

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2022

Lassi Lindroos

CNC-KONEEN KARA-AKSELIN TESTIPENKIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS



Opinnäytetyö AMK | tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2022 | 31 sivua

Lassi Lindroos

CNC-KONEEN KARA-AKSELIN TESTIPENKIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kara-akselien testauksiin käytettävä testipenkki. Testipenkissä tullaan koeajamaan korjattuja ja uudelleen laakeroituja CNC-koneiden kara-akseleita.

Testipenkki rakennettiin käytettyyn CNC-jyrsimeen, josta hyödynnettiin jyrsimen runkoa ja t-urapöytää. Kokonaisuus sisälsi t-urapöytään kiinnitettävät säätökiskot ja säätökiskoihin kiinnitettävät kannakkeet kara-akselille. Lisäksi kokonaisuuteen kuuluu sähkömoottori pyörimisliikkeen tuottamiseksi, kannake sähkömoottorille, hihnaveto karan ja sähkömoottorin välille, taajuusmuuttaja ohjamaan moottorin kierrosnopeutta ja ohjauspaneeli sekä turvalaitteet.

Työssä käydään läpi yleisellä tasolla CNC-koneita ja sähkömoottoreita. Tämän jälkeen perehdytään tarkemmin testipenkin mekaniikkasuunnitteluun, valmistukseen, rakenteisiin ja laitteisiin. Lopputuloksena oli toimiva testipenkki, jossa päästiin koeajamaan kara-akselia.

Asiasanat: CNC, akseli, kara, moottori

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2022 | 31 pages

Lassi Lindroos

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CNC MACHINE'S SPINDLE SHAFT TEST BENCH

The purpose of this thesis was to explain the design and manufacture of a test bench for spindle shaft testing. The test bench will be used to drive repaired re-bearing spindle shafts of the CNC machines.

The test bench was built into a used CNC-milling machine, utilizing the milling machine body and t-slot table. The assembly included the rails that were mounted onto the t-slot table and rail-mounted brackets for the spindle shaft. An electric motor to produce rotational motion, a bracket for the electric motor, a belt drive between the spindle and electric motor, a frequency converter to control the motor speed, control panel and safety devices were also included.

The thesis covers CNC machines and electric motors on a general level. This is followed by a more detailed examination of the mechanical design, fabrication, structures and equipment of the test bench. The result was a functional test bench which was used to test drive the spindle axle.

Keywords: CNC, axle, spindle, motor

Sisältö

Käytetyt lyhenteet ja sanasto	6
1 JOHDANTO	7
2 JPS-MOTORS OY	8
3 CNC-KONEET	9
3.1 Sorvit	10
3.2 Jyrsimet	12
3.3 Hiomakoneet	12
4 SÄHKÖMOOTTORIT	13
4.1 Askelmoottorit	13
4.2 Servomoottorit	14
5 MEKANIKKASUUNNITTELU	16
5.1 Kara-akselin kannakkeet	16
5.1.1 Kannakkeiden suunnittelu	16
5.1.2 Kannakkeiden valmistus	17
5.2 Sähkömoottorin kannake	18
5.3 Jyrsin runko	20
5.4 Hihnaveto	21
6 TESTIPENKIN OHJAUS JA SÄHKÖKOMONENTIT	22
6.1 Sähkömoottori	22
6.2 Taajuusmuuttaja	23
6.3 Turvalaitteet	24
6.4 Ohjaus	25
7 TESTIPENKIN TOIMINTA	27
8 YHTEENVETO	29
Lähteet	30

Kuvat

Kuva 1. CNC-sorvi (Fagor Automation 2012).	11
Kuva 2. Askelmoottori (Dolly1010 2011).	14
Kuva 3. Kara-akseli kannakkeet valmistuspiirustus.	16
Kuva 4. Kannakkeiden säätökiskon valmistuspiirustus.	17
Kuva 6. Kara-akselin kannakkeet ja säätökiskot.	18
Kuva 7. Sähkömoottorin kannake.	19
Kuva 8. CNC-jyrsinrunko purettuna.	20
Kuva 9. Hihnapyörät Spieth-kartiokytkimillä ja hammashihna.	21
Kuva 10. AC-karamoottori.	23
Kuva 11. Taajuusmuuttaja- Uni V3.	24
Kuva 12. Testipenkin turvalaitteet.	25
Kuva 13. Valmis testipenkki.	27

Käytetyt lyhenteet ja sanasto

AC	Alternating Current, vaihtovirta
CAD	Computer Aided Desing, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus
DC	Direct Current, tasavirta
HSM	High Speed Machining, nopea työstö
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa CNC-koneiden kara-akselien testauksiin käytettävä testipenkki. Työ suoritetaan toimeksiantona JPS Motors Oy:lle, jolle valmistuva testipenkki tulee käyttöön.

Testipenkki tulee korjattujen kara-akselien testaukseen. Korjatut kara-akselit ovat uudelleen laakeroituja ja täten niille täytyy suorittaa koeajo. Valmiilla testipenkillä kara-akselit saadaan testattua jo omalla karapajalla. Tällöin asiakkaalle viedään toimiva korjattu kara-akseli ja se voidaan ottaa käyttöön ilman suurempaa testiajtoa.

Työssä käydään alussa läpi CNC-koneita yleisesti ja CNC-koneisiin liittyviä sähkömoottoreita. Mekaniikkasuunnittelu sisältää 3d-mallinnus ohjelmalla luotujen piirustusten esittelyn ja CNC-jyrsimen esittelyn, johon testipenkki rakennetaan. Kappaleessa käsitellään myös työhön tarvittavien eri kannakkeiden ja kiskojen suunnittelua sekä välitykseen käytettävää hihnavetoa. Mekaniikkasuunnittelun jälkeen siirrytään testipenkin sähköosiin. Kappaleessa kuusi käydään läpi sähkömoottori, ohjauksen osat sekä turvalaitteet. Lopussa esitellään valmis kokonaisuus ja käydään läpi testipenkin toimintaa.

