmistot. Planet-cnc. Saatavissa:
<http://www.planet-cnc.com/index.php?page=home> Hakupäivä 1.10.2012.

PLC-tuotteet . Movetec Oy. Saatavissa: <http://www.movetec.fi/tuotteet-sahkoinen/plc-tuotteet-kayttopaneelit/plc-tuotteet-abb>. Hakupäivä 15.12.2012

R+W -sakarakytkin. R+W coupling technology. Saatavissa:
http://www.rwcouplings.com/products/elastomer_couplings/ekl/. Hakupäivä 31.10.2012.

Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. Tollo Thompsonin lineaariyksiköiden tiedot. Saatavissa: http://www.tollo.com/pdf/LMS_EU200502-03_july07.pdf. Hakupäivä 1.10.2012.

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat. Oulun yliopistolla toimiva tutkimusryhmä. Saatavissa: <http://www oulu.fi/fmt/FMT6/index.html>. Hakupäivä 10.10.2012.

Vesämäki, Hannu 2007. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi. Helsinki:Teknologiateollisuus.

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 CNC USB Controller MK2 -ohjainpiiri

Liite 3 ABB-ohjainpiiri

Liite 4 R2005FSI(t4) kuularuuvi ja -mutteri

Liite 5 Laakerointi BF-20 ja BK-20

Liite 6 Hiwin HGW -C -johteen tekniset tiedot

Liite 7 R+W-sakarakytkimen tekniset tiedot

Liite 8 KabelSchlepp-energiansiirtoketjun tekniset tiedot

Liite 9 Hiwin KK50 tekniset tiedot

Liite 10 M-sarjan lineaariyksiköiden tekniset tiedot

Liite 11 M75-tekniset tiedot

Liite 12 M55-tekniset tiedot

Liite 13 Lineaariyksikön tilauskoodin selitys

Liite 14 Hiwin AC 100W -servomoottori ja -vahvistin

Liite 15 Hiwin AC 200W -servomoottori ja -vahvistin

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Jussi Kinnunen, puh.0400 42 41 59, email:t7kiju01@students.oamk.fi _____

Tilaaaja Oulun yliopisto – Oulun Eteläisen instituutti _____

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot Kari Mäntyjärvi, 040 084 3050, Kari.Mantjarvi@oulu.fi _____

Työn nimi 3 – akselisten lineaaripöytien suunnittelu _____

Työn kuvaus Suunnitellaan ja toteutetaan edullinen 3-akselinen ohjelmoitava kokonaisuus _____

Työn tavoitteet

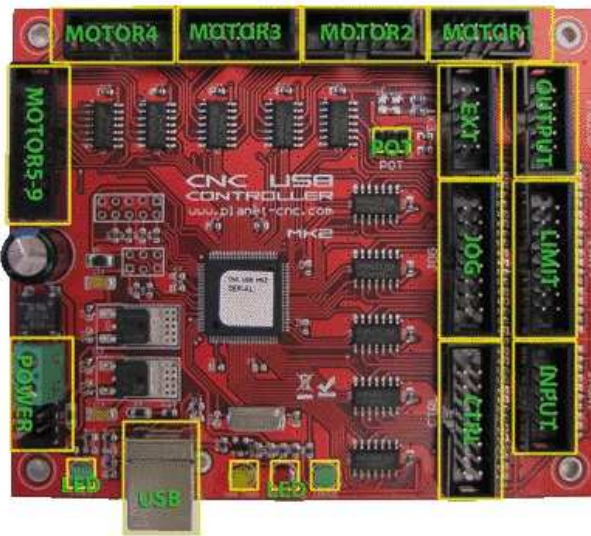
- Edullisen tuonantoautomaation saatavuus ja hinta, -
- rakenteen ja toiminnan dokumentointi
- esimallin toteuttaminen _____

Tavoiteaikataulu 31.3.2012 _____

Päiväys ja allekirjoitukset _____

(Planet-cnc. 2012.)

CNC USB CONTROLLER MK2

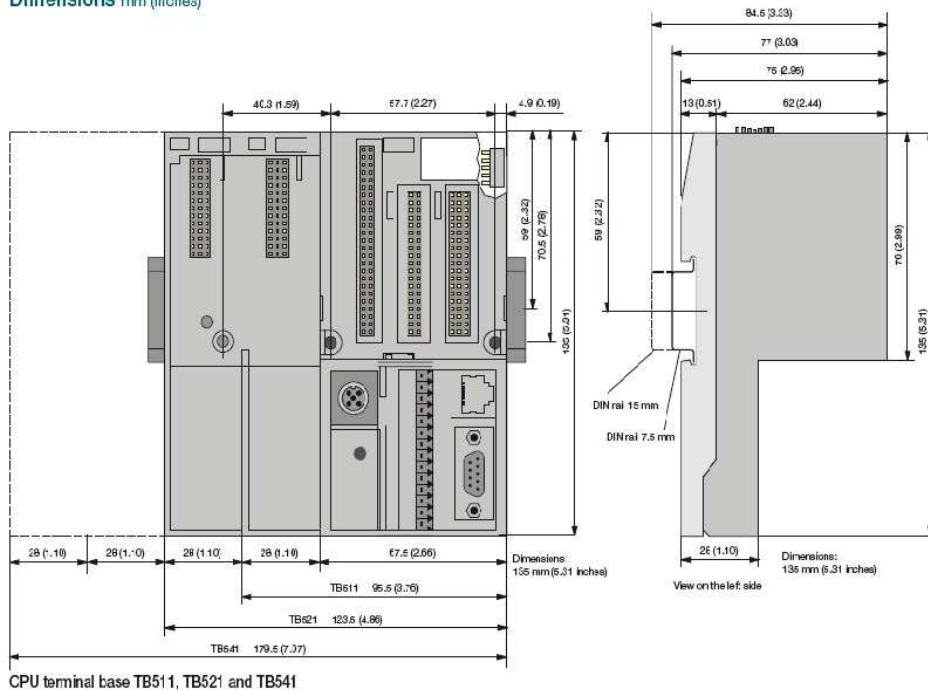


- 100 kHz maximum step frequency
- 7 digital outputs
- 12 μ s minimum pulse width
- manual jog inputs for all axes
- limit inputs for all axes
- 5 general inputs
- 8 control inputs for pendant or similar device
- SD card support for running g-code without computer
- control external devices with I2C protocol
- transformation matrix

(PLC-tuotteet. 2012, 57.)

