

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotantosuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Santeri Ravattinen

Kestomagneettien asennuskoneen konseptisuunnittelu

Opinnäytetyö 2016

Tiivistelmä

Santeri Ravattinen

Kestomagneettien asennuskoneen konseptisuunnittelu, 30 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja tuotesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2016

Ohjaajat: lehtori Simo Sinkko, Saimaan ammattikorkeakoulu, tuotekehitysjohtaja

TkT Ville Naumanen, Visedo Oy

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä konseptisuunnittelu koneesta, joka nopeuttaisi kestopagneettiroottorin kokoonpanoprosessia. Työn tarkoituksena ei ollut suunnitella valmista konetta vaan kehittää idea koneesta, joka suoriutuisi tehtävästä. Markkinoilta ei löytynyt valmista konetta tehtävään, mikä oli yksi syy opinnäytetyön aiheelle. Laitetta suunniteltiin kohdeyrityksenä toimineen Visedo Oy:n visioiden ja omien ideoideni pohjalta.

Työ sisälsi laitteen karkeaa ideointia, vaihtoehtojen kehittämistä ja lopullisen idean muuttamisen 3D-malliksi ja animaatioksi Solidworks-ohjelmistolla.

Asiasanat: Kestomagneetti, konseptisuunnittelu, animaatio

Abstract

Santeri Ravattinen

Conceptual design of permanent magnet assembly machine, 30 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology Lappeenranta

Degree Programme in Mechanical Engineering

Mechanical and Industrial Design

Bachelor's Thesis 2016

Instructors: Mr Simo Sinkko, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences,
Dr. Ville Naumanen, Director Engineering, Visedo Oy

The purpose of this bachelor thesis was to create a new machine for permanent magnet rotor assembly line. The purpose of the machine was to reduce the time needed for the assembly process. The goal was not to create the final product but generate an idea of a machine that could handle the job. There were no final products on the market for that particular job. The conceptual design was created based on Visedo's visions and own ideas.

The thesis included generating raw ideas, creating alternative concepts and making a 3D-model and animation from the final idea with Solidworks program.

Keywords: Permanent magnet, conceptual design, animation

Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Teoria.....	6
2.1	Kestomagneetit.....	6
2.1.1	Ominaisuudet.....	6
2.1.2	Magneettien vaikutus eri materiaaleihin.....	7
2.2	Toimilaitteet.....	7
2.2.1	Pneumatiikka.....	7
2.2.2	Askelmoottori.....	9
3	Suunnittelu.....	12
3.1	Vaatimukset.....	12
3.2	Suunnittelun vaiheet.....	13
3.2.1	Luonnostelu ja ideointi.....	13
3.2.2	Jatkokehittely.....	16
3.2.3	Mallin valinta.....	18
3.3	3D-mallinnus ja animointi.....	19
4	Valmis malli.....	20
4.1	Toimintaperiaate.....	20
4.2	Osat.....	22
5	Pohdinta.....	27
	Kuvat ja kuvat.....	29
	Lähteet.....	30

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tehdä sähkölaitteita valmistavalle Visedo Oy:lle konseptisuunnitelma laitteesta, joka nopeuttaa kestopagneettiroottorin kokoonpanoprosessia. Vuonna 2009 perustettu Visedo kehittää ja valmistaa sähköllä toimivia voimansiirron osia esimerkiksi työkoneisiin, linja-autoihin ja laivoihin. Suurin osa Visedon liikevaihdosta tulee kansainvälisiltä markkinoilta. Yhtiön pääkonttori ja kokoonpanolinja sijaitsevat Lappeenrannassa. (1; 2.)

Tällä hetkellä magneetit asennetaan roottoriin käsityökaluin, koska markkinoilta ei löydy valmiita laitteita käyttötarkoitukseen. Vastaavista laitteista löytyy todella heikosti kuva- tai videomateriaalia. Laitetta lähdetään suunnittelemaan omien ja Visedon ideoiden pohjalta.

Suunniteltavan laitteen täytyy olla edullinen ja riittävän nopea, jotta sillä saavutetaan tarvittava hyöty verrattuna nykyiseen toimintamalliin. Edullinen hinta saavutetaan suunnittelemalla laite mahdollisimman yksinkertaiseksi. Laitteen halutaan tekevän prosessin vaiheet automaattisesti, mutta käyttäjän vastuulla on roottoriahion, magneettien ja liiman lisääminen laitteeseen. Laitteen liikkeet halutaan toteuttaa pneumaattisesti, sähköllä tai molemmilla. Pneumatiikka on edullista, yksinkertaista ja sitä voidaan hyödyntää helposti yrityksen nykyisessä toimitilassa. Sähkökomponenteilla suoritettavat mekaaniset liikkeet ovat yrityksen omaa toimialaa.

Työ jakautuu teoria- ja suunnitteluosuuteen. Teoriaosuudessa kerrotaan kestopagneeteista, pneumaattisista toimilaitteista ja sähköisistä toimilaitteista. Suunnitteluosuudessa kerrotaan suunnittelun eri vaiheista ja esitellään laitteen kehittymistä. Lopuksi esitellään konseptisuunnittelun lopputulos ja pohditaan suunnitelman ja opinnäytetyön onnistumista.

2 Teoria

2.1 Kestomagneetit

2.1.1 Ominaisuudet

Magneeteilla on pohjoiskohtio eli N-kohtio ja eteläkohtio eli S-kohtio. Teoriassa magneetti, joka riippuu vapaasti, pyrkii kääntämään N-kohtion likimain maan pohjoisnavan suuntaan ja vastaavasti S-kohtion maan etelänavan suuntaan. Magneetti toimii siis kompassina. Magneetin kohtioita kutsutaan myös magneetin etelä- ja pohjoisnavoiksi. Kahden magneetin samannimiset kohtiot hylkivät toisiaan. Vastaavasti magneettien erinimiset kohtiot vetävät toisiaan puoleensa. Kohtiot eivät koskaan esiinny magneetissa yksin. Jos magneetti katkaistaan, syntyy kaksi uutta magneettia, joilla on sekä N-kohtio että S-kohtio. (3, s.121.)

Nykyään suurin osa magneeteista on keraamisia, koska ne valmistetaan pulverista puristamalla. Pulverit jaetaan neljään päätyyppiin, jotka ovat ferriitit, neodyymi-rauta-boori-seokset, samarium-koboltti-seokset ja alumiini-nikkeli-koboltti-seokset. Nykyään vain pieni osa magneeteista on metallisia eli valmistettu valamalla. Valamisessa käytetään pääosin alumiini-nikkeli-koboltti seoksia. (4.)

Magneettien ominaisuudet riippuvat pitkälti valmistustavasta ja materiaalista. Ominaisuudet voidaan karkeasti jakaa mekaanisiin ja magneettisiin sekä lämmön ja korroosion keston. Keraamiset magneetit pitävät magneettiset ominaisuudet metallisia paremmin, mutta ne ovat myös hauraampia. (4.)

2.1.2 Magneettien vaikutus eri materiaaleihin

Rauta on magnetoituvista aineista tunnetuin. Tästä syystä aineita, jotka vahvistavat ja vetävät puoleensa voimakkaasti ulkoista magneettikenttää kutsutaan ferromagneettisiksi. Myös koboltti ja nikkeli ovat ferromagneettisia aineita. Näiden lisäksi tunnetaan metalliseoksia ja yhdisteitä, jotka ovat ferromagneettisia. Kyseiset metalliseokset ja yhdisteet sisältävät yleensä rautaa, kobolttia tai nikkeliä. Ferromagneettiset aineet jäävät magneettisiksi, vaikka ulkoinen magneettikenttä poistettaisiin. Ferromagneettiset aineet muuttuvat paramagneettisiksi, kun niitä kuumennetaan tarpeeksi. Muutos tapahtuu aineiden niin kutsutussa curie-pisteessä, joka on raudalla 770 °C. (5, s.10.)

Alumiini, magnesium, natrium ja platina ovat paramagneettisia aineita. Paramagneettiset aineet vetävät hyvin heikosti ulkoista magneettikenttää puoleensa. Vesi, elohopea, kulta ja vismutti ovat diamagneettisia aineita. Diamagneettiset aineet puolestaan hylkivät heikosti ulkoista magneettikenttää. Voimat, jotka aiheutuvat paramagneettisten ja diamagneettisten aineiden vuorovaikutuksesta magneettikentän kanssa, ovat suuruudeltaan erittäin pieniä verrattuna voimiin jotka syntyvät ferromagneettisten aineiden ja magneettikentän vuorovaikutuksesta. (6.)

Aineita, jotka magnetoituvat hyvin pysyvästi, kutsutaan koviksi magneeteiksi. Aineita, joiden magnetointi on helppoa tai magnetoituminen häviää helposti, kutsutaan pehmeiksi magneeteiksi. (5, s.11.)