2 JPS-MOTORS OY

JPS-Motors Oy on työstökoneiden korjauksiin ja huoltoihin erikoistunut yritys, joka toimii aputoiminimellä JPS Works. Työstökoneiden huollot ja korjaukset suoritetaan yli 25 vuoden kokemuksella. (JPS Works 2021.)

JPS Works tarjoaa monipuolisia palveluita teollisuuden yrityksille, kuten työstökoneiden huolto-, korjaus-, ja varaosapalveluita, huoltosopimuksia sekä Fanuc-robottien huoltoa ja korjausta. Palveluihin kuuluu myös vaativimmat kara-, kuularuuvi- ja laakerointityöt, konesiirrot ja vaaitukset sekä karojen korjaukset omalla karapajalla. Yrityksen toimialueeseen kuuluu pääasiassa Etelä-Suomi, mutta tarvittaessa koko Suomi. (JPS Works 2021.)

3 CNC-KONEET

CNC-koneella tarkoitetaan tietokoneistettua numeerisesti ohjattua työstökoneetta. CNC mahdollistaa kappaleiden valmistuksen kokonaan automaattisesti ja myös monimutkaisemmat geometriamuodot kappaleille. (Grindaix 2021.)

NC- työstökoneen toimintoja ohjaa ohjausyksikkö, johon syötetään automaattisesti luotu ohjelma. Ohjelma sisältää tarvittavat tiedot, kuten työkalutiedot, työstöarvot, työstöjärjestys ja liikeradat. Ohjelma muodostuu kirjain- ja numerokoodeista. (Maaranen 2012, 366.)

Tietokoneavusteisessa suunnittelussa (CAD) ja tietokoneavusteissa valmistuksessa (CAM) luodaan tietokoneella suunnittelupiirustuksista CNC-koneen ohjelmakoodi ja leikkaustyöstöradat. Leikkaustyöstöradat muodostetaan CAM-ohjelmalla piirustuksen geometrioita valitsemalla. Ohjelma tunnistaa kappaleen muodot ja kappaleen työstötavan muotojen perusteella. (Evans 2016.)

Työstökoneissa luistien ja kelkkojen liikkeet välittyvät yleensä kuularuuvien avulla. Niissä välykset ovat pieniä ja vähän kitkaa. Myös tarkkuus ja pitkä käyttöikä ovat niille ominaisia. Työkalu- ja työkappalepuristimia voidaan käsitellä nopeasti ja ne ovat useimmiten automatisoituja. NC-työstökoneet ovat erittäin monipuolisia ja joskus voi olla vaikeaa määrittää onko kyseessä sorvi vai koneistuskeskus. Nykyään CNC sorvit varustetaan useimmiten pyörivillä työkaluilla tai jyrsin karalla tai jopa molemmilla. Suuren leikkuukapasiteetin vuoksi lastunpoisto on myös koneellistettu ketju- ja magneettikuljettimien avulla. (Maaranen 2012, 369.)

CNC-koneet voidaan jakaa kolmeen luokkaan: sorvikoneet, jyrsinkoneet ja hiomakoneet.

3.1 Sorvit

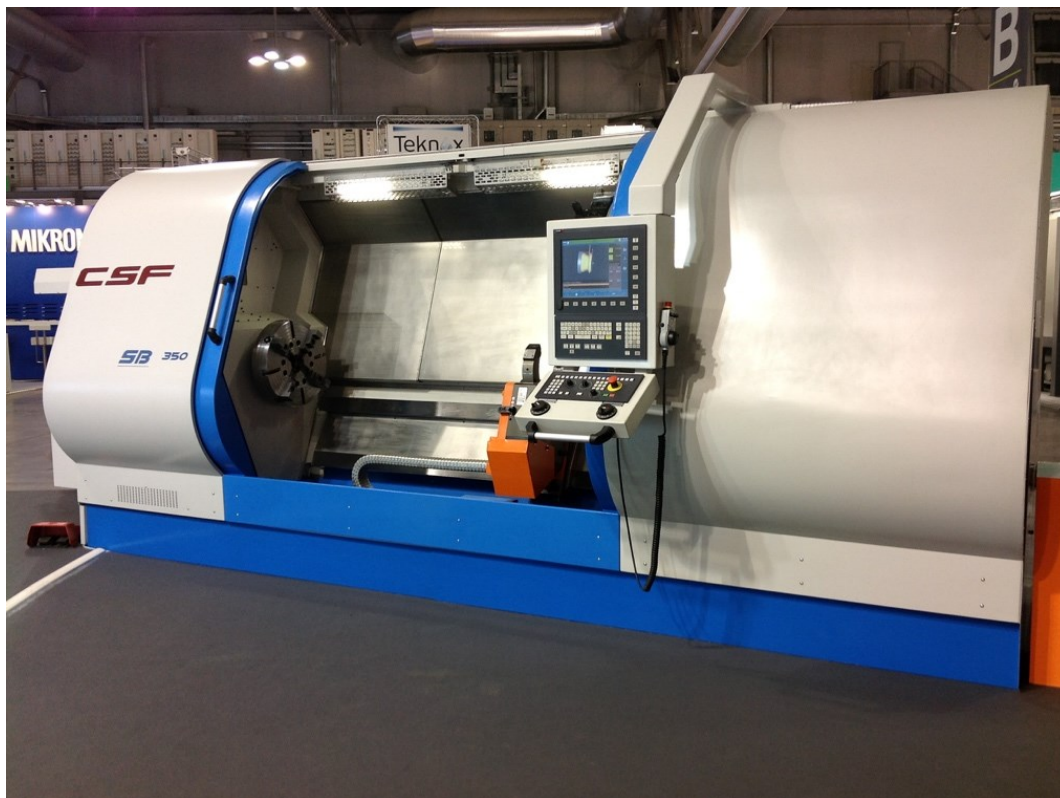
Sorvaus on lastuava koneistusprosessi. Sorvauksella valmistetuissa osissa on yleensä pyöreä poikkileikkaus. Ne ovat pyöriviä osia, kuten akseleita, ruuveja, holkkeja, kartioita ja renkaita. (Maaranen 2012, 129.)

