

Mikko Ollila

HYDRAULISEN TESTIPENKIN KÄYTTÖÖNOTTO
LABORATORIOTÖISSÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2011

HYDRAULISEN TESTIPENKIN KÄYTTÖÖNOTTO LABORATORIOTÖISSÄ

Ollila, Mikko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
kesäkuu 2011
Ohjaaja: Kivinen, Juha-Matti, yliopettaja
Sivumäärä: 23
Liitteitä: 4

Asiasanat: testauslaitteisto, koneturvallisuus, hydraulikka, värähtely, melu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa hydraulisen testipenkin käyttöönotto Satakunnan Ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan laboratorioon. Työhön kuului testipenkin mekaaninen valmistelu ja koko valmisteluprojektin hallinta. Mekaanisessa kokoonpanossa pääasiana on koneturvallisuus, ja siihen kuuluvien suojarakenteiden suunnittelu ja valmistus. Turvallisuutta arvioitiin myös melumittauksilla. Lisäksi työssä perehdyttiin hydraulikkapiirin värähtelyyn ja pohdittiin, minkälaisissa laboratoriotöissä testipenkkiä voidaan käyttää.

INITIALIZATION OF A HYDRAULIC TEST BENCH FOR LABORATORY WORKS

Ollila Mikko

Satakunta University of Applied Sciences

Mechanical and production engineering

June 2011

Supervisor: Kivinen, Juha-Matti, head teacher

Number of pages: 23

Appendices: 4

Keywords: testing equipment, machine safety, hydraulics, vibration, noise

The main goal of this thesis was to initialize a hydraulic test bench for the mechanical engineering laboratory in Satakunta University of Applied Sciences. The thesis work consisted of the mechanical initialization of the bench and the management of the initialization project. The chief objective in the mechanical assembly was machine safety, which included designing and manufacturing the protective structures. Noise measurements were also carried out to assess safety. Other main topics in this thesis were documenting the basic principles of vibrations and resonances in a hydraulic system, and design what kind of laboratory works could be carried out using the test bench.

SISÄLLYS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 5 |
| 2 | PROJEKTISTA | 5 |
| | 2.1 Projektin hallinta ja jaottelu | 5 |
| | 2.1.1 Projektin hallinta | 6 |
| | 2.1.2 Logiikan ohjelmointi | 6 |
| | 2.1.3 Mekaaninen kokoonpano | 7 |
| 3 | TESTIPENKIN INSTALLAATIO | 7 |
| | 3.1 Testipenkin historia..... | 7 |
| | 3.2 Testipenkin rakenne | 8 |
| | 3.3 Logiikka ja komponentit | 9 |
| | 3.4 Testipenkin tekniset tiedot | 9 |
| 4 | TURVAJÄRJESTELYT | 10 |
| | 4.1 Mekaaninen turvallisuus..... | 10 |
| | 4.1.1 Koneturvallisuuslaki..... | 11 |
| | 4.1.2 Vaatimuslista..... | 11 |
| | 4.2 Melun vaarat | 12 |
| | 4.2.1 Melumittaukset..... | 12 |
| | 4.2.1 Melulta suojautuminen..... | 13 |
| 5 | SUOJARAKENTEIDEN VALMISTUS | 14 |
| | 5.1 Materiaalien valinta | 14 |
| | 5.2 Suojarakenteiden toteutus | 15 |
| | 5.3 Pintakäsittely..... | 17 |
| 6 | HYDRAULIIKKA | 18 |
| | 6.1 Testipenkin hydrauliiikka | 18 |
| | 6.2 Hydraulisylinterin värähtely | 19 |
| 7 | TESTIPENKIN KÄYTTÖ | 20 |
| | 7.1 Mitä töitä penkillä tehdään | 20 |
| | 7.2 Testipenkin käytön riskit | 21 |
| | 7.3 Muuta käytössä huomioitavaa | 21 |
| 8 | YHTEENVETO | 22 |
| | LÄHTEET..... | 23 |
| | LIITTEET 1-4 | |

1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä toteutettiin hydraulisen testipenkin käyttöönotto Satakunnan Ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan laboratorioon. Testipenkkiin toteutettiin logiikkaohjaus ja asianmukaiset turvarakenteet.

Testipenkillä on tulevaisuudessa tarkoitus toteuttaa automaation liikkeen toteutukseen ja hallintaan liittyviä laboratoriotöitä. Lisäksi soveltuvin osin sitä voidaan käyttää konedynamiikan opetuksessa.

Opinnäytetyön kirjoittaminen aluksi yksinkertaisena pitämästäni asiasta oli antoisa kokemus. Se opetti tekijälleen paljon asioita hydraulikasta, teräsrakenteista, konedynamiikasta ja valmistustekniikasta. Kiitokset projektin onnistumisesta haluan osoittaa laboratorioinsinööri Petteri Reunamolle ja laboratoriomestari Harri Aholalle hyvästä työilmapiiristä ja korvaamattomasta avusta, valvojalleni yliopettaja Juha-Matti Kiviselle hyvistä hermoista ja avusta sekä sisarelleni Marja Ollilalle kieliasun tarkistamisesta.

2 PROJEKTISTA

2.1 Projektin hallinta ja jaottelu

Testipenkin käyttöönotto jakautui kahteen suurempaan osaan; testipenkin ohjelmisto- ja logiikkapuolen valmisteluun, sekä laitteen mekaaniseen valmisteluun.