2.2 Toimilaitteet

2.2.1 Pneumatiikka

Paineilmaa käytetään teollisuudessa hyvin paljon ja erilaisia käyttökohteita on useita. Paineilman käyttö voidaan jakaa karkeasti kolmeen luokkaan: sylinteripneumatiikkaan eli suoraviivaisiin liikkeisiin, pyöriviin liikkeisiin ja itse paineilman suorittamiin töihin. (7.)

Paineilman rajoituksia ovat alhainen käyttöpaine, huono hyötysuhde ja välittäjäaineen eli ilman puristumisesta johtuva epätarkkuus. Paineilman hyviä

puolia ovat nopeat liikkeet rajalta rajalle, hygieenisuus ja mahdollisuus toimia palo- ja räjähdysvaaran omaavissa tiloissa. (7.)

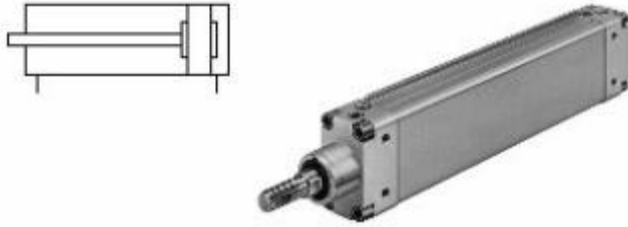
Paineilmasyylinteri on yleisin pneumaattinen toimilaite. Paineilmasyylinterillä saadaan aikaan suoraviivaista nopeaa liikettä. Paineilmasyylintereissä sylinterikammioon johdettu paineilma työntää mäntää ja näin männänvarsi liikkuu. Sylinterit jaetaan yksitoimisiin, kaksitoimisiin ja erikoissylintereihin. (7.)

Yksitoimisissa sylintereissä paineilma vaikuttaa vain yhteen sylinterikammioon, joka saa männän liikkumaan ulos. Tästä syystä yksitoimiset sylinterit soveltuvat kohteisiin, joissa tarvitaan vain yhdensuuntaista liikettä. Palautusliike hoidetaan palautusjousella tai käyttämällä ulkoista kuormaa, joka saa männän takaisin lähtöasentoon. Kuvassa 1 on esitetty yksitoimisen sylinterin rakenne. (7.)



Kuva 1. Yksitoiminen paineilmasylinteri (7)

Kaksitoimisissa sylintereissä paineilmalla suoritetaan liike molempiin suuntiin. Kaksitoimisissa sylintereissä on kaksi sylinterikammiota, pluskammio ja miinuskammio. Kun paineilmaa johdetaan pluskammioon, samalla paineilma poistuu miinuskammioista ja päinvastoin. Yleisesti kaksitoimisissa sylintereissä täytyy huomioida, että yhtä suurella paineella plusliike on voimakkaampi. Tämä johtuu siitä, että pluskammion puolella männällä on suurempi pinta-ala, koska kyseisellä puolella ei ole männänvarrtta. Kaksitoimisia sylintereitä tosin löytyy myös kaksipuolisella männänvarrella. (7.) Kuvassa 2 on esitetty kaksitoimisen sylinterin rakenne.



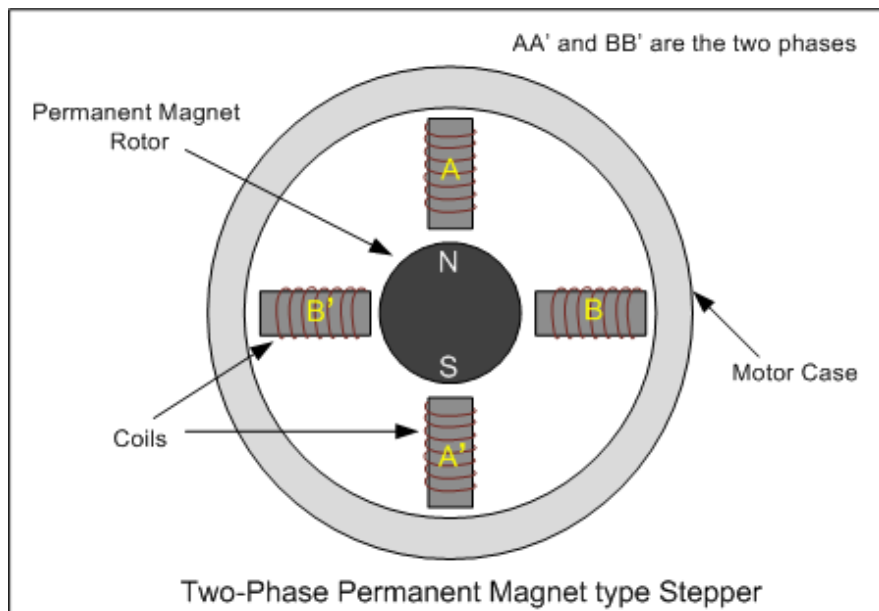
Kuva 2. Kaksitoiminen paineilmasylinteri (7)

2.2.2 Askelmoottori

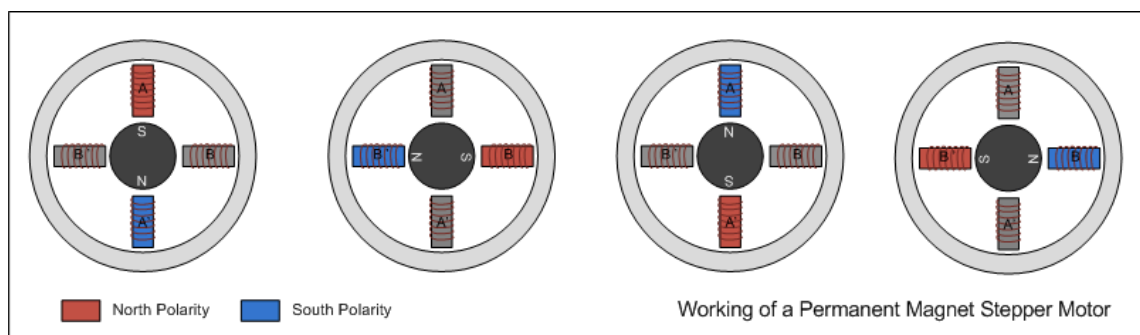
Askelmoottori on harjaton moottori, jonka pyörimisliike toteutetaan nimen mukaisesti askeleilla. Perinteiset sähkömoottorit pyörivät koko ajan, mutta askelmoottori pyörii ennalta määrätyn määrän askelia. Askelmoottorin pyörimisliikkeen kulma saadaan tietää tarkalleen liikkeeseen käytetyistä askeleista. Askelmoottorin tarkkuus riippuu askelten määrästä, joka voi olla 12, 24, 72, 144, 180 tai 200. Yhden askeleen kulma on 360° jaettuna askelten määrällä eli 200 askeleen moottorissa yhden askeleen kulma on $1,8^\circ$. Askelmoottoreita käytetään tarkkuutta vaativissa sovelluksissa. (8.)

Askelmoottorit jaetaan kolmeen ryhmään, jotka ovat kestopagneetti-, reluktanssi- ja hybridiaskelmoottorit (8).

Kuvassa 3 on esitetty kestopagneettiaskelmoottorin rakenne. Kestopagneettiaskelmoottori koostuu staattorista ja kestopagneetti roottorista. Staattorin käämeihin syötetty sähkövirta saa staattorin navoissa aikaan magneettikentän, joka kääntää kestopagneettista roottoria. Napoja magnetisoidaan vuorotellen, jolloin kestopagneettinen roottori saadaan pyörimisliikkeeseen. (8.) Kestopagneettiaskelmoottorin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 4.



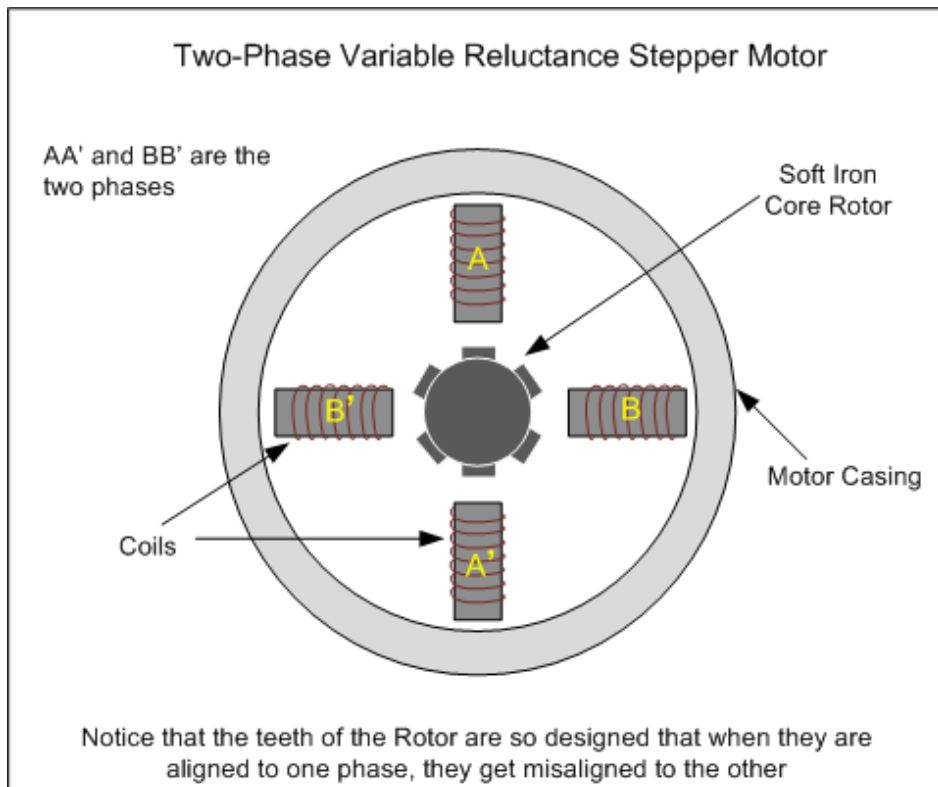
Kuva 3. Kestomagneettiaskelmoottorin rakenne (8)