Sorveissa työstettävää kappaletta pyöritetään pakassa suurella nopeudella ja työkalulla poistetaan materiaalia lastuavalla työstöllä kappaleesta. Työkalu liikkuu eteen ja taakse sekä ylös ja alas, niin kauan kunnes haluttu muoto on saavutettu. (Floyd Kelly & Hood-Daniel 2009.)

CNC-sorvien pääkomponentit ovat: kara, pakka, jalkapolkimet, kärkipylkkä, sorvipeti, työkalurevolveri ja ohjauspaneeli. Kara sisältää karamoottorin, joka pyörittää kara-akselia, jonka päässä pakka ja työstettävä kappale on. Pakassa on leuat, jotka hydraulisesti puristuvat työstettävään kappaleeseen.

Jalkapolkimilla ohjataan pakan leukoja auki ja kiinni sekä kärkipylkkää eteen ja taakse. Kärkipylkän kärki painetaan kappaleen toiseen päähän kiinni ja se tuo lisää tartuntavoimaa työstön ajaksi. Erityisesti pidemmät kappaleet tarvitsevat kärkipylkkää, jotta työstö pysyy tasaisena. Sorvipeti muodostuu johdekiskoista, joissa työkalurevolveri liikkuu. Työkalurevolveri sisältää eri työkaluja työstöä varten ja siitä voidaan vaihtaa työkalua eri työstövaiheeseen revolveria pyörittämällä. Ohjauspaneelilla ohjataan konetta, paneeli sisältää CNC ohjelmat, koneen ohjaukset, kuten käynnistyksen, akselien liikutuksen ja muut käytön toiminnot. (Helmancnc 2016.)

Kuvassa 1 CNC-sorvi, jossa näkyy pakka ja ohjauspaneeli sekä vasemmassa reunassa polkimet pakan ohjaukseen.



Kuva 1. CNC-sorvi (Fagor Automation 2012).

Sorveissa karoja on kolme eri vetotapaa: hihnavetoisia, suoravetoisia ja integroituja. Hihnavetoisissa karoissa moottorin pyörimisliike välitetään hihnojen avulla kara-akseliin ja suoravetoisissa karamoottori on kiinni suoraan kara-akselin päässä. Integroidussa karamoottori on ankkuroitu karaputken päälle. Kara-akseli on laakeroitu akseli, joka välittää karamoottorin pyörimisliikkeen pakassa kiinni olevaan kappaleeseen. Kara-akselin pakan päässä on 2 rivinen rullalaakeri sekä 2 tai 4 tarkkuus viistokuulalaakeria päittäisvälykseen. Rikkoutunut kara-akseli johtuu yleensä kolarista, käyttötunneista, huonosta jäähdytyksestä tai voitelusta tai huollon puutteesta. (Jacobs 2021.)

3.2 Jyrsimet

Jyrsimissä työstettävä kappale liikkuu horisontaalisin liikkein ja karan päässä olevaa työkalua pyöritetään karamoottorilla, jolla työstö tapahtuu. Kappaletta työstetään eri suunnista ja työkalu liikkuu x-, y- ja z-akselin mukaan. (Floyd Kelly & Hood-Daniel 2009.) Työkalu on monihampainen jyrsinterä, jolla voidaan työstää esimerkiksi tasoja, uria, hammasmuotoja sekä käyriä pintoja (Maaranen 2012, 243).

Jyrsimen kara-akseli voi olla umpinainen tai läpijäähdytetty kara.

Läpijäähdytetyssä karassa jäähdytetään terää, ei karaa. Jyrsimen kara-akselin yläpäässä on yleisesti 1 rivinen rullalaakeri ja 4–6 tarkkuus viistokuulalaakeria. Kara-akselin sisällä on vetojousipakka, joka muodostuu lautasjousista tai kaasujousesta esimerkiksi Sandvik Capto, laakereista ja lukituskyynistä. Vetojousipakalla tehdään vetovoima lukituskyyniin, jotka kiinnittyvät työkalun päähän ja pitävät sen paikoillaan.

3.3 Hiomakoneet

Lastuavista työstömenetelmistä hionta on yksi muoto. Siinä kappaleesta poistetaan materiaalia hiomakivellä, jossa hiomarakeet irrottavat pientä lastua kappaleesta. Hiomarakeet ovat materiaalina kovaa, jotta niillä saa työstettyä myös kovia kappaleita. (Maaranen 2012, 87.)

CNC-hiomakoneissa työkaluna käytetään pyörivää hiomakiveä, jolla poistetaan materiaalia. Hiomakoneita käytetään hienotyöstöön ja saavutettava pinnanlaatu on todella korkea. Valmistuksessa hiomakoneet yleisesti löytyvät kappaleiden viimeistelyprosessista. (Grindaix 2021.)