Tässä kohdassa projekti oli selkeästi jaettu kahteen osaan, kahdelle eri henkilölle. Ohjelmisto- ja logiikkapuolesta vastasi tässä toteutuksessa unkarilainen sähkötekniikan vaihto-opiskelija, Eve Hodovan, ja mekaanisen puolen toteutti tämän työn tekijä. Molemmilla osapuolilla oli myös omat ohjaajansa kummankin ammattialan opettajakunnasta.

2.1.1 Projektin hallinta

Projektin hallinta ja työn mekaaninen toteutus olivat tämän työn tekijän vastuulla. Monien projektien tapaan hallinta oli aluksi hyvin epäselvää, eikä kenelläkään juuri ollut tietoa mitä pitäisi tehdä. Projektin edetessä kuitenkin toimenkuvat selkeytyivät, ja työ alkoi edetä. Koska projektissa oli alusta lähtien selkeä työnjako edellisessä kappaleessa mainittuihin ohjelmointi- ja mekaniikkapuoleen, ei siihen juuri tarvinnut kiinnittää huomiota. Projektin hallinnassa yhtenä tärkeänä tehtävänä olikin kommunikoinnin helpottaminen ja tarvittaessa tulkkina toimiminen. Tämä on yleinen piirre myös teollisuuden toimitusprojekteissa. Oli myös tärkeää huolehtia siitä että ohjelmallinen ja mekaaninen toteutus eivät astu toistensa tielle, ts. ettei niissä tehdä ratkaisuja, jotka sulkevat toisensa pois. Tämä toteutui projektissa hyvin, koska ohjelmisto- ja logiikkapuolen ohjaavalla opettajalla, Timo Suvelalla, oli runsaasti käytännön kokemusta alalta, ja hän ymmärsi myös mekaanisen puolen vaatimukset. Oman osuuteni toteuttamisessa suurin haaste oli turvarakenteiden tekeminen. Kyseisen projektin hallinnassa tärkeää roolia näytteli materiaalien ja maalien tilaaminen. Toimitusajat piti ottaa huomioon ja tilata tarvikkeet ajoissa, ettei projekti viivästyisi.

2.1.2 Logiikan ohjelmointi

Logiikan komponentit ja kenttäväylä ovat saksalaisen Beckhoffin valmistamia. Ohjelmointiympäristöksi ja ohjausjärjestelmäksi luonnollinen valinta oli myöskin Beckhoffin valmistama TwinCAT. TwinCAT on tavallisessa PC-laitteistossa toimiva ohjelmisto, joka korvaa ohjelmoitavan logiikan. Se toimii PLC-järjestelmän lisäksi ohjelmointiympäristönä ja käyttöasemana. Koska TwinCAT toimii tavallisessa PC-tietokoneessa, erillistä ohjelmoitavaa logiikkaa ei tarvittu, jolloin TwinCATin käyttö tuli edullisemmaksi.

/1/

2.1.3 Mekaaninen kokoonpano

Testipenkin mekaanisessa kokoonpanossa tärkeimmäksi seikaksi muodostui turvarakenteiden suunnittelu ja toteutus, (kappale 4). Lisäksi muutamien anturien kiinnitys laitteistoon, sekä logiikkakomponenttien kiinnitykset. Mekaanisen kokoonpanon suhteen tekijälle annettiin suhteellisen vapaat kädet, kunhan suurimmat toteutukset hyväksytettiin ensin ohjaavalla opettajalla. Mekaanisessa kokoonpanossa tärkeää oli toteuttaa rakenteet koneturvallisuuslain mukaisesti ja mahdollisimman kestäviksi. Lisäksi oli syytä panostaa myös laitteen helppoon huollettavuuteen eli varmistaa, etteivät turvarakenteet tule huoltokohteiden tielle ja että turvarakenteet ovat tarvittaessa helposti irrotettavissa. Kokemus on osoittanut, että jos johonkin huoltokohteeseen käsiksi pääseminen on tehty hankalaksi, se jää valitettavan usein huoltamatta. Opetusluontoisissa laboratoriotöissä laitteille tulee lukuisia eri käyttäjiä, joiden kokemukset ja suhtautuminen hydraulikalla toimiviin koneisiin vaihtelee suuresti. Siksi testipenkin turvallisuudessa tuli huomioida mahdollisimman monet seikat, ja toteuttaa se lähes ”idioottivarmasti”.

3 TESTIPENKIN INSTALLAATIO

3.1 Testipenkin historia

Testipenkin on valmistanut Räpsöön Paja Oy vuonna 1995. Satakunnan Ammattikorkeakoulun edeltäjä, Porin Teknillinen Oppilaitos, tilasi laitteen opetuskäyttöön. Testipenkkiä käytettiin silloin ”Servot ja simulointi” -kurssin koulutuksessa. Laitteistoon kuului silloin pneumatiikkaservo, tasavirtaservo ja hydraulikkaservo. Silloin testitöihin kuului simuloida MATLAB:lla askelvastekoe laitteen liikkeestä. Simuloinnin jälkeen laitetta ajettiin ja verrattiin mittauksilla saatuja tuloksia simuloituihin. Laitteistoon kuului 1990-luvulla myös tietokone, jossa oli MS-DOS-pohjainen ohjelma parametrien säätämistä varten. Vanha ohjauslaitteisto kuitenkin rikkoutui, ja koko laitteiston uusiminen oli helpompaa kuin vanhan korjaaminen. Tästä syystä koko ohjauslaitteisto uusittiin vuonna 2010 ajanmukaiseksi.