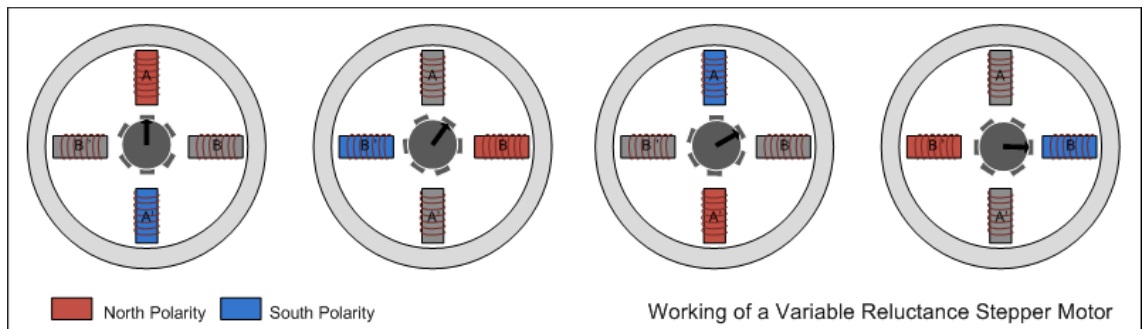
Kuva 4. Kestomagneettiaskelmoottorin toimintaperiaate (8)

Kuvassa 5 on esitetty reluktanssiaskelmoottorin rakenne. Reluktanssiaskelmoottori koostuu staattorista ja magneettisesti pehmeästä hammastetusta roottorista. Staattorin käämeihin syötetty sähkövirta saa staattorin navoissa aikaan magneettikentän. Vastakkaiset navat ovat magneettisesti erinapaisia ja niiden välille syntyvä magneettivuo kääntää hammastettua roottoria niin, että navan ja hampaan välillä on pienin mahdollinen rako. Roottorin hammastus on suunniteltu niin, että hampaiden ollessa aktiivisten napojen kohdalla roottorin muut hampaat eivät ole erivaiheisten napojen kohdalla. Napoja magnetisoidaan vuorotellen, jolloin kestopermanenttinen roottori saadaan pyörimisliikkeeseen. Reluktanssiaskelmoottorin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 6.

Hybridiaskelmoottori on kestopagneetti- ja reluktanssiaskelmoottorin yhdistelmä. (8.)



Kuva 5. Reluktanssiaskelmoottorin rakenne (8)



Kuva 6. Reluktanssiaskelmoottorin toimintaperiaate (8)

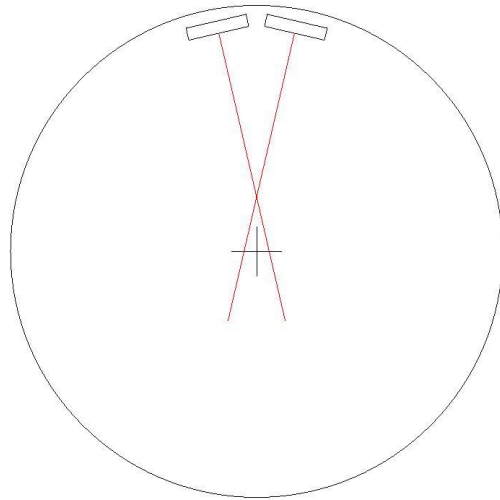
3 Suunnittelu

3.1 Vaatimukset

Suunnittelu aloitettiin tapaamisella Visedon kanssa. Tapaaminen pidettiin visedon Lappeenrannan toimipisteellä. Tapaamisessa käytiin läpi toiveet ja vaatimukset koskien suunniteltavaa laitetta ja suunnittelusta syntyvää dokumentaatiota.

Visedon antamia reunaehtoja suunniteltavalle koneelle olivat koneen yksinkertaisuus ja sitä kautta edullisuus ja prosessin huomattava nopeutuminen. Koneen halutaan tekevän prosessin vaiheet automaattisesti, mutta käyttäjän vastuulla on roottoriaihion, magneettien ja liiman lisääminen koneeseen. Koneen liikkeet halutaan toteuttaa pneumaattisesti, sähköllä tai molemmilla. Pneumatiikka on edullista, yksinkertaista ja sitä voidaan hyödyntää helposti yrityksen nykyisessä toimitilassa. Sähkökomponenteilla suoritettavat mekaaniset liikkeet ovat yrityksen omaa toimialaa. Nykyinen käsin suoritettava prosessi kestää roottorista riippuen noin 30 minuuttia. Koneen prosessin keston tavoiteajaksi asetettiin 5 minuuttia.

Visedolla on käytössään useita roottorimalleja, mutta tässä työssä laajuutta rajattiin valitsemalla yksi roottorimalli. Kone haluttiin suunnitella pienelle roottorimallille, koska pieni halkaisija asettaa enemmän haasteita koneen suunnittelulle. Valitussa roottorimallissa on kahden tyyppisiä reikiä. Reikien erilaisuus selittyy sillä, että ne eivät ole kohtisuorassa roottorin säteen suhteen. Reikien erilaisuutta on havainnollistettu kuvassa 7. Lisäksi magneetit voidaan asentaa niin, että joko magneetin N-napa tai S-napa osoittaa roottorin keskelle. 50 % Magneeteista asennetaan N-napa roottorin keskiötä kohti ja 50 % S-napa roottorin keskiötä kohti. Yhteen reikään asennettavien magneettien napaisuudet ovat samoin päin. Kaksi erilaista reikätyyppiä ja magneettien asennon vaihtelu luovat neljä erilaista vaihtoehtoa.



Kuva 7. Roottorin erilaiset reikätyypit

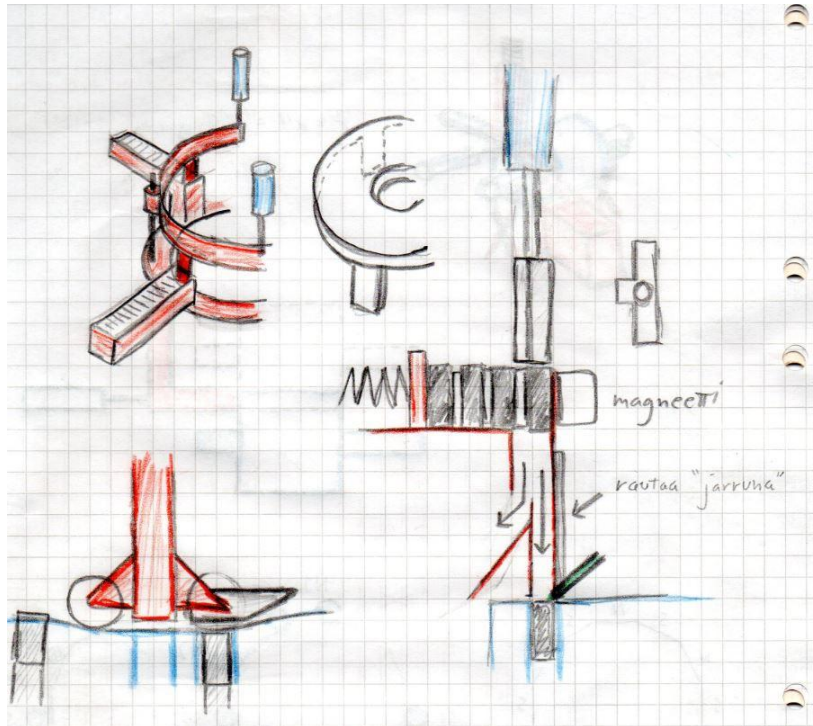
Visedo halusi, että koneesta tehdään 3D-malli ja animaatio, joista selviää koneen rakenne ja toimintaperiaate. Lisäksi vaatimuksena oli dokumentti, joka sisältää prosessikuvauksen ja koneen osien tarkemman esittelyn. Osien esittelyn täytyi sisältää osien ominaisuuksia, vaatimuksia ja suuntaa-antavia mittoja, jotka ovat koneen toiminnan kannalta ratkaisevia. Työn laajuuden rajaamiseksi osista ei tarvinnut tehdä tarkkoja mittapiirustuksia.