4 SÄHKÖMOOTTORIT

Sähkömoottorit ovat tärkeimpiä osia kappaleiden valmistuksessa CNC-koneissa. Moottorit syöttävät osaa/karaa tarkasti ja johdonmukaisesti, jolla saavutetaan pinnanlaatu, työkalun pidempi ikä ja prosessin tehokkuus. Yleisimpiä CNC-koneissa käytettyjä sähkömoottoreita ovat servomoottorit ja askelmoottorit. Moottorit liikuttavat lineaariliikkein kuularuuveja, joita käytetään liikuttamaan pöytää, työkalurevolveria ja kara-akselia. (HEIDENHAIN 2022.) Sorveissa ja jyrsimissä karaa pyöritetään karamoottorilla. CNC-koneen kuularuuvien pyörytykseen käytetään servo- ja askelmoottoreita.

Vaihtovirralla (AC) toimivat oikosulkumoottorit muodostavat pyörivän magneettikentän staattoriin roottorin ympärille. Tasavirralla (DC) toimivat moottorit muodostavat muuttuvan sähkökentän roottoriin muuttamalla magneettien napaisuutta suunnankääntäjien avulla. Harjallisten tasavirtamoottoreiden magneettien napaisuuden vaihto tehdään harjojen avulla, kun harjattomissa tasavirtamoottoreissa roottori on kestopagnetoitu ja suunnankääntäjät toimivat sähköisesti ohjauselektronikan avulla. (Motiva 2020.)

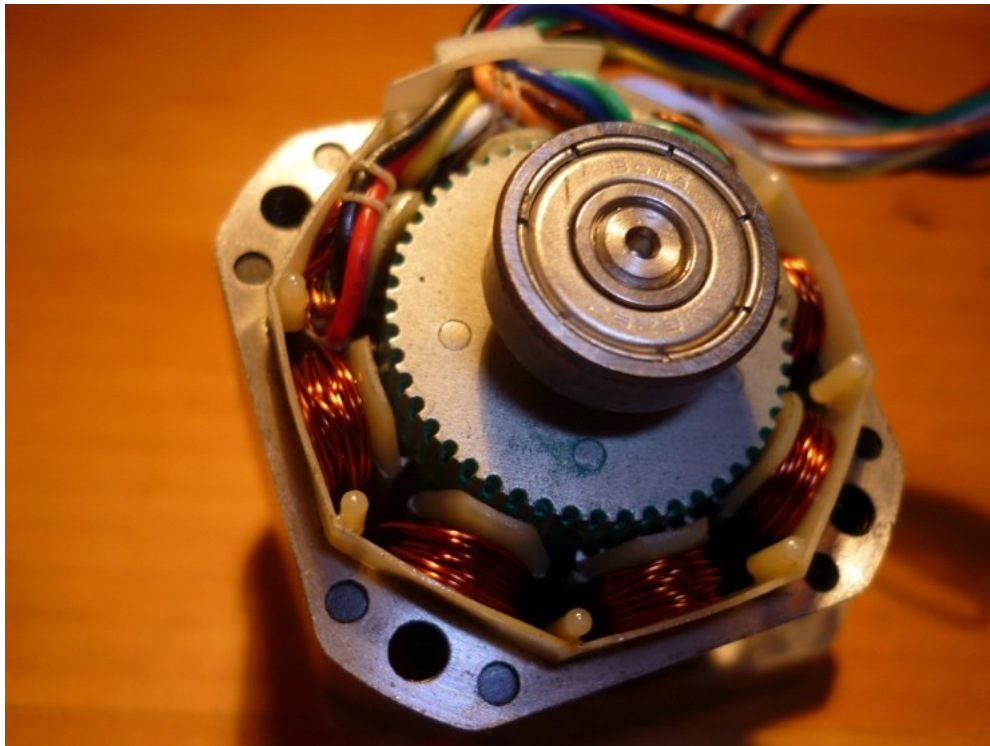
4.1 Askelmoottorit

Askelmoottorit ovat DC- moottoreita eli tasavirtamoottoreita. Ne sisältävät useita keloja ja keloja kytkemällä peräkkäin saadaan moottori pyörimään askel kerrallaan. Tietokoneohjauksella askelluksesta saadaan erittäin tarkka paikansäätöön ja nopeudensäätöön. (CNC3D 2020.)

Askelmoottori sisältää sylinterin ympärille tasaisesti jaettuina samankokoisia askeleita. Askelmoottoreissa työstökonesoveluksissa on yleisesti 200 askelta kierroksella. Joissain askelmoottoreissa askeleet on voitu jakaa pienempiin askeliin eli mikroaskeliin, jolla saavutetaan tarkempi liike. Askelmoottorien sijainti perustuu vain vastaanotetun jännitteen mukaan eli antureita ei ole mikä

tekee niistä luotettavia. Askelmoottorit kuitenkin menettävät vääntömomenttia nopeissa kiihdytyksissä ja korkeilla nopeuksilla. (HEIDENHAIN 2022.)

Kuvassa 2 askelmoottori sisältä, jossa näkyy kelat ja askelhammastus



Kuva 2. Askelmoottori (Dolly1010 2011).

4.2 Servomoottorit

Servomoottorit tuottavat väännön ja nopeuden syötetyn jännitteen ja virran perusteella. Suljetun silmukan järjestelmässä servo-ohjain antaa käskyt ja takaisinkytkentälaitte sulkee silmukan. Takaisinkytkentälaitte voi olla enkooderi, lineaarianturi tai muu anturi. Se antaa tietoja, kuten virtaa, nopeutta tai asentoa, jonka avulla servo-ohjain ohjaa moottoria. Servomoottorit voivat olla AC- tai DC-moottoreita sekä harjallisia tai harjattomia moottoreita. (KOLLMORGEN 2020.)