3.2 Testipenkin rakenne

Testipenkin pohjan muodostaa teräsrunko. Runkoon on saranoitu apurunko, jota kääntämällä testipenkin kulmaa voidaan säätää. Apurungossa on THK lineaarijohdot, ja niiden varassa liikkuva kelkka. Hydraulisylinteri on kiinnitetty apurunkoon, ja liikkuu sen mukana. Molemmissa kelkan liikkeen ääripäissä on pysäytysvaimentimet. Kelkan liikkeitä tarkkailevat pulssianturi ja induktiivinen anturi ovat myös kiinni apurungossa. (kuva 1)



Kuva 1. Testipenkki ilman suojakehikkoa

3.3 Logiikka ja komponentit

Testipenkissä käytetään Beckhoffin valmistamia cx-sarjan logiikoita. Virtalähteenä toimii Balluff BAE0006. Induktiivinen anturi on Omronin valmistama. Pulssianturi on Hengstlerin mallistosta, ja avattavan luukun turvakytkin Schmersal. Käytetty kenttäväylä on EtherCAT. Se on Beckhoffin oma ethernet-pohjainen kenttäväylä. EtherCAT on lisäksi erittäin nopea ja kohtalaisen helppo kytkeä. Logiikan ohjaukseen ja tarkkailuun käytetään Beckhoffin TwinCAT –ympäristöä.

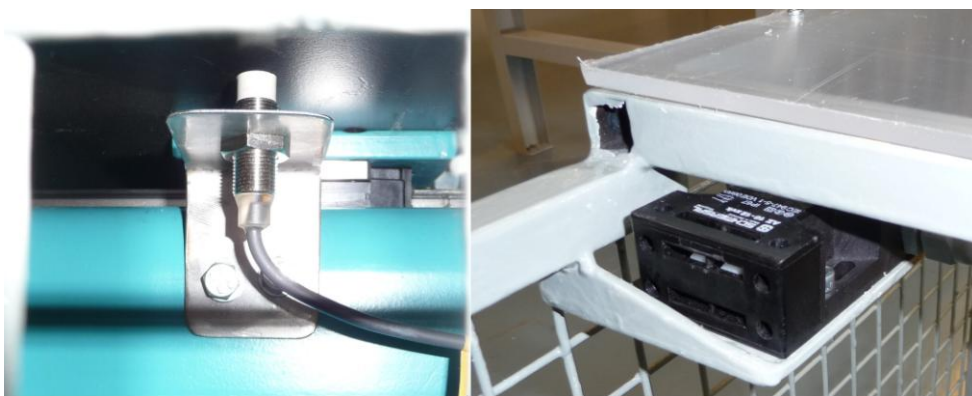
3.4 Testipenkin tekniset tiedot

| | |
|---------------------------|--|
| Moottori: | ABB Motors, malli QY112M4AT |
| Teho: | 4kW @ 1435 rpm ~ 50Hz 4.8kW @ 1730 rpm ~60Hz |
| Hydrauliikka: | Hydoring Oy:n valmistama koneikko Bosch-Rexrothin komponenteilla |
| Hydraulipumppu: | Bosch:in valmistama hammaspyöräpumppu, malli 0 510 525 009 |
| Hydrauliöljysäiliö: | Hydoring 3-21445, tilavuus 50l |
| Proportionaaliventtiili: | Bosch 0 811 404 612 sisäisellä elektroniikalla |
| 4/2 -suuntaventtiili: | Bosch 0 810 091 253 |
| Paineenrajoitusventtiili: | Bosch 0 811 109 132 |
| Hydraulisylinteri: | Hydoring 6020 LAK32/18-1000 |
| Ø Mäntä: | 32mm |
| Ø Männänvarsi: | 18mm |
| Iskun pituus: | 1000mm |
| Logiikka: | Beckhoff cx1010-0012 ja cx1100-0004 |
| Logiikan virtalähde: | Balluff BAE0006 |
| Jännite: | sisään 230V AC, ulos 24V DC |
| Max. virta: | 5A |

4 TURVAJÄRJESTELYT

4.1 Mekaaninen turvallisuus

Laitteen mekaanisessa turvallisuudessa tärkein huomioitava seikka oli hydraulisesti liikkuva kelkka. Kelkan liike aiheuttaa suuren puristumisvaaran. Koska kelkassa ei ole anturia, joka tunnustelisi sen tiellä mahdollisesti olevia esteitä, suojaukset tuli toteuttaa rajaamalla aluetta mihin käyttäjällä on pääsy. Rajaus voidaan hoitaa fyysisesti rajaamalla aluetta suojarakenteilla, tai käyttää valoverhoja. Tässä tapauksessa päädyttiin tekemään testipenkin ympärille suojarakenteet, koska ne ovat edullinen ja varma ratkaisu. Koska kelkkaan täytyy päästä lisäämään ja vähentämään levypainoja, jotka vaikuttavat liikkeeseen, suojarakenteissa tuli olla avattava luukku. Tähän luukkuun täytyi liittää turvakatkaisija, ns. ovikytin, joka pysäyttää kelkan, jos luukku avataan kesken liikkeen. Mekaaniseen turvallisuuteen voidaan myös lukea sähkökomponenttien kunto. Kaikkien johdotusten ja sähkökomponenttien tulee olla ehjiä, jotta vältetään mahdolliselta sähköiskun vaaralta. Kytkimien ja anturien tulee olla ehjiä, eikä laitteen käyttäjällä tule olla mahdollisuutta ohittaa niitä millään tavalla. Tähän liittyy mekaanisessa toteutuksessa anturien ja sähköjohtojen sijoitus. Niissä on huolehdittava, etteivät mitkään johdot pääse liikkuvan kelkan väliin, ja että ne ovat riittävän hyvin kiinnitetyt. (kuva 2) Kiinnityksistään irronnut ja roikkuva johto on aina turvallisuusriski liikkuvia osia sisältävässä koneessa. Yksi turvallisuusriski on hydrauliiikan lämpeneminen, kun pumppu pyörii ilman, että laitetta liikutetaan. Laitteen käydessä pitkään tyhjäkäyntiä hydraulineste saavuttaa helposti 80°C:n lämpötilan, jolloin putket ja pumppu alkavat lämmetä.