3.2 Suunnittelun vaiheet

3.2.1 Luonnostelu ja ideointi

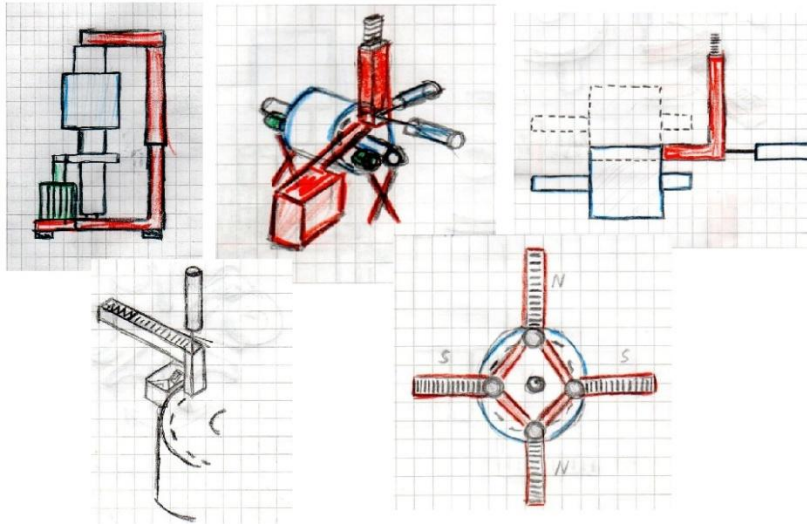
Ensimmäisenä lähdin etsimään ideoita ja esikuvia internetistä. Nopeasti huomasin, että vastaavista koneista löytyy todella heikosti kuva- tai videomateriaalia. Visedo oli aikaisemmin suunnitellut ja toteuttanut laitteen yksittäisen magneetin irrottamiseen magneettipinosta. Laite käytti magneetin irrottamiseen paineilmasylinteriä. Koin idean toimivaksi ja pystyin hyödyntämään sitä kokonaisuuden suunnittelussa. Mietin myös muita keinoja magneetin irrottamiseen, mutta nykyinen tapa tuntui toimivalta. Käytännössä lähdin suunnittelemaan muuta konetta tyhjältä pöydältä nykyisen irrotuskoneen ympärille.

Ensimmäiset ideat luonnostelin paperille. Kuvassa 8 on esitetty luonnoksia koneen osista. Tarkoituksena oli saada paperille mahdollisimman paljon erilaisia ideoita koneen yksittäisistä toiminnoista. Ideoinnin kohteita olivat roottorin kiinnittäminen koneeseen, magneettien napaisuuden varmistaminen, magneettien asentaminen roottoriin, roottorin pyörittäminen ja runkorakenteet.



Kuva 8. Skannattuja luonnoksia

Roottorin kiinnittämisestä koneeseen syntyi useita ideoita. Lähtökotaisesti laite voidaan toteuttaa niin, että roottori on joko pysty- tai vaaka-asennossa. Pystyasennossa roottori olisi luonnollista keskittää ja tukea akselistaan. Vaaka-asennossa roottori pitäisi asettaa akselistaan esimerkiksi rullille. Kuvassa 9 on esitetty papereilta skannattuja ideoita.



Kuva 9. Skannattuja kuvia ideoista

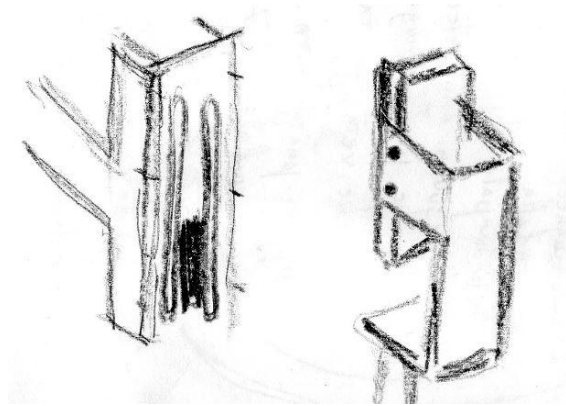
Hyvin aikaisessa vaiheessa syntyi idea useamman magneetin samanaikaisesta asentamisesta roottoriin. Tällä tavoin prosessinkesto saataisiin vähintään puolitettua. Useamman magneetin asentaminen samaan reikään yhdellä kerralla tuntui hankalalta, joten samanaikainen asentaminen useampaan reikään tuntui paremmalta idealta. Tällä tavoin voitaisiin molemmille reikätyypeille tehdä oma toimilaitteensa.

Magneetti pitää saada roottoriin oikein päin eli magneetin napaisuus pitää selvittää prosessin aikana ja magneettia pitää mahdollisesti kääntää. Jo aikaisemmin syntynyt idea kahdesta toimilaitteesta laajeni neljään toimilaitteeseen. Molemmille reikätyypeille olisi kaksi omaa toimilaitetta, joista toinen asentaisi magneetteja N-napa roottorin keskiötä kohti ja toinen asentaisi S-napa roottorin keskiötä kohti. Magneettien kääntäminen olisi siis käyttäjän vastuulla.

Roottorin pyörittäminen askelmoottorilla tuntui luonnolliselta vaihtoehdolta, koska kääntöjen pitäisi olla tarkkoja. Voiman välittäminen moottorilta roottorille voitaisiin toteuttaa eritavoin riippuen roottorin tuennasta. Roottorin tuentaa pyörittämällä itse roottori pyörisi myös. Yksi vaihtoehto olisi välittää liike askelmoottorilta pyörivällä rullalla suoraan roottorin ulkopinnalle.

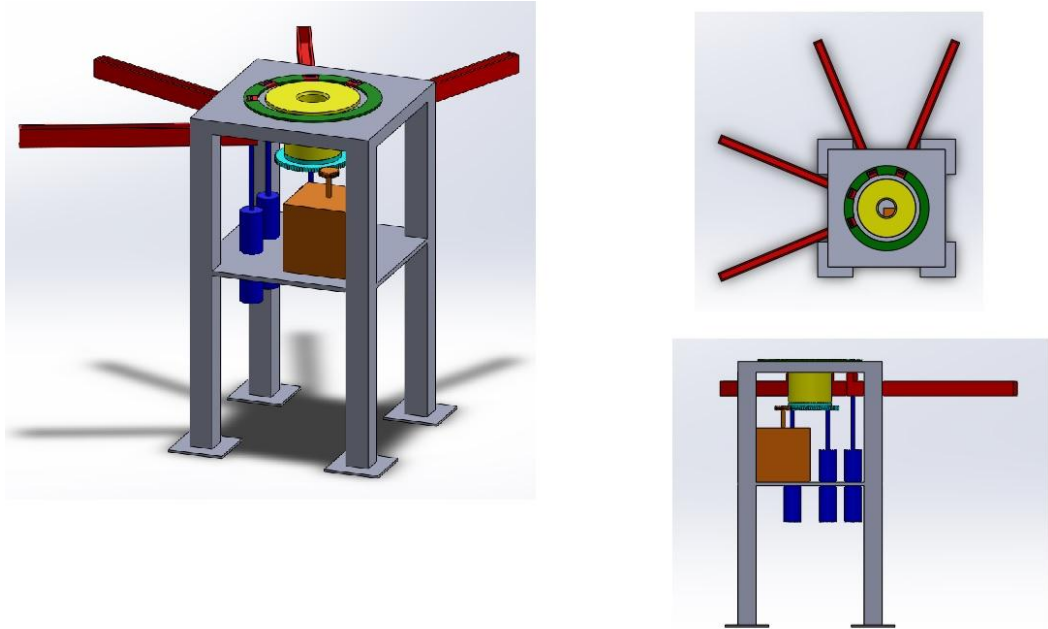
3.2.2 Jatkokehittely

Toisessa tapaamisessa analysoimme syntyneitä ideoita, kehitimme niitä yhdessä ja valitsimme parhaimpia jatkokehittelyyn. Kuvassa 10 on esitetty tapaamisessa yhdessä tehtyjä hahmotelmia iskurin mahdollisesta mallista. Visedolla oli omia ideoita koneesta ja pyrin hyödyntämään näitä ideoita suunnitelmissani. Päätimme, että teen kaksi erilaista karkeaa mallia ideoiden pohjalta. Ensimmäinen malli rakentui pitkälti omien ideoideni pohjalta ja toisessa mallissa hyödynsin Visedon ideoita.