Servomoottorit pystyvät säilyttämään väännön maksimikierroksilla. Osa servomoottoreista pystyy jopa kaksinkertaistamaan nimellisväännön, joka on hyödyksi muun muassa kuorman pysäytyksessä tai käynnistyksessä.

Servomoottorien tarkkuus saavutetaan asematakaisinkytkentäanturien pulssien määrällä, jopa satoja tuhansia pulsseja kierrosta kohti. Servomoottorit säilyttävät tarkkuuden korkeille kierroksille asti ja sen takia ne soveltuvat työstökoneiden akselienohjaukseen, jossa tarvitaan nopeutta ja tarkkuutta. Servomoottorien nopeuden vuoksi ne soveltuvat nopeaan työstöön (HSM) ja viimeistelyyn sekä kovien materiaalien työstöön. (HEIDENHAIN 2022.)

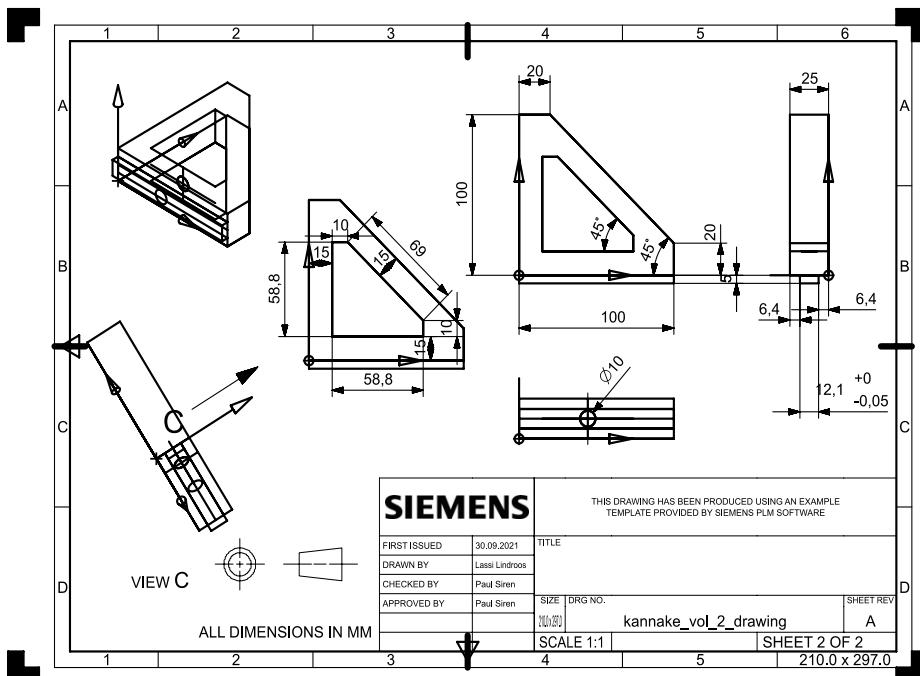
5 MEKANIKKASUUNNITTELU

5.1 Kara-akselin kannakkeet

Testipenkin suunnittelu alkoi kara-akselin kiinnitykseen tarvittavista kannakkeista. Testipenkissä tullaan ajamaan erikokoisia kara-akseleita riippuen mistä CNC-koneesta akseli on. Kannakkeissa täytyy tämän vuoksi olla säätö, jolloin ne säädetään aina akselikohtaisesti sopivalle leveydelle. Kannakkeiden säätö toteutettiin kiskolla. Säätekisko kiinnitetään jyrsimen t-ura pöytään t-uramuttereilla ja kara-akseli kannakkeet kiinnitetään säätekiskoon.

5.1.1 Kannakkeiden suunnittelu

Kara-akselin kannakkeiden suunnittelussa käytettiin Siemens NX CAD-ohjelmaa. Suunnittelussa piti huomioida t-ura pöydän mittoja ja kara-akselien erikokoisuuden vuoksi kannakkeet täytyy olla sopivan kokoiset yleisimmille kara-akseleille.



Kuva 3. Kara-akseli kannakkeet valmistuspiirustus.



Kuva 4. Kannakkeiden säätökiskon valmistuspiirustus.

5.1.2 Kannakkeiden valmistus

Säätökiskoon koneistettiin oma t-ura, johon kara-akselin kannakkeet tulevat kiinni t-uramuttereilla ja niitä saadaan säädettyä leveyssuunnassa. Kannakkeet ja säätökiskot polttoleikattiin oikeaan muotoon ja tarvittavat kolot jyrssiin polttoleikkauksen jälkeen koneistamalla, jossa ne myös viimeisteltiin. Säätökiskoihin muutoksena valmistuspiirustuksesta tuli kiila pohjaan, joka ohjaa säätökiskon pöydän t-urien mukaan. Kannakkeiden ja kiskojen materiaaliksi valittiin 25 mm paksu FE52 teräs.



Kuva 5. Kara-akselin kannakkeet ja säätökiskot.

5.2 Sähkömoottorin kannake

Sähkömoottorin kiinnitykseen suunniteltiin oma kannake, joka sijoitetaan myös t-urapöytään. Kannakkeen kiinnitys toteutettiin t-ura muttereilla. Kannakkeeseen polttoleikattiin sopiva reikä, johon sähkömoottorin laippa sopii. Moottorissa on

laippakiinnitys, joten kannakkeeseen tehtiin kierrereiät sopivalla jaolla. Kannake valmistettiin 12 mm paksuisesta teräksestä. Kuvassa 6 on sähkömoottorin kannake, josta näkyy pohjakiinnitys ja laippakiinnitys.