AC500 scalable PLC CPU terminal bases TB5XX, I/O expansion and interface module

Dimensions mm (inches)



CPU terminal base TB511, TB521 and TB541

(Käyttöpaneelit. 2012, 62.)



	CP620 CP620-WEB	CP630 CP630-WEB	CP635 CP635-WEB	CP650 CP650-WEB	CP660 CP660-WEB	CP675 CP675-WEB
Display						
Exact display size diameter	4.3 widescreen	5.7	7 widescreen	10.4	12.1	15
Resolution	480 x 272	320 x 240	800 x 480	800 x 600	800 x 600	1024 x 768
Display type	TFT color					
Touch screen material	glass covered by plastic film					
Touch screen type	analog resistive					
Colors	64 k					
Backlight type	LED					CFL
Backlight life	40,000 typ at 25°C			50,000 typ at 25°C		
Brightness	150	200	300			
Housing						
Protection class front	IP66					
Protection class rear	IP20					
Front side material	Zamak			Aluminium		
Reverse side material	Zamak	Aluminium				
System resources						
Processor type	MHz ARM Cortex A8 - 600			MIPS+FPU - 600		
Operating system, version	Microsoft Windows CE 6.0					
HMI software	PB610 Panel Builder 600					
OPC technology	yes					
CodeSys web visualization	yes					
User memory type, capacity	Flash Disk					
RAM type, capacity	MB 128					
	256 DDR					
Interfaces						
Ethernet ports number, type	2 - 100 Mbit (with integrated Switch function)			1 - 10/100 Mbit		
USB ports number, type	1 - host interface, version 2.0	2 - host interface, version 2.0	2 - host interface, version 2.0	1 - host interface, version 2.0		
Serial ports number, type	1 - RS-232, RS-485, RS-422, software configurable					
Additional ports number, type	1 - Expansion slot for optional modules	2 - Expansion slot for optional modules	2 - Expansion slot for optional modules	1 - aux port		
Card slot number, type	1 - SD card slot					
Optional plug-in modules, type	optional fieldbus and controller modules; connected to expansion slot			optional fieldbus and controller modules; connected to aux port		
Power supply voltage nominal + tol.	V DC 24 (18 to 30)					
Current consumption	0.4	0.7	0.7	1.0	1.1	1.2
Battery type	Rechargeable Lithium battery, not user-replaceable					
Weight	kg approx 1.0	approx 1.3	approx 1.3	approx 2.1	approx 2.8	approx 3.4
Faceplate (L x H)	mm 149 x 109	187 x 147	187 x 147	287 x 232	337 x 267	392 x 307
Cutout (L x H)	mm 136 x 96	176 x 136	176 x 136	276 x 221	326 x 256	381 x 296
Environmental conditions						
Operating temperature range	°C 0 to 50					
Operating humidity range	% 5 to 85 relative humidity, non-condensing					
Storage temperature range	°C -20 to 70					
Storage humidity range	% 5 to 85 relative humidity, non-condensing					

(Hiwin kuularuuvit ja -mutterit. 2012, 8.)

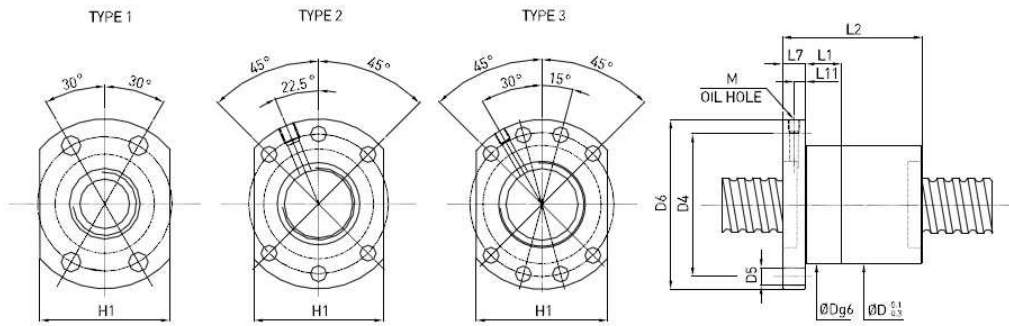
8

HIWIN
S01TE01-1109

3.1 Dimensions for DIN Rolled Ballscrews

F S I TYPE

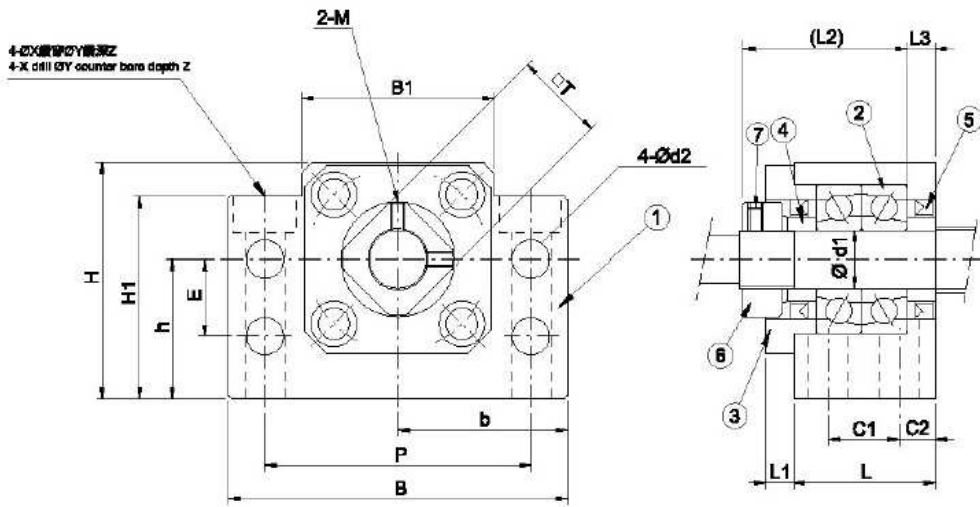
[DIN 69051 part 5 form B]