Kuva 2, induktiivisen anturin ja ovikytkimen kiinnitykset

4.1.1 Koneturvallisuuslaki

Koneiden turvallisuuden perusvaatimukset sanelee EU:n konedirektiivi (2006/42/EY). Suomessa nämä määräykset on pantu täytäntöön valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta (400/2008). Suojarakenteiden toteutuksessa käytettävien aitojen ja verkkojen silmäkoot ja turvaetäisyydet löytyvät standardista SFS-EN ISO 13 857. /2 s. 19, 135/

4.1.2 Vaatimuslista

Kun ensin on tarkoin selvitetty, mihin tarkoitukseen kone tulee ja mitä sen pitää pystyä tekemään, laaditaan siitä vaatimuslista. Vaatimuslistaan kuuluu varsinaiset vaatimukset, jotka koneen pitää pystyä toteuttamaan, ja lisäksi toiveet, jotka voivat esim. helpottaa sen käyttöä, mutta eivät ole toiminnan kannalta pakollisia.

/5 s. 48/

Vaatimukset:

- tulee täyttää koneturvallisuuslain määräykset
- avattava kansi tai luukku painojen lisäämiseen ja poistamiseen
- kiinnityspisteet tarvittaville antureille

Toiveet:

- mahdollisimman hyvin läpinäkyvä
- ei suurena penkin ulkomittoja tarpeettomasti
- helppo irrotus ja kiinnitys tarvittaessa
- yksinkertainen ja edullinen valmistaa
- kestävä ja luja rakenne

4.2 Melun vaarat

Koska testipenkissä on sähkömoottori, hydraulipumppu ja liikkuva kelkka, aiheutuu sen käytöstä väistämättä myös melua. Liikkuva kelkka aiheuttaa kolahduksia, jotka on yksittäisistä voimakkuudeltaan kovimpia, mutta niin lyhytkestoisia, ettei niiltä suojautumiseen ole tarvetta. Koneen suurin meluhaitta tulee kin hydraulikoneikosta. Jos koneen vierellä työskentelevä ihminen altistuu pitkäkestoisesti kovalle melulle, voi se aiheuttaa pysyvän kuulovaurion.

4.2.1 Melumittaukset

Melumittaukset suoritettiin yhden ja kahden metrin päästä hydraulikoneikosta, noin metrin korkeudella lattiapinnasta. Mittaukset tehtiin koneikon tyhjäkäyntitilassa, sekä laitetta liikuttaessa. Laitteistoon kuuluu myös hydraulikoneikon päälle tuleva suo- jakansi, jossa on äänieristyksenä solumuovia. Mittauksia tehtiin sekä ilman kantta, sekä sen ollessa paikallaan. Lisäksi mitattiin piikkiääni, mikä syntyy kelkan kolahta- essa päätypysäyttimeen. Piikkiääni mitattiin 1m etäisyydeltä päätypysäyttimestä. Mittaukset toistettiin kolmeen kertaan, jotta saadaan luotettava tulos. Mittauslaitteis- tona käytettiin yhdysvaltalaisista Quest Technologies 2700 –äänentasomittaria varus- tettuna saman valmistajan malli OB-50 –oktaavisuodattimella.

Melumittauksien tulokset testipenkille

Mittaukset ilman suojakantta:

| etäisyys (m) | tyhjäkäynti (dB) | liikkeessä (dB) |
|--------------|------------------|-----------------|
| 1 | 71,5 | 75,7 |
| 1 | 68,3 | 76,3 |
| 1 | 68,6 | 76,1 |
| 2 | 67,2 | 75,2 |
| 2 | 65,8 | 75,1 |
| 2 | 65,5 | 73,8 |

Mittaukset suojakansi paikallaan

| etäisyys (m) | tyhjäkäynti (dB) | liikkeessä (dB) |
|--------------|------------------|-----------------|
| 1 | 69,8 | 73,2 |
| 1 | 64,4 | 71,2 |
| 1 | 67,4 | 70,8 |
| 2 | 66,3 | 72,6 |
| 2 | 63,2 | 74,0 |
| 2 | 66,1 | 73,7 |

Piikkiäänän mittaustulos (dB)

| | |
|----|-------|
| 1. | 100,8 |
| 2. | 108,3 |
| 3. | 103,1 |

4.2.1 Melulta suojautuminen

EU:n meludirektiivin määrittämä valtioneuvoston asetus Vna 85/2006 määrittelee kuulonsuojainten käyttörajoiksi 80dB jatkuvakestoista melua, tai 135dB piikkiääntä. Melumittauksen tuloksia saadaan selville, että testipenkin käytössä kumpikaan arvo ei ylity, joten erillistä kuulonsuojausta ei tarvita.