Kuva 6. Sähkömoottorin kannake.

5.3 Jyrsin runko

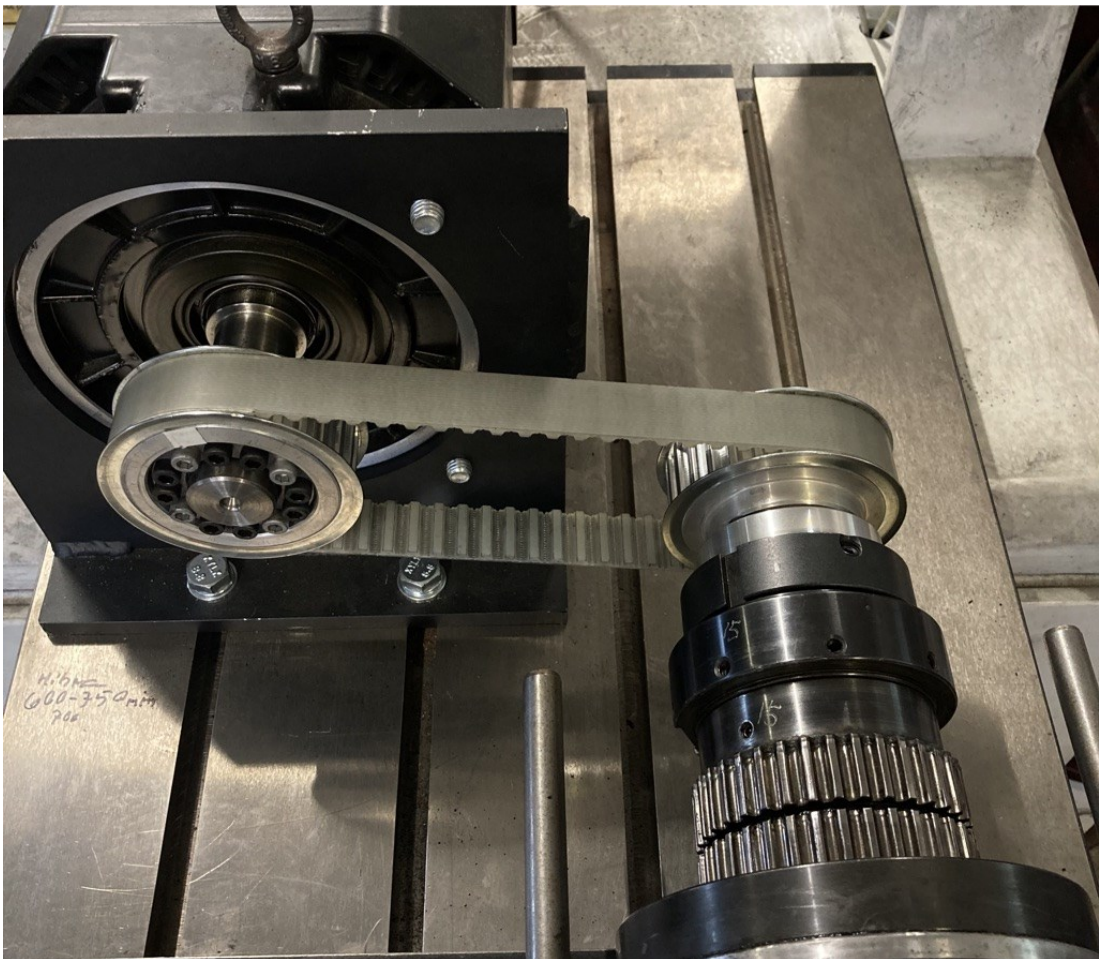
Testipenkkiä lähettiin rakentamaan käytettyä CNC-jyrsintä hyödyntäen. CNC-jyrsimessä oli tukeva runko ja t-ura pöytä, johon oli hyvä lähteä rakentamaan kara-akselien testipenkkiä. Ohjauselektroniikka sijoitetaan jyrsin rungon alaosaan.



Kuva 7. CNC-jyrsinrunko purettuna.

5.4 Hihnaveto

Sähkömoottorin teho välitetään kara-akselille hammashihnalla. Sähkömoottorin akseliin ja kara-akseliin laitettiin hihnapyörät hammashihnaurituksella. Hihnapyörien kiinnitys akseliin tapahtui Spieth-kartiokytkimellä. Hihnapyörät sorvattiin keskeltä sopiviksi kartiokytkimille. Kartiokytkin kiristyy sisähalkaisijalta ja ulkohalkaisijalta, joten niillä kiinnitys onnistuu helposti. Hihnapyörien välitykset ovat 1:1 ja 1:3. Välityksellä 1:3 saadaan kierrosnopeutta lisättyä, jos tarvitaan yli 5000 rpm kierrosnopeutta. Kuvassa 8 oleva välitys on 1:1. Hihnan kiristys tapahtui kara-akselin kannakkeita siirtämällä säätökiskossa.



Kuva 8. Hihnapyörät Spieth-kartiokytkimillä ja hammashihna.

6 TESTIPENKIN OHJAUS JA SÄHKÖKOMPONENTIT

6.1 Sähkömoottori

Kara-akselin pyörytykseen tarvittiin sähkömoottori, jolle vaatimuksina oli riittävä teho ja kierrosnopeus. Tehoa tarvitaan, jotta sähkömoottorilla on tarpeeksi vääntöä pyörittämään erikokoisia kara-akseleita. Kierrosnopeutta tarvitaan, jotta kara-akseleita saadaan testattua tarpeeksi suurella kierrosnopeudella akselien todellisten käyttö kierrosnopeuksien mukaan.