Model	Size		Ball Dia.	Circuits	Dynamic Load 1x10 ⁶ revs C (kgf)	Static Load Co (kgf)	Nut			Flange							
	Nominal Dia.	Lead					L1	L2	D	D4	D5	D6	H1	L7	TYPE	L11	M-Oil Hole
6-1T3	6	1	0.800	3	110	220	-	15	12	18	3.4	24	16	6	1	-	-
6-1.25T3	6	1.25	0.800	3	100	210	-	15	12	18	3.4	24	16	6	1	-	-
8-1T3	8	1	0.800	3	120	270	-	16	16	22	3.4	28	19	6	1	-	-
8-2T3	8	2	1.500	3	260	440	-	26	16	22	3.4	28	19	6	1	-	-
8-2.5T3	8	2.5	1.500	3	260	440	-	28	16	22	3.4	28	19	6	1	-	-
10-2T3	10	2	1.500	3	300	590	-	28	19	28	4.5	36	23	5	1	-	-
10-2.5T3	10	2.5	2.000	3	430	790	-	32	19	28	4.5	36	23	5	1	-	-
12-2T3	12	2	1.500	3	340	780	-	28	24	32	4.5	37	24	5	1	-	-
12-2.5T3	12	2.5	2.000	3	480	990	-	32	24	32	4.5	40	25	5	1	-	-
16-5T3	16	5	3.175	3	1000	2000	10	40	28	38	5.5	48	40	10	2	5	M6x1P
20-5T3	20	5	3.175	3	1160	2660	10	44	36	47	6.6	58	44	10	2	5	M6x1P
20-5T4	20	5	3.175	4	1490	3550	10	52	36	47	6.6	58	44	10	2	5	M6x1P
25-5T3	20	5	3.175	3	1320	3490	10	44	40	51	6.6	62	48	10	2	5	M6x1P

(Kuularuuvien lisävarusteet BK-20, 2012, 1.)

BK

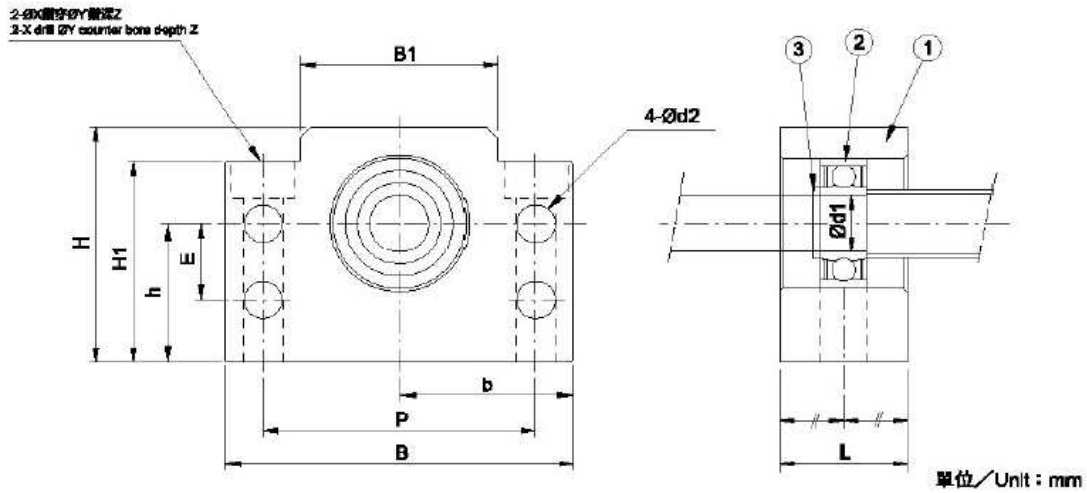


單位/Unit : mm

型號 Model No.	軸徑 Bore diameter d1	L	L1	L2	L3	B	H	b	h	B1	H1	E	P	C1	C2	d2	X	Y	Z	M	T
								±0.02	±0.02												
BK10	10	25	5	29	5	60	39	30	22	34	32.5	15	46	13	6	5.5	6.6	10.8	5	M3	16
BK12	12	25	5	29	5	60	43	30	25	34	32.5	18	46	13	6	5.5	6.6	10.8	1.5	M4	19
BK15	15	27	6	32	6	70	48	35	28	40	38	18	54	15	6	5.5	6.6	11	6.5	M4	22
BK17	17	35	9	44	7	86	64	43	39	50	55	28	68	19	8	6.6	9	14	8.5	M4	24
BK20	20	35	8	43	8	88	60	44	34	52	50	22	70	19	8	6.6	9	14	8.5	M4	30
BK25	25	42	12	54	9	106	80	53	48	64	70	33	85	22	10	9	11	17.5	11	M5	35
BK30	30	45	14	61	9	128	89	64	51	76	78	33	102	23	11	11	14	20	13	M6	40
BK35	35	50	14	67	12	140	96	70	52	88	79	35	114	26	12	11	14	20	13	M8	50
BK40	40	61	18	76	15	160	110	80	60	100	90	37	130	33	14	14	18	26	17.5	M8	50

(Kuularuuvien lisävarusteet BF-20. 2012, 1.)