/6/

5 SUOJARAKENTEIDEN VALMISTUS

5.1 Materiaalien valinta

Testipenkin kiinteiden suojausten toteuttaminen aloitettiin materiaalien valinnoilla. Alusta asti oli selvää että toteutukseen tulee teräsprofiilirunko, joka verhotaan tarkoitukseen sopivalla materiaalilla. Vaihtoehtoina tähän olivat pleksilasi ja verkko. Pleksilasin puolesta puhuu sen erittäin hyvä läpinäkyvyys. Huonoina puolina sille voidaan mainita vähäinen mekaaninen kestävyys; pleksi naarmuuntuu helposti. Lisäksi se on suhteellisen kallista, etenkin tässä tapauksessa kun on perusteltua käyttää karkaistua pleksilasia naarmuuntumisen vähentämiseksi. Teräsverkossa tilanne on toisinpäin. Se kestää mekaanista rasitusta hyvin, ja on edullista hankintahinnaltaan. Ainoastaan läpinäkyvydessä se häviää pleksilasille. Tästä johtuen testipenkin suojausratkaisussa päädyttiin tekemään suojarakenteiden yläpinta pleksilasista, koska sitä kautta kelkan liikettä on helpoin tarkkailla ja havainnoida. Suojauksen kyljet toteutettiin teräsverkosta. Teräsverkon tyypiksi valittiin 30 x 30 silmäkoolla oleva, 3mm langasta tehty verkko. Tämä valikoitui koneturvallisuuslain standardien mukaan (SFS-EN ISO 13 857); 30mm neliönmuotoiselle verkonsilmälle vaadittu turvaetäisyys suojarakenteen ja liikkuvien osien väliin on 120mm. Jos silmäkoko olisi kasvanut 40 millimetriin, vaadittu turvaetäisyys olisi kasvanut 200 millimetriin, mikä olisi leventänyt suojarakennetta turhaan. Koska pleksilasissa ei ole reikiä, ja se asennetaan tarkoilla sovituksilla, ei pleksikannen ja liikkuvan kelkan väliin tarvitse jättää turvaetäisyyksiä. Turvakehikon runkomateriaaliksi valikoitui 20 x 20 x 1,5 neliöprofiili, S235JR. Syinä tähän olivat sen helppo saatavuus ja työstettävyys, sekä edullinen hinta. Kehikon kokoaminen tapahtui mag-hitsauksella.

/7/

5.2 Suojarakenteiden toteutus

Suojausrakenteiden tekeminen alkoi tarkoista mittauksista. Liikkuvan kelkan leveys, ja siihen lisättyä koneturvallisuuslain vaatimat turvaetäisyydet, sanelivat turvakehikon leveyden. Turvakehikko päätettiin kiinnittää testipenkkiin kummastakin päädystään kahdesta kohtaa, yhteensä neljästä kohtaa. Kiinnityksissä hyödynnettiin toisessa päässä penkissä jo valmiiksi olevia pultteja, ja toisessa päässä tehtiin isoon neliöputkeen M12 kierrereiät kiinnityksiä varten. Tämä määräsi turvakehikon pituuden. Turvarakenteiden ensimmäisiä suunnitelmia tehtäessä sovittiin, että testipenkkiä tullaan käyttämään vain vaakatasossa. Tämä helpotti turvakehikon rakentamista huomattavasti, koska nyt sen ei tarvitse liikkua kippaavan apurungon mukana, ja kiinnityspisteissä voidaan käyttää testipenkin kiinteää runkoa. Avattavan luukun sijoitus ja koko turvakehikkoon määräytyi sen mukaan, että siitä on helppo lisätä ja vähentää levy-painoja. Lisäksi luukun kautta pääsee helposti käsiksi kehikon toisen pään kiinnityspultteihin, jotta kehikko saadaan tarvittaessa irrotettua. Koska kansirakenteen ja kelkan väliin ei tarvinnut jättää turvaetäisyyksiä, turvakehikon korkeus jätettiin tarkoituksella melko matalaksi. Lisäksi sitä ei ulotettu kiinni lattiaan asti, jotta laboratoriossa siivoavien on helppo pyyhkäistä lattiaa mopinreunalla myös turvarakenteiden alta.

Seuraavaksi mallinnettiin mittojen ja yksinkertaisten skissien perusteella SolidWork-silla 3D-kuva turvakehikon rungosta. Tämän kuvan perusteella alkoi turvakehikon valmistus. Kiinnityskorvat poltettiin kone- ja tuotantotekniikan laboratorion omalla CNC-ohjatulla plasmaleikkurilla (Koike Aronson Inc:n valmistama) 4mm teräslevystä. (kuva 3) Kiinnityskorvien paikalleen sovittamisen jälkeen ne hitsattiin paikalleen. Tämän jälkeen kehikon valmistus jatkui hitsaamalla siihen pitkät runkoputket ja toinen pääty. Avattavalle luukulle rakennettiin kehikkoon oma paikkansa. Kiinnityskorvien lisäksi myös luukun saranamekanismiin kuuluvat levyt poltettiin plasmaleikkurilla, ja ne hitsattiin paikoilleen. Lopuksi suojakehikkoon kiinnitettiin hitsaamalla sivujen verkot. Tämän jälkeen kehikko maalattiin, ja lopuksi siihen ruuvattiin kanneksi pleksilevyt.