Testipenkkiin valikoitui AC-karamoottori. AC-karamoottori ei vaadi toimiakseen servovahvistimia ja kontrolleria, jolloin sitä saadaan ajettua pelkällä taajuusmuuttajalla.

Moottoriparametrit:

- Kierrosnopeus = 1500–8000 r/min
- Nimellisteho = 5,5kW
- Vaiheluku = 3
- Käämit = delta- muoto
- Napaluku = 4
- Tehokerroin = $\cos F = 0,78$
- Nimellisjännite = 135–222 V
- IP Luokka = 54



Kuva 9. AC-karamoottori.

6.2 Taajuusmuuttaja

Vaihtovirtamoottorin ohjaamiseen valikoitui Unidrive V3 UNI2040 LFT 7,5 kW taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttaja riittää pyörittämään hyvin työssä käytettävää AC- karamoottoria noin 5000 kierrosta minuutissa nopeudella. Kierrosluku riittää työssä kara-akselien pyörytykseen ja hihnapyöriä vaihtamalla kierroslukua saadaan muutettua.



Kuva 10. Taajuusmuuttaja- Uni V3.

6.3 Turvalaitteet

Testipenkin turvalaitteiksi tulivat hätäseis- painike ja turvakytkin. Hätäseis- painike on kytketty sarjaan taajuusmuuttajan ohjauskytkimen kanssa. Täten molemmat pitää olla oikeassa asennossa, jotta moottori saadaan käynnistymään. Hätäseis- painiketta painamalla moottori pysähtyy. Turvakytkin tuli 3-vaihe syöttökaapelin väliin, josta laitteeseen kytketään virta ja tarvittaessa saadaan katkaistua virta kokonaan pois. Turvakytkin näkyy kuvassa 11 vasemmassa reunassa kiinnitettynä runkotolppaan.



Kuva 11. Testipenkin turvalaitteet.

6.4 Ohjaus

Tajuusmuuttajaan on liitetty käynnistyskytkin, potentiometri ja suunnanvaihtokytkin. Käynnistyskytkimestä kääntämällä taajuusmuuttaja käynnistyy. Turvatoiminnoksi lisättiin, että taajuusmuuttajan ohjauspaneelista pitää kuitata ”trip ET” stop- napista, jottei sähkömoottori lähde heti pyörimään taajuusmuuttajan käynnistyessä. Tämän jälkeen sähkömoottori käynnistyy ja akseli alkaa pyörimään potentiometriä kääntämällä. Potentiometrillä kääntämällä muutetaan taajuutta, joka muuttaa sähkömoottorin kierrosnopeutta ja sähkömoottori kiihdyttää hitaasti haluttuun kierrosnopeuteen. Suunnanvaihtokytkimestä sähkömoottori hidastaa hallitusti nolnaan ja vasta sitten vaihtaa suuntaa ja kiihdyttää säädettyyn nopeuteen.

Taajuusmuuttajalle asettuja parametreja:

0.01 Minimitaajuus = 0 Hz

0.02 Maksimitaajuus = 180 Hz

0.03 Kiihdytysaika = 25 s

0.04 Hidastusaika = 40 s

0.05 Ohjaustapa = 2 (analogiatulon 2 valinta)

0.06 Virtaraja = 100% (16A)

0.07 Sääötöta = FD 3

Moottoriparametrit luvussa 6.1

0.42 Moottorin napaluku = 4 poles

0.43 Tehokerroin $\cos F = 0.78$

0.44 Nimellisjännite = 135 V

0.46 Nimellisvirta = 16 A

0.47 Nimellistaajuus = 230 Hz

7.15 Analogia tulo 3 valinta = Volt

Monitorointi:

4.01 Kokonaisvirta (momenttia tuottava virta + magnetointi)

5.01 Moottorin taajuus Hz

5.02 Moottorille menevä jännite V

5.03 Moottorin käyttämä teho kW

5.04 Moottorin kierrokset RPM

5.05 Välipiirin jännite dcV

7 TESTIPENKIN TOIMINTA

Testipenkin kokoonpano alkoi kara-akselin kannakkeiden ja sähkömoottorin kannakkeen asennuksella t-urapöytään. Kannakkeisiin saatiin tämän jälkeen kara-akseli ja sähkömoottori paikalle. Sähkömoottoriin kytkettiin syöttökaapeli taajuusmuuttajasta. Taajuusmuuttajan syöttökaapelin väliin kytkettiin turvakytin. Taajuusmuuttajan ohjauksen kytkimet ja potentiometri asennettiin t-urapöydän oikealle puolella olevaan runkotolppaan. Ohjauspaneeli näkyy kuvassa 12 oikeassa yläkulmassa. Hätäseis-painike on kytketty sarjaan taajuusmuuttajan käynnistyskytkimen kanssa, joten molemmat täytyy olla oikeassa asennossa laitteen käynnistämässä. Hihnapyörät kiinnitettiin Spieth-kartiokytkimillä sähkömoottorin sekä kara-akselin päähän. Hammashihna saatiin paikalle hihnapyörien asennuksen jälkeen.



Kuva 12. Valmis testipenkki.

Testiajo aloitetaan asettamalla kara-akseli kannakkeisiin ja tarkistetaan suoruus moottoriin nähden. Hihnan kireys huomioitiin kara-akselia kiinnittäessä. Hihnan kiristys tapahtuu säätämällä kannakkeissa olevaa kara-akselia säätökiskoissa kauemmas moottorista. Kara-akseli kiinnitetään kannakeisiin räikkäliinalla, joka estää liikkumisen ajon aikana. Liinalla kiinnitys mahdollistaa helpon ja nopean säädön erikokoisille kara-akseleille.