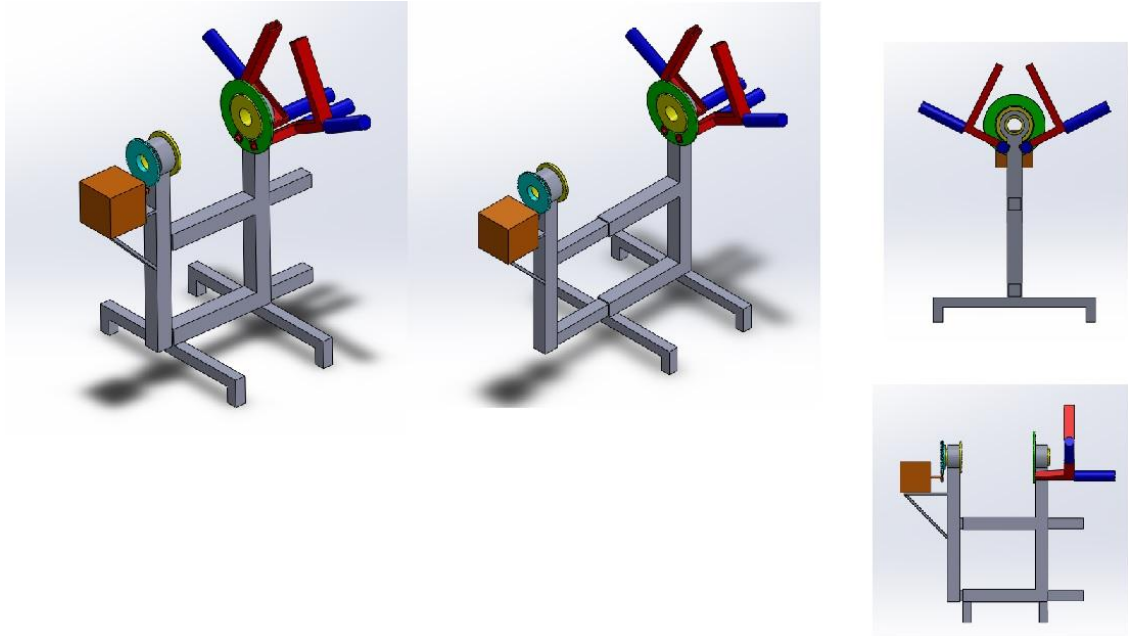
Kuva 10. Tapaamisessa tehtyjä hahmotelmia

Ensimmäisessä mallissa roottoriaihio asetetaan koneeseen pystyasennossa. Roottori lepää akselistaan keskitettynä istukan päällä. Pystyasennossa roottoria ei tarvitse tukea yläpuolelta, koska roottorin oma massa pitää sen paikallaan. Roottoria pyöritetään askelmoottorilla siten, että askelmoottorissa on pieni hammaspyörä ja istukan alapinnassa on iso hammaspyörä. Tällä tavalla välityssuhde on sopiva pienelle askelmoottorille. Magneetteja syötetään roottoriaihioon samanaikaisesti neljällä toimilaitteella ja jokaisella toimilaitteella on oma lippaansa, johon magneetteja laitetaan. Magneettien napaisuus varmistetaan jo käyttäjän laittaessa magneetteja lippaaseen. Kaikki tarvittavat laitteet saadaan sijoiteltua kätevästi pöytämalliseen runkoon. Kuvassa 11 on esitetty tekemäni karkea 3D-malli pystymallisesta koneesta.



Kuva 11. Pystymalli

Toisessa mallissa roottoriaihio asetetaan koneeseen vaakatasossa. Vaakatasossa roottori pitää tukea molemmista päistä. Roottori täytyy puristaa tuentojen väliin tiukasti, koska roottoria pyöritetään askelmoottorilla samalla tavalla kuin pystymallissa. Puristamisella varmistetaan voiman välittyminen kitkan avulla istukasta roottoriin. Magneetteja syötetään roottoriaihioon samanaikaisesti kahdella toimilaitteella ja molemmilla toimilaitteilla on oma lippaansa. Roottoriaihiossa on geometrialtaan kahta erilaista reikää ja molemmille reikätyypille on oma toimilaitteensa. Tässä mallissa magneetteja joudutaan kääntämään prosessin aikana, jotta magneetti saadaan oikein päin roottoriin. Kääntäminen tapahtuu kaukalon alle sijoitetulla sähkömagneetilla sen jälkeen, kun magneetti on irroitettu magneettipinosta. Rungosta täytyy tehdä säädettävä, koska roottori täytyy saada tuentojen väliin tiukasti. Kuvassa 12 on esitetty tekemäni karkea 3D-malli vaakamallisesta koneesta.



Kuva 12. Vaakamalli

3.2.3 Mallin valinta

Kolmannessa tapaamisessa vertailimme kahta kehiteltyä mallia. Olin tehnyt vaihtoehtoista karkeat 3D-mallit, prosessikaaviot ja suuntaa-antavat laskelmat prosessinkestoista. Vertailun lopputuloksena päädyimme ensimmäiseen vaihtoehtoon eli pystymalliin.

Kyseisen mallin etuja olivat roottorin asento ja prosessinkesto. Pystymallissa roottori olisi istukassa ollessaan samassa asennossa kuin nostettaessa siltanosturilla. Vaakamallissa roottorin asettaminen koneeseen olisi huomattavasti hankalampaa ja roottorin asentoa täytyisi vaihtaa ennen koneeseen nostoa. Prosessinkesto olisi pystymallissa puolet lyhyempi kuin vaakamallissa, koska magneetteja asennettaisiin roottoriin neljällä toimilaitteella kahden sijaan. Vaakamalli tarvitsisi myös kaksi kertaa enemmän roottorin kääntöjä.

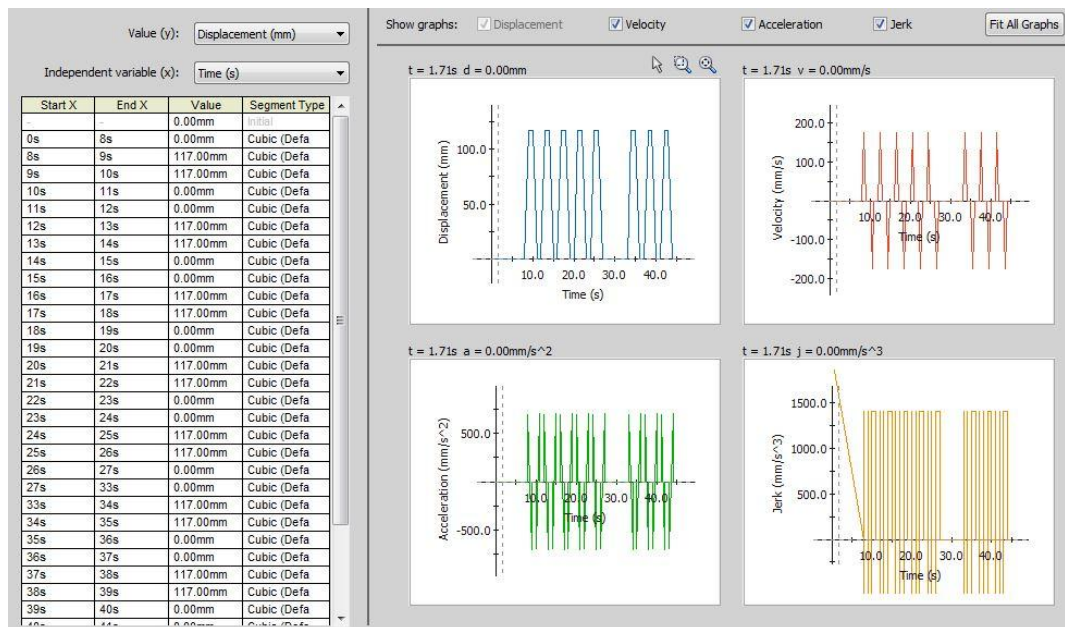
3.3 3D-mallinnus ja animointi

Koneen tyypin päättämisen jälkeen aloitin yksityiskohtaisen 3D-mallin tekemisen. Työkaluksi valitsin SolidWorks-ohjelmiston, koska Saimaan ammattikorkeakoulu käyttää opetuksessa SolidWorksia ja pystyn tekemään sillä sekä 3D-mallin että animaation.

3D-mallin tekeminen alkoi yksittäisten osien mallintamisella. Yksittäisiä osia mallintaessa täytyi pitää koneen kokonaiskuva mielessä, jotta loppukokoonpanossa osat sopivat toisiinsa. Osien suunnittelussa täytyi ottaa huomioon mahdollisuus osien valmistettavuuteen, vaikka tarkkoja mittakuvia ei tässä työssä tehdä.

Animaatiota varten 3D-mallin rakentamisessa täytyi ottaa huomioon osien liikkeet. Pääkokoonpano sisältää alikokoonpanoja, jotka rakentuvat yksittäisistä osista. Alikokoonpanoja tehdessä paikoillaan pysyvät osat täytyi liittää toisiinsa kiinteästi ja liikkuville osille täytyi muodostaa liikeradat.

Toimivasta 3D-mallista oli helppo tehdä animaatio. Malliin asennettiin lineaari- ja rotaatiomootoreita haluttujen liikkeiden aikaansaamiseksi. Jokaiselle moottorille täytyi tehdä kartta liikkeiden kestoista, rajoista ja ajankohdista. Kuvassa 13 on esitetty kuvankaappaus Solidworks-ohjelmiston komentoikkunasta, jossa kartat rakennettiin. Animaatiossa näytetään koneen prosessi kokonaisuudessaan.