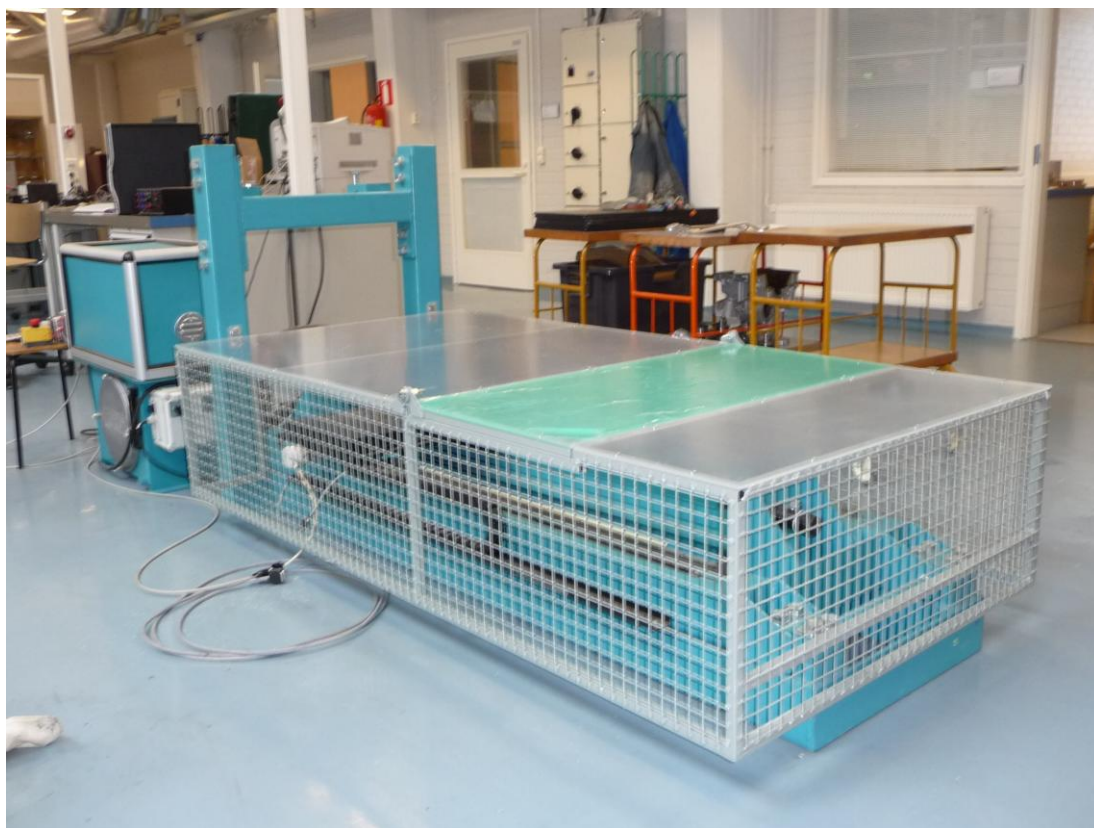
Kuva 3, Koike Aronsonin valmistama plasmaleikkuri ja sen virtalähde



Kuva 4, Valmis suojakehikko maalaamattomana

5.3 Pintakäsittely

Pintakäsittelyksi valmiille suojakehikolle valikoitui maalipinta. Tämän kokoisen kehikon lähettäminen sinkittäväksi olisi ollut turhan kallista. Koska laitteen sijoitus- ja käyttöpaikka on sisätiloissa kuivissa ja lämpimissä olosuhteissa, sen pinta ei altistu luonnonvoimille. Myös tästä syystä tavallinen maalipinta oli hyvä valinta. Maalin väriksi valittiin yksinkertainen vaaleahko harmaa, jotta suojakehikon rakenteet ovat mahdollisimman huomaamattomat eivätkä ärsytä silmää ja häiritse havainnointia laitteen liikettä tutkittaessa. Sama periaate ja värimaailma ovat käytössä myös monilla teollisuuden laitteita toimittavilla yrityksillä. Pohjamaaliksi valikoitui Tikkurilan Rostex Super, hyvän maineensa ja helpon saatavuuden vuoksi. Pintamaaliksi valittiin Tikkurilan Miranol. (kuva 5)



Kuva 5, suojakehikko valmiina ja asennettuna, plekseissä suojamuovit paikallaan

6 HYDRAULIIKKA

6.1 Testipenkin hydrauliiikka

Testipenkin hydrauliiikan pääosat ovat ABB Motorsin valmistama sähkömoottori, Boschin hammaspyöräpumppu, ja niin ikään Boschin valmistama proportionaaliventtiili. Proportionaaliventtiili on portaaton hydrauliiikan säätöventtiili. Sen ohjaus perustuu venttiilille tulevan jännitteen suuruuteen. Mitä suurempi jännite on, sitä enemmän venttiili aukeaa. Tällä saavutetaan tarkka hydraulisen voiman hallinta, mikä ei tavallisella on-off -venttiilillä ole mahdollista. Moottori toimii tavallisella 230V AC valovirralla. Hydraulisyylinteri on suomalaisen Hydoringin 6020-sarjaa. Hydrauliiikka on varustettu 4/2-suuntaventtiilillä, joka on yhdistetty hätäpysäytyskytkimeen. Kun kytkintä painaa, solenoidi sulkeutuu, ja päästää hydraulinesteen suoraan paluukiertoon, jolloin sylinterin liike pysähtyy viiveettä.