Testiajo päästiin suorittamaan, kun sähkökytkennät oli tarkistettu ja kara-akseli kiinnitetty pöytään. Kara-akselia aloitettiin kiihdyttämään maksimi kierrosnopeuteen hallitusti taajuusmuuttajaan liitetystä potentiometrillä. Testiajo suoritettiin 1:1 välityksellä ja kierrosnopeudeksi mitattiin 5400 r/min. Saavutettu maksimi kierrosnopeus tarkistettiin optisella kierroslukumittarilla sekä takometrillä. Testiajon aikana huomattiin sähkömoottorin akselissa olevassa kartiokytkimessä pientä heittoa, joka aiheutti värinää korkeammilla kierroksilla. Muilta osin testipenkki toimi testiajon aikana niin kuin piti ja muita korjattavia kohtia ei ollut. Taajuusmuuttajan asennus ja säätövaiheessa kierrosnopeus asetettiin näkymään näyttöön play tilassa, jotta ajon aikana on helppo seurata kierrosnopeutta. Testiajon aikana tarkistettiin myös turvalaitteiden toiminta eli hätäseis- painike ja turvakytin. Hätäseis- painike pysäytti moottorin ja turvakytin katkaisi sähkötkoko laitteesta. Testiajo suoritettiin laakeriviallisella kara-akselilla ja testiajolla pystyttiin varmistamaan kara-akselin vika. Laakereiden vaihdon jälkeen korjattu kara-akseli saadaan testiajettua testipenkissä, jolloin uudet rasvat asettuvat ja laakereiden toimivuus saadaan tarkistettua.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa CNC-koneiden kara-akselien testauksiin käytettävä testipenkki, jonka avulla korjattuja kara-akseleita saadaan koeajettua. Työ alkoi suunnitteluvaiheesta, jossa hahmotettiin testipenkin kokonaisuutta ja kara-akselille tarvittavia kannakkeita ja kiskoja. Suunnitteluvaiheesta siirryttiin osien mallinnukseen ja valmistuspiirustuksien tekemiseen sekä sopivien osien etsimiseen ja valitsemiseen, kuten sähkömoottorin ja sähköosien. Osien valmistumisen myötä siirryttiin kokoonpanoon ja lopuksi suoritettiin testiajoja.

Valmis testipenkki täytti annetut tavoitteet ja testiajot onnistuivat odotetusti. Korjauksia testipenkkiin testiajon jälkeen oli vain yksi, joten suunnittelu, valmistus ja kokoonpano onnistui hyvin.

Työ on ollut kokonaisuudessaan erittäin monipuolinen sisältäen eri työvaiheita, kuten suunnittelua, mallinnusta, tiedonhakua, asennus- ja kokoonpanotyötä. Työtä tehdessä on tullut opittua paljon uutta eri aihealueista teoriassa ja käytännössä.

Testipenkin jatkokehitykseen yksi mahdollisuus on lisätä ohjauspuolelle logiikka. Tällöin logiikkaan voidaan ohjelmoida valmis testiajo ohjelma, joka laskee ajoaikaa ja säätää kierrosnopeutta. Mahdollisuus tehdä myös eri testiajo-ohjelmia erilaisille kara-akseleille. Myös antureiden liittäminen logiikkaan on mahdollista, kuten lämpötila-anturi kara-akselin pintalämmön mittaamiseen testiajon aikana.

Lähteet

CNC3D 2020. CNC Stepper Motors. Viitattu 25.1.2022.

<https://www.cnc3d.com.au/post/cnc-stepper-motors-the-machine-builders-guide>

Dolly1010 2011. Stepper Motor. Viitattu 6.5.2022

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stepper_motor.jpg

Evans, K. 2016. Programming of CNC Machines, Fourth Edition. Viitattu 3.5.2022

Fagor Automation 2012. CNC Lathe Viitattu 5.6.2022

<https://www.flickr.com/photos/fagorautomation/8426900752>

Floyd Kelly, J. & Hood-Daniel, P. 2009. Build your own CNC machine. Viitattu 10.11.2021. Berkely, CA: Apress

Grindaix 2021. CNC grinding machines- modern machine tools. Viitattu

10.11.2021. <https://grindaix.de/en/magazine/cnc-grinding-machines/>

HEIDENHAIN 2022. Servo Motors for CNC Machines. Viitattu 25.1.2022

<https://www.heidenhain.us/resources-and-news/servo-motors-for-cnc-machines/>

Helmancnc 2016. CNC Lathe Main Parts. Viitattu 10.11.2021.

<http://www.helmancnc.com/cnc-lathe-main-parts/>

Jacobs, P. 2021. What to know when buying a lathe spindle. Viitattu

17.11.2021. <https://www.cncmasters.com/buying-a-lathe-spindle-what-you-need-to-know/>

JPS Works 2021. Etusivu. Viitattu 2.11.2021 <https://jpsmotors.fi>

KOLLMORGEN 2020. How Servo Motors Work. Viitattu 25.1.2022.

<https://www.kollmorgen.com/en-us/blogs/blog-in-motion/articles/how-servo-motors-work/>

Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Maketek Oy 2021. CNC-Koneet. Viitattu 3.11.2021

<https://www.maketek.fi/metallintyostokoneet/cnc-koneet/>

Motiva 2020. Sähkömoottorityypit. Viitattu 26.1.2022.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/valitse auto viis aasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viis_aasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit)

TSINFA 2020. Everything you need to know about CNC machining. Viitattu 3.11.2021 <https://www.tsinfa.com/everything-you-need-to-know-about-cnc-machining/>