BF



型號 Model No.	軸徑 Shaft diameter d1	L	B	H	b ±0.02	h ±0.02	B1	H1	E	P	d2	X	Y	Z	使用軸承 Bearing	使用C型扣環 Snap ring
BF10	8	20	60	39	30	22	34	32.5	15	46	5.5	6.6	10.8	5	608ZZ	S 08
BF12	10	20	60	43	30	25	34	32.5	18	46	5.5	6.6	10.8	1.5	6000ZZ	S 10
BF15	15	20	70	48	35	28	40	38	18	54	5.5	6.6	11	6.5	6002ZZ	S 15
BF17	17	23	86	64	43	39	50	55	28	68	6.6	9	14	8.5	6203ZZ	S 17
BF20	20	26	88	60	44	34	52	50	22	70	6.6	9	14	8.5	6004ZZ	S 20
BF25	25	30	106	80	53	48	64	70	33	85	9	11	17.5	11	6205ZZ	S 25
BF30	30	32	128	89	64	51	76	78	33	102	11	14	20	13	6206ZZ	S 30
BF35	35	32	140	96	70	52	88	79	35	114	11	14	20	13	6207ZZ	S 35
BF40	40	37	160	110	80	60	100	90	37	130	14	18	26	17.5	6208ZZ	S 40

(R+W -sakarakytin. 2012.)

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 _{RN}	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			48		
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			35-80		
Inner diameter possible from Ø to Ø H7 (inch)	D _{1/2}	0.125"-0.313"			0.250"-0.500"			0.250"-0.625"			0.375"-0.875"			0.500"-1.250"			0.750"-1.375"			0.875"-1.750"			1.125"-2.250"			1.500"-3.125"		
Inner diameter (Elastomer insert) (mm)	D _E	6,2			10,2			14,2			19,2			28,2			29,2			38,2			46,2			60,5		
Screw (ISO 4762/12.9)	E	M2			M3			M4			M5			M6			M8			M10			M12			M16		
Tightening torque of the mounting screw (Nm)	E	0,8			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 standart (min ⁻¹)		15.000			15.000			13.000			12.500			11.000			10.000			9.000			8.000			4.000		
*Speed balanced (10 ³ min ⁻¹)		60	67	45	57	65	43	53	63	40	45	60	35	31	31	25	22	26	18	22	26	18	16	17	12	13	13	8
CAD Portal		2			5			10			20			60			150			300			450			800		
2D/3D Data																												

**Maximum transferable torque of the clamping hub depends on the bore diameters (bore/shaft clearance 0.001 mm to 0.05 mm shaft oilc

Series	Ø 3	Ø 4	Ø 5	Ø 8	Ø 10	Ø 16	Ø 19	Ø 25	Ø 30	Ø 32	Ø 35	Ø 45	Ø 50	Ø 55	Ø 60	Ø 65	Ø 70	Ø 75	Ø 80
2	0.2	0.8	1.5	2.5															
5		1.5	2	8															
10			4	12	32														
20				20	35	45	60												
60					50	80	100	110	120										
150						120	180	180	200	220									
300						200	230	300	350	380	420								
450								420	480	510	600	660	750	850					
800										700	750	800	835	885	900	925	950	1000	

(KabelSchlepp-energiansiirtoketjut. 2012, 96.)

Selection

BASIC LINE

UNIFLEX

kabelschlepp.de

Fon: +49 2762 4003-0

Use our free project planning service.

Type 0250

Design 030

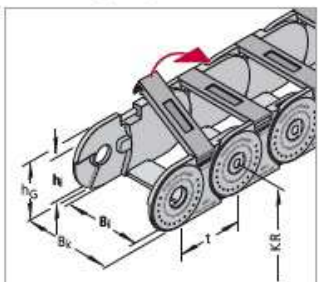
Outside: Hinged, openable and detachable brackets

Inside height

17.5

Inside widths

20
-
80



Dimensions and intrinsic chain weight

Type	h ₁	h _G	Inside widths B _i						B _k
			Intrinsic chain weight						
0250	17.5	23	20	30	40	50	65	80	B _i + 10
			0.26	0.31	0.33	0.35	0.38	0.41	

Dimensions in mm/Weights in kg/m

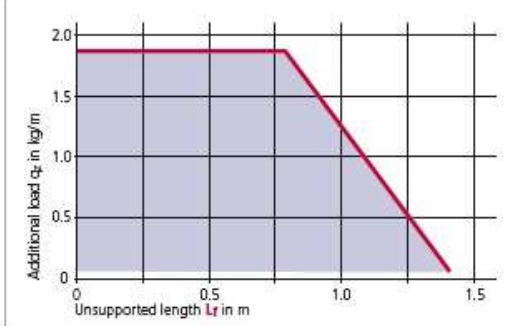
Bend radius and pitch

Bend radii KR mm					
28	38	45	60	75	100

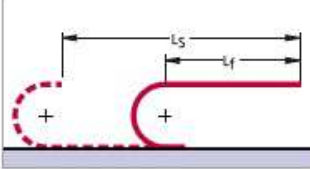
Pitch t = 25.0 mm

Load diagram

for unsupported length L_f depending on the additional load



Unsupported length L_f



In the case of longer travel lengths, sag of the cable carriers is technically permissible depending on the application.

In a gliding arrangement, even longer travel lengths are possible (see page 305).

We are at your service to advise on these applications.