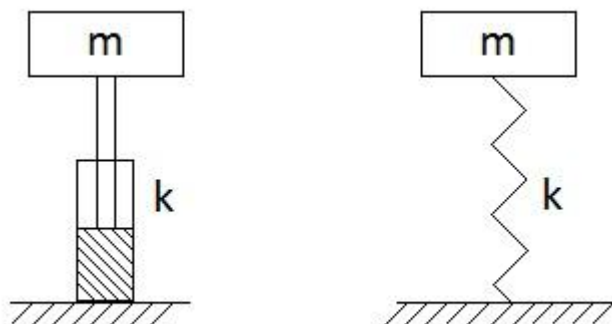


Kuva 3. Hydraulikoneikko

6.2 Hydraulisyylinterin värähtely

Testipenkkiä käytettäessä toimii sen hydraulikkapiiri jousena liikkuvalla massalla. Jousto syntyy letkujen, putkien ja sylinterin seinämien laajenemisesta, sekä hydraulinesteen kokoonpuristumisesta. Nesteet luokitellaan kokoonpuristumattomiksi, mutta käytännön tilanteissa niihin on usein liuenneena ilmaa, mikä aiheuttaa kokoonpuristumisen. Koska hydraulikkapiiri toimii jousena, johon on kiinnitetty massa, on olemassa riski että se alkaa värähtelemään. Värähtely on koneelle haitallista. Se ilmenee mm. lisääntyneinä jännityksinä, osien väsymisenä, ja sitä kautta käyttöiän lyhentymisenä. Laitteistolla on tiettyjä ominaistajuuksia, mikä tarkoittaa yksinkertaistetusti sellaisia taajuuksia, jolloin järjestelmällä on taipumus värähdellä. Tilanteessa, jossa laitteen tai toiminnan aiheuttama herätetaajuus on sama tai lähellä järjestelmän ominaistajuutta, voi syntyä resonanssia. Resonanssi on fyysikaalinen ilmiö, joka voimistaa värähtelyn erityisen suureksi, ja on siksi vaarallinen koneille ja laitteille.

/8 s. 119/



Systeemin ominaiskulmataajuus voidaan laskea kaavalla:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ominaistajuus lasketaan kaavalla:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Mikä on johdettu näitä kahta yhdistävästä kaavasta:

$$\omega = 2 \pi f$$

Jousena tässä tapauksessa toimii hydraulikkapiiri, joka koostuu useammasta sarjaan kytketystä jousesta. Nämä ovat hydraulisylinteri, -letkut, -putket, sekä hydraulineste. Koko hydraulikkapiirin yhdistetty jousivakio saadaan kaavasta:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{k_{\text{sylinteri}}} + \frac{1}{k_{\text{letkut}}} + \frac{1}{k_{\text{putket}}} + \frac{1}{k_{\text{neste}}}$$

7 TESTIPENKIN KÄYTTÖ

7.1 Mitä töitä penkillä tehdään

Testipenkkiä tullaan käyttämään pääosin liikkeen toteuttamiseen ja ohjaamiseen keskittyvissä laboratoriotöissä. Lisäksi sitä on tarkoitus käyttää konedynamiikan opetuksessa. Opiskelijoiden on tarkoitus tutustua penkin avulla hydraulijärjestelmän automaatioon ja säätötekniikkaan. TwinCAT-ohjelmisto sisältää Scope View -diagnostiikkaohjelman, joka seuraa kelkan liikettä. Sillä on helppo tutkia mittausarvoja ja vertailla käyriä liikkeen kiihtyvyyksistä ja hidastuvuuksista. Testipenkkiin kuuluu myös lisäpainoja, joita on kokeen kuluessa tarkoitus lisätä ja vähentää, ja näin saada erilaisia mittaustuloksia Scope View -ohjelmaan. Konedynamiikan opetuksessa testipenkkiä voidaan käyttää havaintovälineenä värähtelyyn ja resonanssiin liittyvissä harjoitustöissä.

7.2 Testipenkin käytön riskit

Testipenkin käyttöön liittyvät riskit pyrittiin minimoimaan turvarakenteilla. Näillä onnistuttiin poistamaan riski puristua liikkuvan levykelkan ja laitteen rungon väliin. Koska testipenkkiä ei ole tarkoitettu käyttämään prässinä osien kokoonpanoissa tai irrottamisissa, sen käyttöön ei liity riskiä että nämä pienet kappaleet sinkoutuisivat prässin välistä ulos. Tästä johtuen suojalasiä käyttäminen työn aikana ei ole välttämättöntä. Hydraulisiin laitteisiin liittyy tietysti aina myös letkurikon vaara. Testipenkissä hydrauliiikan voimansiirtoon on käytetty pääasiassa kovia putkia, mutta siinä on myös letkuja. Letkurikon sattuessa tulee koneikko sammuttaa välittömästi ja yrittää tukkia vuotoa esim. rätillä. Testipenkin hydraulioöljysäiliöön kuuluu oma vuoto-reunus, joka estää mahdollisen vuodon sattuessa nesteen pääsemisen leviämään. Tämän vuoksi ei ole tarpeen sijoittaa erillistä valuma-allasta koko testipenkin alle.

7.3 Muuta käytössä huomioitavaa

Vaikka testipenkki tulee olemaan kevyessä käytössä, sitä tulee myös huoltaa. Hydraulisynterinin kiinnityssilmissä on rasvanipat, jotka tulee aika ajoin rasvata. Hydraulioöljyn vaihtaminen välillä on perusteltua, mutta tässä käytössä vaihtoväli on hyvin pitkä. Hydrauliiikan valmistaja Bosch suosittelee hydrauliiikan öljynsuodattimen vaihtoa aina 30 käyttötunnin välein. Hydraulioikkaputket ja -letkut kuuluvat kohteisiin, jotka tulee tarkistaa ennen käyttöä murtumien ja vääntymien varalta. Testipenkin hydraulioikkaa ei tule pitää käynnissä turhaan, koska hydraulioeste kuumenee liikaa, ja kuormittaa koneikkoa.