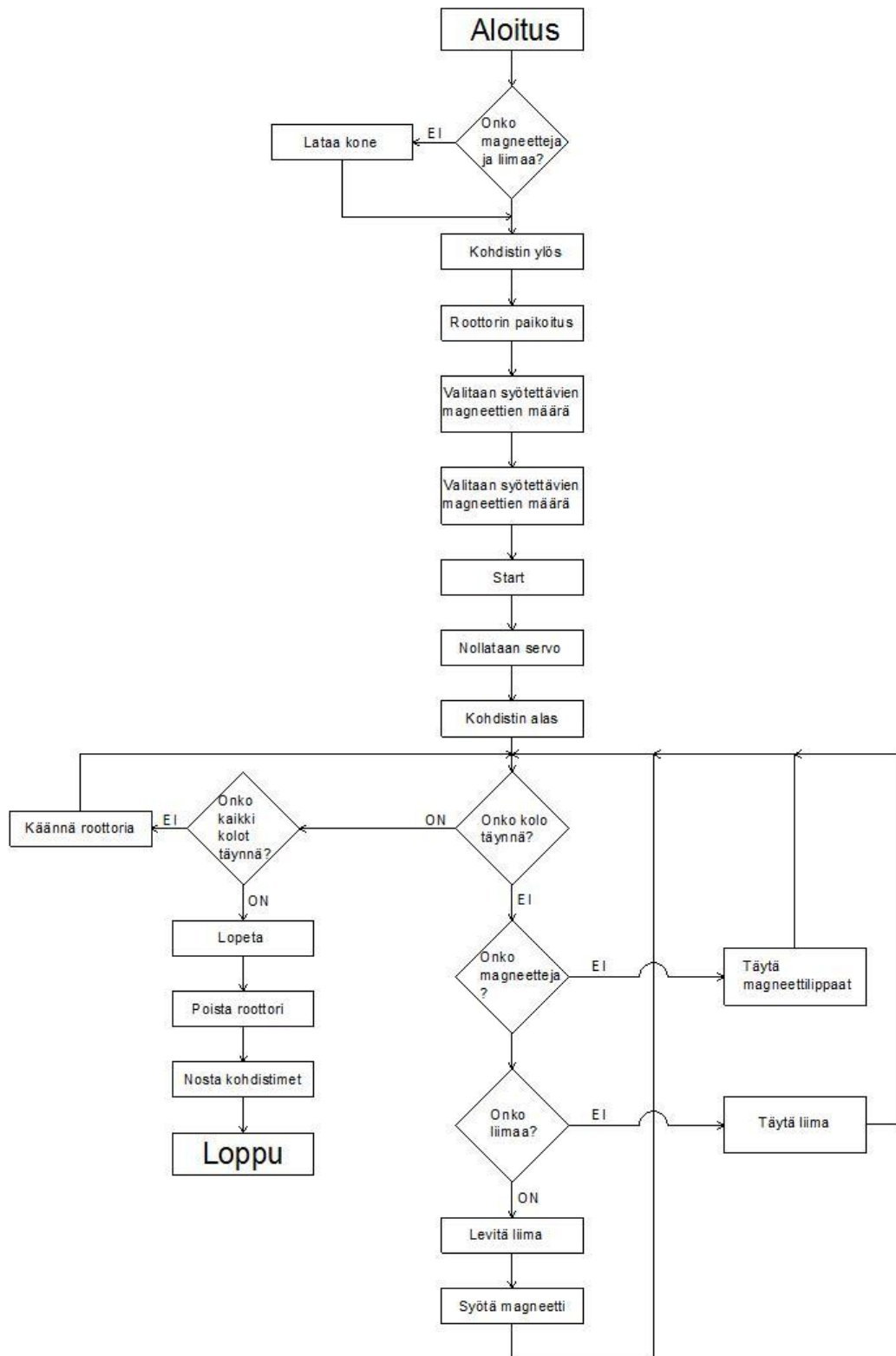
Kuva 13. Kuvankaappaus Solidwork-ohjelmasta

Tein Visedoa varten animaatiosta vielä erillisen videon, johon on lisätty tekstiä havainnollistamaan koneen toimintaa. Videossa prosessi käydään vain osittain läpi, koska se toistaa itseään.

4 Valmis malli

4.1 Toimintaperiaate

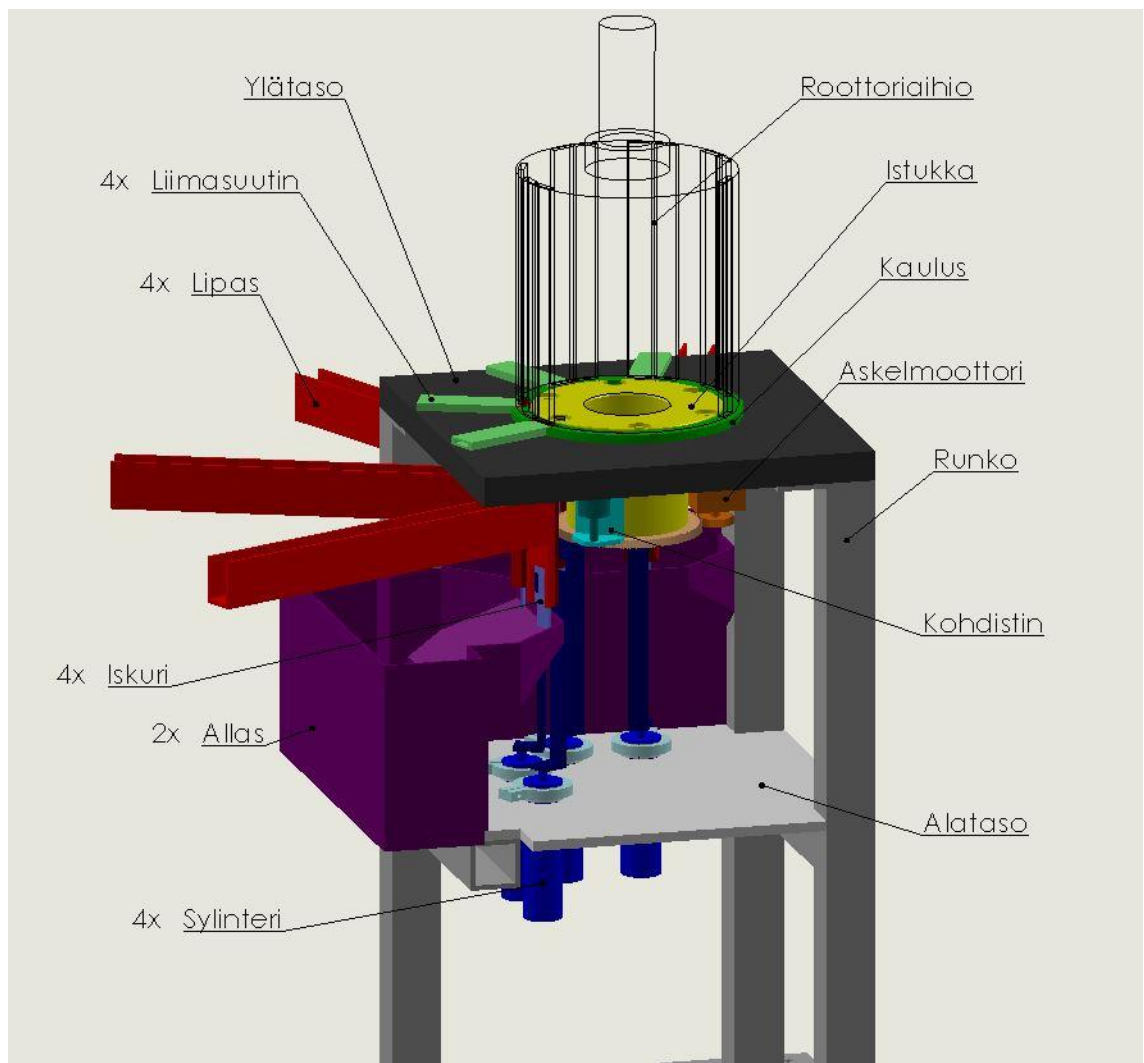
Kuviossa 1 on esitetty laitteen prosessikaavio. Käyttäjän vastuulla on roottoriahion, magneettien ja liiman laittaminen koneeseen. Roottori kohdistetaan kolojen avulla, jotta tarkka asematieto saadaan kerrottua koneelle. Käynnistyksen jälkeen kone hoitaa itsenäisesti magneettien asennuksen roottoriin ja roottorin asennon vaihdot. Kone käyttää magneettien asennukseen paineilmasylintereitä ja roottorin pyörittämiseen askelmoottoria. Käyttäjän vastuulla on koneen vahtiminen ja tarvittaessa magneettien ja liiman täydentäminen.