Example of ordering

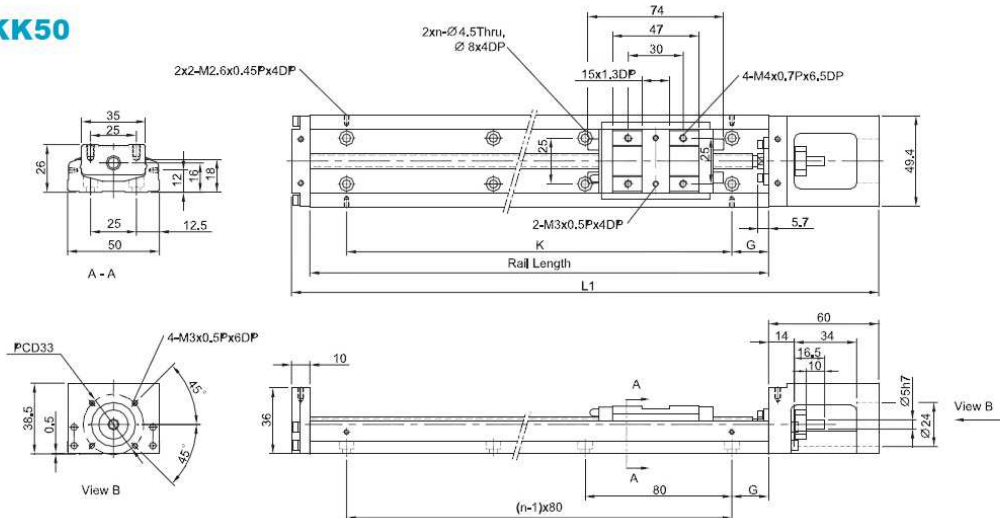
Cable carrier	Divider system	Connection
0250 · 030 · 40 · 45 · 650	TS 0 / 2	FA/MA
Type	Design	Connection
Type	Number of dividers nr	Fixed point/Driver
Inside width B _i in mm	Bend radius KR in mm	Chain length L _c in mm (without connection)

Ordering divider systems: Please state the designation of the divider system (TS 0, TS 1 ...) and the number of dividers. Possibly attach a sketch with the dimensions.

Subject to change.

(Hiwin KK -sarja. 2012, 9.)

KK50



Rail Length (mm)	Total Length L1 (mm)	Maximun Stroke (mm)		G (mm)	m (mm)	n	Mass (kg)	
		A1 Block	A2 Block				A1 Block	A2 Block
150	220	70	-	35	80	2	1	-
200	270	120	55	20	160	3	1.2	1.4
250	320	170	105	45	160	3	1.4	1.6
300	370	220	155	30	240	4	1.6	1.8

(Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 192.)

Additional Technical Data

Linear Units with Ball Screw and Slide Guides

Technical Data								
Parameter		WB40	WB60	M55	M75	M100	M75D	M100D
Geometrical moment of inertia of the profile (I _y)	[mm ⁴]	1,04 × 10 ⁶	6,1 × 10 ⁶	4,27 × 10 ⁶	1,9 × 10 ⁶	5,54 × 10 ⁶	1,9 × 10 ⁶	5,54 × 10 ⁶
Geometrical moment of inertia of the profile (I _z)	[mm ⁴]	1,29 × 10 ⁶	7,0 × 10 ⁶	3,4 × 10 ⁶	1,15 × 10 ⁶	3,86 × 10 ⁶	1,15 × 10 ⁶	3,86 × 10 ⁶
Friction factor of the guide system (μ)		0,3	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Efficiency								
ball nut unit		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
composite nut unit		-	-	0,5	0,5	0,5	-	-
Bending factor (b)		0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Inertia of ball screw (j _{sp})	[kgm ² /m]	1,13 × 10 ⁻⁵	8,46 × 10 ⁻⁵	4,1 × 10 ⁻⁵	1,6 × 10 ⁻⁴	2,5 × 10 ⁻⁴	1,6 × 10 ⁻⁴	2,5 × 10 ⁻⁴
Dynamic load rating of ball screw (C _x)	[N]							
05 mm lead		4400	10500	4600	10400	12500	10400	12500
05,8 mm lead		-	-	5420	-	-	-	-
08 mm lead		-	-	-	-	-	-	-
10 mm lead		-	-	4200	-	20600	-	20100
12,7 mm lead		-	-	-	17960	-	-	-
20 mm lead		-	11600	1900	10400	-	10400	-
25 mm lead		-	-	-	-	11800	-	11800
32 mm lead		-	-	2000	-	-	-	-

(Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 56.)

M75

Ball Screw Drive, Slide Guide

- * Ordering key - see page 207
- * Accessories - see page 137
- * Additional data - see page 192

General Specifications

Parameter	M75
Profile size (w × h) [mm]	86 × 75
Type of screw	ball screw with single nut
Carriage sealing system	self-adjusting steel cover band
Screw supports	number of screw supports to be specified by customer at order
Lubrication	lubrication of ball screw
Included accessories	none

Performance Specifications

Parameter		M75
Stroke length (S max), maximum	[mm]	4000
Linear speed, maximum	[m/s]	1,6
Acceleration, maximum	[m/s ²]	8
Repeatability	[± mm]	0,05
Input speed, maximum ball nut units / composite nut units	[rpm]	5000 / 1500
Operation temperature limits	[°C]	-20 – 70
Dynamic load (Fx), maximum ball nut units / composite nut units	[N]	2500 / 1250
Dynamic load (Fy), maximum	[N]	1485 ¹
Dynamic load (Fz), maximum	[N]	1485 ¹
Dynamic load torque (Mx), maximum	[Nm]	49 ¹
Dynamic load torque (My), maximum	[Nm]	85 ¹
Dynamic load torque (Mz), maximum	[Nm]	85 ¹
Drive shaft force (Frd), maximum	[N]	600
Drive shaft torque (Mta), maximum	[Nm]	30
Screw diameter (d _o)	[mm]	20
Screw lead (p) ball nut units / composite nut units	[mm]	5, 12,7, 20 / 5
Weight of unit with zero stroke of every 100 mm of stroke of carriage of option single screw support of option double screw supports	[kg]	6,07 0,82 1,70 1,70 3,58