8 YHTEENVETO

Oikein yksinkertaistetusti voidaan todeta, että projekti onnistui hyvin. Tavoitteena oli toteuttaa testipenkin käyttöönotto, ja huomioida siinä mahdollisimman monet näkökulmat. Turvallisuus oli mekaanisessa toteutuksessa tärkein yksittäinen lähtökohta, ja se toteutui mielestäni hyvin. Laitteen suojarakenteet täyttävät koneturvallisuusmääräyksien pykälät ja ovat tehty kestäviksi. Lisäksi valmistusprosessia mietittiin taloudellisesta näkökulmasta, ja toteutus oli kustannustehokas.

Testipenkki on valmiina käyttöön, joten päätavoite toteutui. Lisäksi projekti opetti tekijäänsä monipuolisesti konetekniikan eri osa-alueilla; koneturvallisuudessa, hydraulikassa, materiaalien valinnassa, metalliopissa ja valmistustekniikassa.

LÄHTEET

1. Beckhoffin www-sivu, www.beckhoff.com [16.5.2011]
2. Bosch-Rexrothin www-sivusto, www.boschrexroth.com [12.5.2011]
3. Hydoring Oy, Huolto- ja varaosakirja, työ nro 30985
4. Siirilä, Tapio: Koneturvallisuus, EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus, Inspecta Koulutus Oy 2008
5. Pahl Gerhard, Beitz Wolfgang: Koneensuunnitteluoppi, Metalliteollisuuden Kustannus Oy 1990 Suom. Uolevi Konttinen
6. Kuulonsuojausratkaisuja tarjoavan Orelon www-sivusto, www.orelo.fi/inde05-3.html
7. SFS-Standardit: SFS-EN ISO 13 857
8. Mäkinen, Reijo: Hydraulikka 2, Otava 1977

Liite 1: hydrauliiikan osaluettelo

| HYDORING | | | | OSALUETTELO PARTS LIST | | | Sivu 1 / 1 | |
|--|---------|--------------------------|------------------|---|-------------------------|-----------|--------------------------|-----------------|
| Pöytänumero 2 P.O. Box 100 KYRO FINLAND Tel. +358 2 702 700 Fax. +358 2 702 9592 | | | | Kaavio No: Diagram No: 3-21443 | | | Piirtäjä 20.10.1998 | Drawn by JMÄ |
| Nimeltä Name HYDRAULIKAAVIO HDK 50L | | | | Osaluettelo No: Parts list No: 3-21443 | | | Päiväys JMÄ | Date |
| Asiakas: Customer: ROBERT BOSCH OY | | | | Muutos Revision | | | File Name 3-21443.XLS | |
| Osa Pos | Kpl Qty | Nimike Name | Tuotenumero Code | Typpi Type | Valmistaja Manufacturer | Koko Size | | |
| 1 | 1 | SÄILIÖ | 3-18122-S | HYDORING | BOSCH | 50L | | |
| 2 | 1 | VUOTOREUNUS | 3-21445 | HYDORING | BOSCH | 50L | | |
| 3 | 1 | HAMMASPYÖRÄPUMPPU | 0 510 525 009 | BOSCH | BOSCH | 11CM | | |
| 4 | 1 | IMULAIPPA | 1 515 702 075 | BOSCH | BOSCH | D18 | | |
| 5 | 1 | PAINELAIPPA | 1 515 702 002 | BOSCH | BOSCH | D16 | | |
| 6 | 1 | KYTKIN | HE111 | HYDR-APP | HYDR-APP | | | |
| 7 | 1 | PUMPUNKANNATTIN | HLB17L | HYDR-APP | ABB | | | |
| 8 | 1 | SÄHKÖMOOTTORI | QY 4KW/V1 | HYDORING | BOSCH | NG6 | | |
| 9 | 1 | PERUSLEVY | 1021506 | HYDORING | BOSCH | NG6 | | |
| 10 | 1 | PAINEENRAJOITUSVENTTIILI | 0 811 109 132 | BOSCH | BOSCH | NG6 | | |
| 11 | 1 | 4/2-SUUNTAVENTTIILI | 0 810 091 253 | BOSCH | BOSCH | NG6 | | |
| 12 | 1 | PEITELEVY | 1011103 | HYDORING | BOSCH | NG6 | 24VDC | |
| 13 | 1 | PAINESUODATIN | 0 455 105 042 | BOSCH | BOSCH | | | |
| 14 | 1 | PALUUSUODATIN | 0 455 900 058 | BOSCH | BOSCH | | | |
| 15 | 1 | ILMANSUODATIN | 8040533 | STAUFF | STAUFF | | | |
| 16 | 1 | MITTALASI LÄMPÖMITTARI | 8010069 | STAUFF | STAUFF | | | |
| 17 | 1 | MITTARIVENTTIILI | FT290-14 | TOGNELLA | TOGNELLA | | | |
| 18 | 1 | PAINEMITTARI | 5001033 | KGf-200-63-160 BAR | HYDORING | | | |
| 19 | 1 | VASTAVENTTIILI | 8010995 | RHD16 | ERMETO | | | |
| 20 | 1 | ÄÄNIERISTYSKOTTELO | 3-21446 | HYDORING | HYDORING | 50L | | |
| 21 | 1 | LETKU | | HYTAR | HYTAR | 50L | | |
| 22 | 1 | LETKU | | HYTAR | HYTAR | 3/8" | L=3000mm | |
| 23 | 1 | LETKU | | HYTAR | HYTAR | 3/8" | L=3000mm | |
| 24 | 1 | HUOLTOLUUKKU | RD350 | RAJA | RAJA | | | |

Liite 2: hydraulikoneikko