Kuvio 1. Prosessikaavio (9)

4.2 Osat

Kokonaisuus kasautuu pöytämällisen rungon ympärille. Kuvassa 14 on esitetty koneen osat. Runko on hyvin yksinkertainen. Se koostuu neljästä pystyputkesta, neljästä vaakaputkesta ja kiinnityslapuista. Rungon leveys on 400 mm molempiin suuntiin ja korkeus on noin 800 mm, jotta työskentelykorkeus saadaan sopivaksi. Runkoputket ovat profiililtaan RHS-putkipalkkia. Materiaalille ei ole erityisiä vaatimuksia, koska itse runko ei ole kosketuksissa magneetteihin. Materiaaliksi käy alumiini tai teräs. Teräs on halpa vaihtoehto ja alumiinin etuna on keveys. Runkoon kiinnittyy kaksi tasoa, joihin vastaavasti kiinnittyvät muut komponentit. Rungon täytyy olla tukeva, koska kokonaisuus on hyvin kapea eikä kone saa heilua. Tukevuutta lisätään kiinnittämällä runko lattiaan.



Kuva 14. Koneen osat

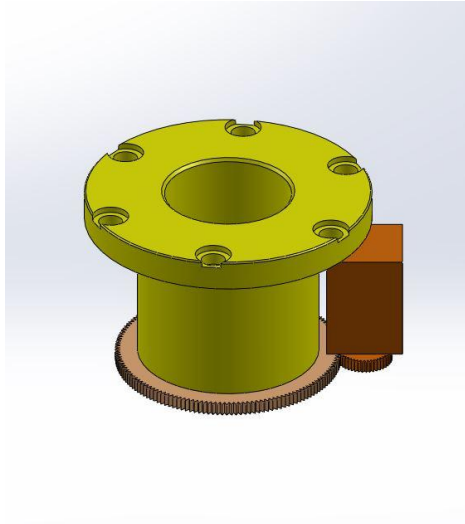
Ylätason täytyy olla tukeva, koska istukka, suulakkeet, liimasuuttimet, kohdistimen solenoidi ja askelmoottori kiinnittyvät siihen. Istukkaa varten ylätasossa on syvennys ja reikä. Ylätaso on paksu istukan laakeroinnin takia. Tasossa on neljä reikää suulakkeita varten. Reijistä kaksi on samanlaisia ja kaksi näiden peilikuvia. Reikien erilaisuus selittyy sillä, että roottorin kolot eivät ole kohtisuorassa roottorin säteen suhteen. Erilaisten suulakereikien väli on noin 45° ja samanlaisten reikien väli on tasan 90° . Tasossa on myös reiät asennon paikanninta varten. Kulmat määräytyvät roottorin geometrian mukaisesti. Ylätason materiaali on austeniittinen ruostumaton teräs tai alumiini, koska taso ei saa vaikuttaa magneettien kulkuun.

Alatasossa on reiät ja kaulukset paineilmasylintereiden kiinnittämistä varten. Kahdelle sivulle tulevat altaat kiinnittyvät runkoon ja lepäävät osittain alatasolla. Alatasen materiaali on teräs tai alumiini.

Altaan tehtävänä on kerätä suulakkeista tippuvat muoviset välikappaleet. Altaan materiaalille ei ole erityisvaatimuksia.

Roottori asetetaan koneeseen istukan päälle. Istukka välittää moottorin tuottaman liikkeen hammaspyörien avulla roottorille. Istukan yläosassa on syvennykset roottorin pinnapulteille, muttereille ja prikoille, koska ne ulkonevat roottorin pinnasta. Istukan syvennyksiin painuneet pinnapultit varmistavat samalla roottorin paikallaan pysymisen istukassa prosessin aikana. Roottori keskittyy istukkaan akselinsa avulla, joten tiukka sovitus ja tukevuus on tärkeää. Istukan alapintaan kiinnitetään iso hammaspyörä, joka on kosketuksissa askelmoottorin pienemmän hammaspyörän kanssa. Istukka kiinnittyy laakerin välityksellä ylätasoon. Istukan materiaali on alumiini, jotta pyörivät massat saadaan mahdollisimman pieniksi.

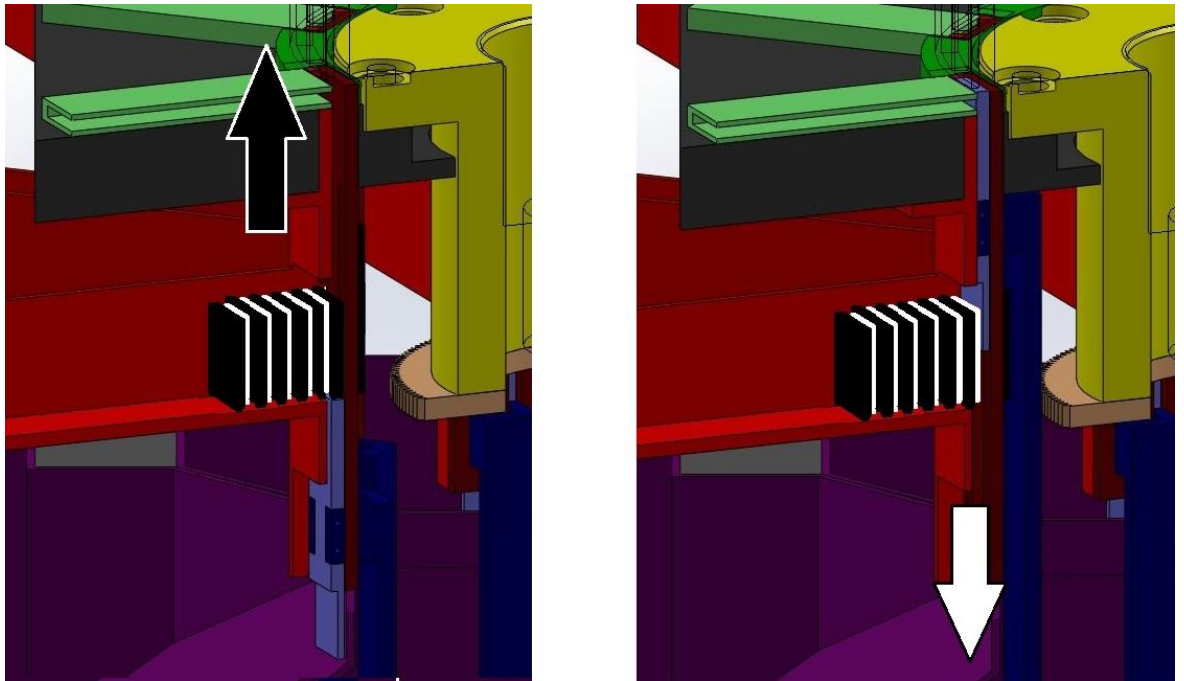
Istukkaan kiinnittyy iso hammaspyörä ja moottoriin pieni hammaspyörä. Tällaisella välityksellä istukan pyörimisen tarkkuutta saadaan parannettua ja moottorilta ei vaadita suurta tehoa. Moottoriksi sopii pienehkö askelmoottori kokonsa, tehonsa ja tarkkuutensa puolesta. Moottori kiinnittyy ylätason alapintaan. Kuvassa 15 on esitetty 3D-mallit istukasta, hammaspyörästä ja askelmoottorista.



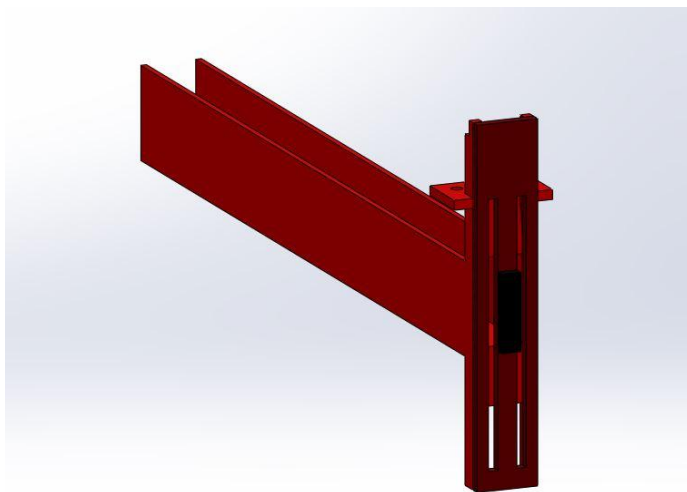
Kuva 15. Istukka, hammaspyörät ja askelmoottori

Suulakkeen tehtävä on hallita irrotetun magneetin kulkua ja ohjata magneetti roottorin reikään oikeassa asennossa. Suulake on auki myös toiseen suuntaan, jotta lähtöasentoon palaava iskuri poistaa muovisen välikappaleen alapuolella sijaitseviin altaisiin. Kuvassa 16 on esitetty magneettien ja muovisten välikappaleiden liike suulakkeessa. Mustalla kuvatut magneetit kulkevat mustan nuolen suuntaisesti ylöspäin, ja valkoisella kuvatut välikappaleet kulkevat valkoisen nuolen suuntaisesti alaspäin. Suulakkeen takakannessa on kaksi pystysuuntaista pitkää reikää iskurin vartta varten. Varren hakaset menevät rei'istä läpi ja iskurin kieli kiinnittyy hakasiin suulakkeen sisälle. Reikien välissä suulakkeen takakannen ulkopuolella on varmistinmagneetti, jonka tehtävä on vetää puoleensa oikealla napaisuudella varustettuja magneetteja ja hylkiä väärää napaisuutta. Varmistinmagneetti toimii samalla magneettipinon liikuttajana. Suulakkeen lippaan puoleinen yläreuna on auki liimasuutinta varten. Suulakkeeseen kiinnittyy lipas, jonka tehtävä on kuljettaa magneetteja suulakkeelle. Lippaan leveyden täytyy olla hieman magneetin leveyttä suurempi, koska magneetit eivät ole pinoissaan täysin suorassa. Suulakkeen ja lippaan materiaali on austeniittinen ruostumaton teräs, koska ne eivät saa vaikuttaa magneettien kulkuun ja niiden on kestettävä kulutusta. Suulakkeen takakansi on terästä, jotta se vahvistaa varmistinmagneetin toimintaa ja auttaa

hallitsemaan magneettien pystysuuntaista liikettä. Kuvassa 17 on esitetty suulakkeen ja lipaan osakokoonpanon 3D-malli.