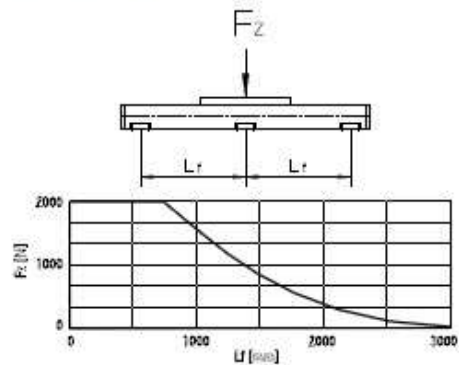
¹ Value for the complete unit

Carriage Idle Torque (M_{idle}) [Nm]

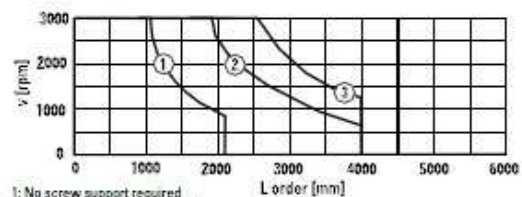
Input speed [rpm]	Screw lead [mm]			
	p = 5	p = 5 ¹	p = 12,7	p = 20
500 - no screw supports	0,10	0,20	0,24	0,37
500 - with screw supports	0,15	0,50	0,39	0,57

¹ Value for composite nut.
M_{idle} – the input torque needed to move the carriage with no load on it.

Deflection of the Profile

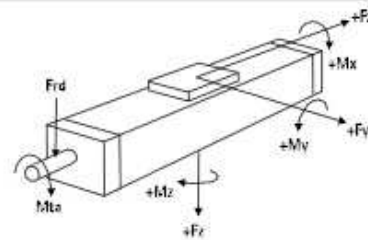


Critical Speed



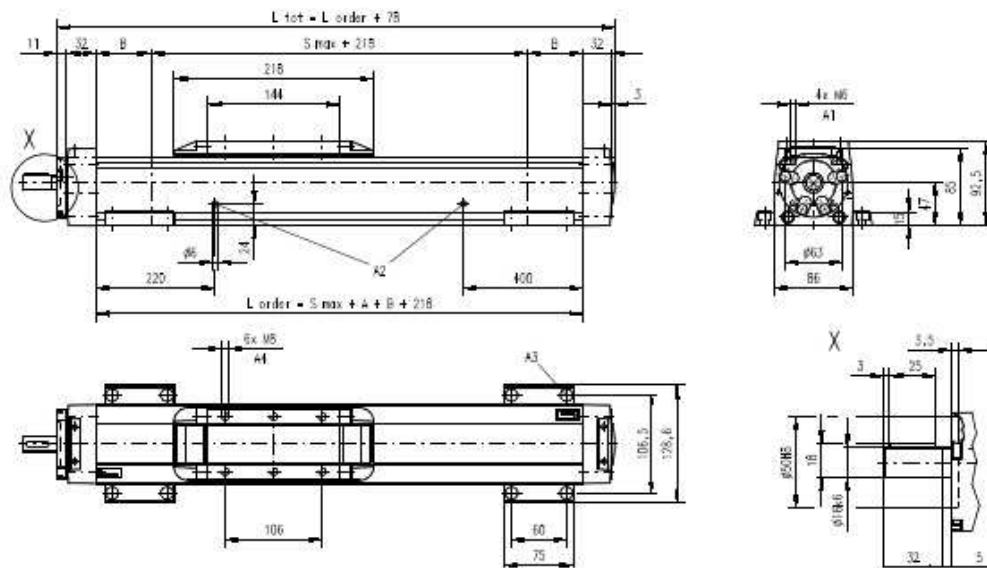
- 1: No screw support required
- 2: Single screw support required
- 3: Double screw supports required

Definition of Forces



(Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 57.)

M75 Ball Screw Drive, Slide Guide



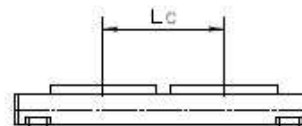
A1: depth 9, Heli coil
A2: lubrication holes

A3: ø13,5/ø8,5 for socket head cap screw M8
A4: depth 8, Heli coil

Screw support configuration	A [mm]	B [mm]	Ordering length (L_order) [mm]	Total length (L_tot) [mm]
No screw support	5	5	$L_{order} = S_{max} + A + B + 218$	$L_{tot} = L_{order} + 78$
Single screw support	60	60	$L_{order} = S_{max} + A + B + 218$	$L_{tot} = L_{order} + 78$
Double screw supports	126	126	$L_{order} = S_{max} + A + B + 218$	$L_{tot} = L_{order} + 78$

Double Carriages

Parameter	M75
Minimum distance between carriages (Lc) [mm]	250
Dynamic load (Fy), maximum [N]	2227
Dynamic load (Fz), maximum [N]	2227
Dynamic load torque (My), maximum [Nm]	$Lc^1 \times 1,114$
Dynamic load torque (Mz), maximum [Nm]	$Lc^1 \times 1,114$
Force required to move second carriage [N]	40
Weight of unit with zero stroke of carriages [kg]	9,82 3,40



Screw support configuration	A [mm]	B [mm]	Ordering length (L_order) [mm]	Total length (L_tot) [mm]
No screw support	5	5	$L_{order} = S_{max} + A + B + Lc + 218$	$L_{tot} = L_{order} + 78$
Single screw support	60	60	$L_{order} = S_{max} + A + B + Lc + 218$	$L_{tot} = L_{order} + 78$
Double screw supports	126	126	$L_{order} = S_{max} + A + B + Lc + 218$	$L_{tot} = L_{order} + 78$

¹ Value in mm

(Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 54.)

M55

Ball Screw Drive, Slide Guide

- * Ordering key - see page 207
- * Accessories - see page 137
- * Additional data - see page 192

General Specifications

Parameter	M55
Profile size (w × h) [mm]	58 × 55
Type of screw	ball screw with single nut
Carriage sealing system	self-adjusting steel cover band
Screw supports	number of screw supports to be specified by customer at order
Lubrication	lubrication of ball screw
Included accessories	none

Performance Specifications

Parameter		M55
Stroke length (S max), maximum	[mm]	3000
Linear speed, maximum	[m/s]	1,0
Acceleration, maximum	[m/s ²]	8
Repeatability	[± mm]	0,05
Input speed, maximum	[rpm]	3000 / 1500
ball nut units / composite nut units		
Operation temperature limits	[°C]	-20 – 70
Dynamic load (Fx), maximum	[N]	1000 / 500
ball nut units / composite nut units		
Dynamic load (Fy), maximum	[N]	400 ¹
Dynamic load (Fz), maximum	[N]	400 ¹
Dynamic load torque (Mx), maximum	[Nm]	9 ¹
Dynamic load torque (My), maximum	[Nm]	23 ¹
Dynamic load torque (Mz), maximum	[Nm]	23 ¹
Drive shaft force (Frd), maximum	[N]	200
Drive shaft torque (Mta), maximum	[Nm]	12
Screw diameter (d ₀)	[mm]	16
Screw lead (p)	[mm]	5, 5,08, 10, 20 / 32
ball nut units / composite nut units		
Weight	[kg]	
of unit with zero stroke		3,06
of every 100 mm of stroke		0,44
of carriage		1,20
of option single screw support		0,83
of option double screw supports		1,88

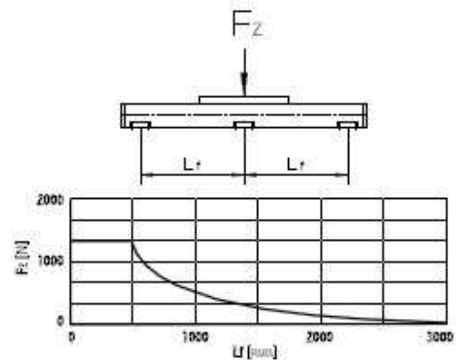
¹ Value for the complete unit

Carriage Idle Torque (M_{idle}) [Nm]

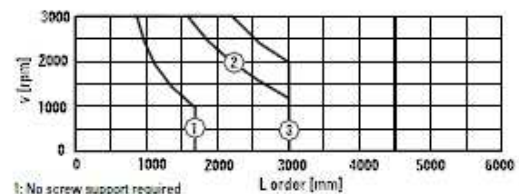
Input speed [rpm]	Screw lead [mm]				
	p = 5	p = 5,08	p = 10	p = 20	p = 32 ¹
500 - no screw supports	0,10	0,10	0,15	0,30	0,80
500 - with screw supports	0,13	0,13	0,27	0,45	1,00

¹ Value for composite nut.
M_{idle} – the input torque needed to move the carriage with no load on it.

Deflection of the Profile

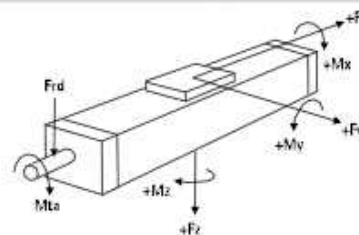


Critical Speed



- 1: No screw support required
- 2: Single screw support required
- 3: Double screw supports required

Definition of Forces

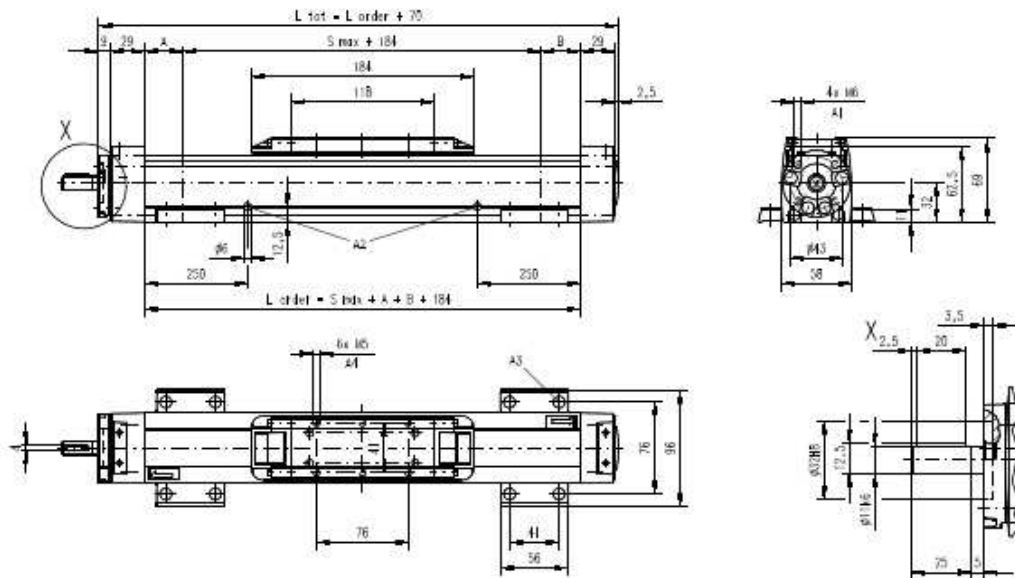


(Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 55.)



Linear Units

M55 Ball Screw Drive, Slide Guide

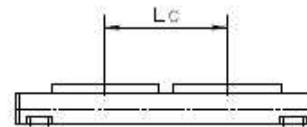


A1: depth 7,5, Heli coil
A2: lubrication holes

A3: ø9,5/ø5,5 for socket head cap screw M5
A4: depth 7,5, Heli coil

Screw support configuration	A [mm]	B [mm]	Ordering length (L_order) [mm]	Total length (L_tot) [mm]
No screw support	6	6	$L_{order} = S_{max} + A + B + 184$	$L_{tot} = L_{order} + 70$
Single screw support	32	32	$L_{order} = S_{max} + A + B + 184$	$L_{tot} = L_{order} + 70$
Double screw supports	83	83	$L_{order} = S_{max} + A + B + 184$	$L_{tot} = L_{order} + 70$

Double Carriages		M55
Parameter		
Minimum distance between carriages (Lc)	[mm]	200
Dynamic load (Fy), maximum	[N]	600
Dynamic load (Fz), maximum	[N]	600
Dynamic load torque (My), maximum	[Nm]	$Lc^1 \times 0,3$
Dynamic load torque (Mz), maximum	[Nm]	$Lc^1 \times 0,3$
Force required to move second carriage	[N]	35
Weight of unit with zero stroke of carriages	[kg]	5,14 2,40



Screw support configuration	A [mm]	B [mm]	Ordering length (L_order) [mm]	Total length (L_tot) [mm]
No screw support	6	6	$L_{order} = S_{max} + A + B + Lc + 184$	$L_{tot} = L_{order} + 70$
Single screw support	32	32	$L_{order} = S_{max} + A + B + Lc + 184$	$L_{tot} = L_{order} + 70$
Double screw supports	83	83	$L_{order} = S_{max} + A + B + Lc + 184$	$L_{tot} = L_{order} + 70$

¹ Value in mm

(Tollo Thompson Linear Units –Catalogue. 2012, 202.)

Ordering Keys

Linear Units with Ball Screw Drive and Slide Guides

M55, M75, M100							
Your Code							
	1	2	3	4	5	6	7
Example	MG07	K057	C	10	S	305	S1

<p>1. Type of unit MG06 = M55 unit MG07 = M75 unit MG10 = M100 unit</p> <p>2. Ball screw type, lead and tolerance class² C057 = composite nut, 5 mm, T7 K057 = ball nut, 5 mm, T7 KU57 = ball nut, 5,08 mm, T7 C109 = composite nut, 10 mm, T9 K107 = ball nut, 10 mm, T7 K109 = ball nut, 10 mm, T9 K129 = ball nut, 12,7 mm, T9 K207 = ball nut, 20 mm, T7 C257 = composite nut, 25 mm, T7 K257 = ball nut, 25 mm, T7 K259 = ball nut, 25 mm, T9 C329 = composite nut, 32 mm, T9</p>	<p>3. Type of carriages A = single standard carriage C = double standard carriages</p> <p>4. Distance between carriages (Lc) 00 = for all single standard carriage units ** = distance in cm between carriages</p> <p>5. Screw supports X = no screw supports S = single screw supports D = double screw supports</p> <p>6. Ordering length (L order) *** = distance in cm</p> <p>7. Protection option¹ S1 = S1 wash down protection</p>	<p>¹ Leave position blank if no additional protection is required. ² See table below for available combinations of units and ball screw type, lead and tolerance.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ball screw type</th> <th colspan="3">Type of unit</th> </tr> <tr> <th>M55</th> <th>M75</th> <th>M100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C057</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>K057</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>KU57</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C109</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>K107</td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>K109</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>K129</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>K207</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C257</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>K257</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>K259</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>C329</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Ball screw type	Type of unit			M55	M75	M100	C057		x		K057	x	x	x	KU57	x			C109			x	K107	x		x	K109			x	K129		x		K207	x	x		C257			x	K257			x	K259			x	C329	x		
Ball screw type	Type of unit																																																								
	M55	M75	M100																																																						
C057		x																																																							
K057	x	x	x																																																						
KU57	x																																																								
C109			x																																																						
K107	x		x																																																						
K109			x																																																						
K129		x																																																							
K207	x	x																																																							
C257			x																																																						
K257			x																																																						
K259			x																																																						
C329	x																																																								

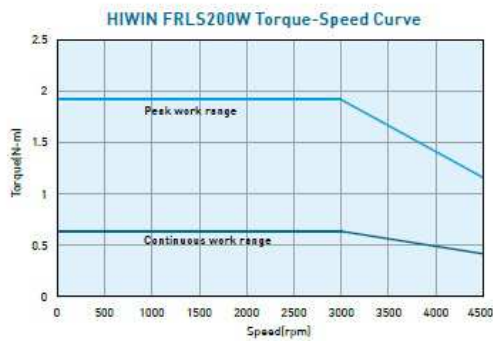
(Hiwin -servomootorit ja -vahvistimet. 2012, 34.)

AC 200W (Low inertia, Small capacity)

● Specification

Parameter	Symbol	Unit	FRLS202□□06□
Driver Input Voltage	V	V	AC220
Rated Power	W	W	200
Rated Torque	Tc	N.m	0.64
Rated Current	Ic	A(rms)	1.7
Peak Max. Torque	Tp	N.m	1.92
Peak Max. Current	Ip	A(rms)	5.1
Rated Speed	ω_c	rpm	3000
No Load Max. Speed	ω_p	rpm	4500
Torque Constant	Kt	N.m / Arms	0.43
Back EMF Constant	Ke	Vrms / krpm	26
Resistance (line to line)	R	Ω	4.3
Inductance (line to line)	L	mH	13
Inertia of Rotating Parts (with brake)	J	kg·m ² (×10 ⁻⁴)	0.17(0.21)
Weight(with brake)	M	kg	0.95(1.5)
Brake Keep Torque	Tb	N.m	1.3
Brake Voltage	V	V	DC24±10%
Motor Insulation Grade	Class A		
Motor protect	Total enclosed, self-cooled, IP54/IP45 (Except for shaft and connector)		

● Torque-Speed Curve



● Dimensions