Kuva 16. Magneettien ja välikappaleiden liike

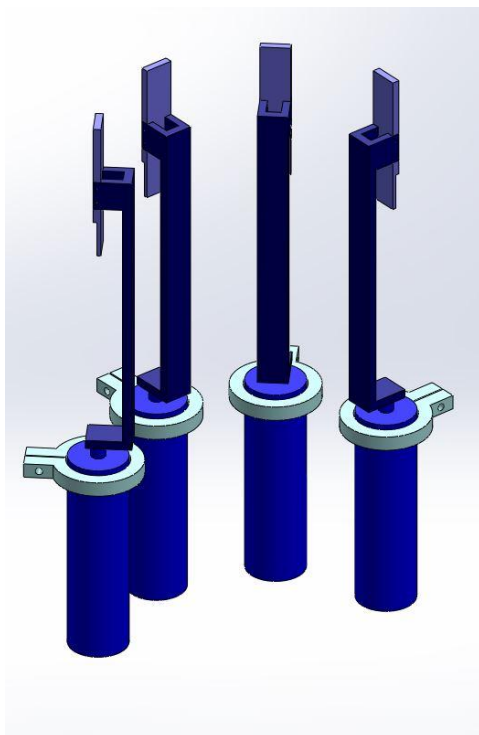


Kuva 17. Lipas ja suulake

Iskuri koostuu kielestä ja varresta. Kieli kiinnittyy varren hakasiin. Kyseisen muotoisella varrella sylinteri sijaitsee kielen kanssa samalla linjalla ja iskuri toimii kahteen suuntaan. Ylös mennessään kieli vie magneetin mukanaan ja

alas tullessaan poistaa muovisen välikappaleen. Kielen täytyy olla pitkä, jotta se yletty roottorin pinnalle paksun ylätasos läpi. Yläasennossa kielen täytyy ylettyä myös lippaan puolelle, jotta se estää magneettipinoa painumasta takaseinään. Iskurin sekä kielen materiaali on austeniittinen ruostumaton teräs, koska ne eivät saa magnetisoitua.

Sylintereitä on yhteensä neljä kappaletta eli yksi jokaiselle suulakkeelle. Sylinterin iskunpituus on noin 120 mm. Iskurin varsi kiinnittyy sylinterin varteen ja sylinteri kiinnittyy rungostaan alatasoon. Kuvassa 18 on esitetty paineilmasylinterien ja iskureiden osakokoonpanon 3D-malli.

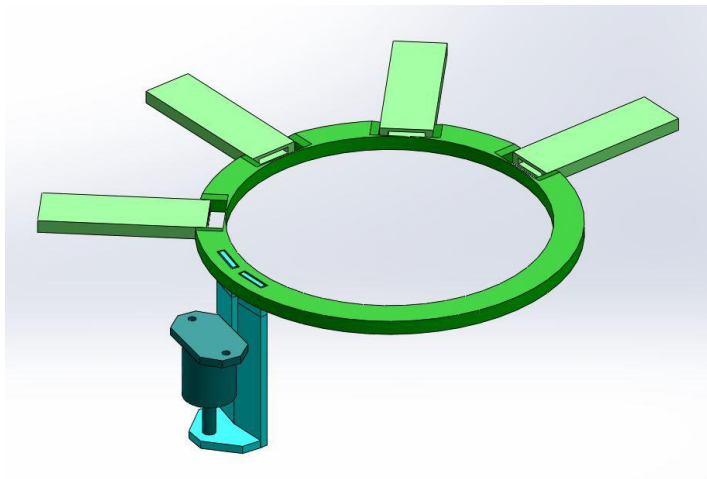


Kuva 18. Paineilmasylinterit ja iskurit

Kohdistin koostuu solenoidista ja kielekkeistä. Kaksi kiilamaista kielekettä tuo toimintavarmuutta, koska niillä estetään tilanne ettei yksinäinen kieleke mene vahingossakaan väärään reikään, vaan kielekepari osuu aina reikäpariin. Kielekkeitä liikutetaan solenoidilla. Solenoidin vetäessä kielekkeet nousevat ylös. Solenoidi kiinnittyy ylätasos alapintaan ja kielekkeet kiinnittyvät solenoidin mäntään.

Ylätason päällä ja istukan ympärillä on kaulus, jonka tehtävänä on magneettien ulostyöntyminen reikien täyttämisen jälkeen. Suulakkeiden kohdalla kauluksessa on loivat viisteet, jotta ulos työntyneet magneetit painuvat sisään istukan pyörähtäessä. Kauluksen materiaali on muovi.

Liimasuuttimet kiinnittyvät ylätason pinnalle ja ne sijoittuvat suulakkeiden suuaukoille. Liimasuuttimen pää on leveä ja matala, jotta se pystyy kerralla annostelevaan oikean liimamäärän suulakkeen suuaukolle magneettia varten. Liimasuuttimet ovat helposti irroitettavissa huollon helpottamiseksi. Kuvassa 19 on esitetty kohdistimen, kauluksen ja liimasuuttimien 3D-mallit.



Kuva 19. Kohdistin, kaulus ja liimasuuttimet

5 Pohdinta

Työn tarkoituksena oli tehdä konseptisuunnitelma kestmagneettien asennuskoneesta Visedo Oy:lle. Aihe oli mielenkiintoinen ja sain mahdollisuuden ideoida jotain uutta. Samalla työ oli haasteellinen ja loi paineita, koska esimerkkejä koneesta ei löytynyt. Tarkoituksena oli luoda idea laitteesta ja mielestäni onnistuin siinä hyvin. Konseptisuunnittelun tuloksena syntynyt kone on järkevä, kompakti ja suhteellisen yksinkertainen. Kone toimii paineilmalla ja askelmoottorilla, jotka ovat yksinkertaisia ja halpoja toimilaitteita.

Kaikki koneen osat istuvat hyvin pöytämällisen rungon ympärille, mikä antaa kuvan toimivasta kokonaisuudesta.

Koska työssä ei suunniteltu täysin valmista laitetta, jäi ilmaan muutamia kysymysmerkkejä. Yksi kysymyksistä on magneettien käyttäytyminen prosessin aikana. Magneetit irroitetaan nopealiikkeisellä paineilmasylinterillä, mutta samalla magneettien liikkeen täytyy olla hallittua. Toinen kysymyksistä on liiman käyttäytyminen kyseisessä asennossa. Roottori on ylösalaisin ja liiman täytyy kulkea magneetin mukana ylöspäin. Kolmas minua arveluttava asia on askelmoottorin toimintavarmuus kyseisessä järjestelmässä. Jos yksikin askel hyppää yli, eivät magneetit mene reikiin. Kyseiset asiat ovat yksityiskohtia, jotka voidaan ratkaista lisäsuunnittelulla.

Aikataulus oli suurin ongelmani opinnäytetyön teossa. Vaativan aikataulun vuoksi keskityin ensin tuottamaan Visedolle tarvittavan materiaalin, jonka sain tehtyä lähes aikataulussa. Opinnäytetyön varsinaisen kirjallisen osuuden tekeminen venyi todella paljon. Kirjallisen osuuden viimeistelyvaiheessa Visedo oli jo lähtenyt kilpailuttamaan konetta tekemieni suunnitelmien perusteella. Tekemäni video ja dokumentti olivat olleet suureksi avuksi.

Kuvat ja kuvat

- Kuva 1. Yksitoiminen paineilmasylinteri, s.8
 - Kuva 2. Kaksitoiminen paineilmasylinteri, s.9
 - Kuva 3. Kestomagneetiaskelmoottorin rakenne, s.10
 - Kuva 4. Kestomagneetiaskelmoottorin toimintaperiaate, s.10
 - Kuva 5. Reluktanssiaskelmoottorin rakenne, s.11
 - Kuva 6. Reluktanssiaskelmoottorin toimintaperiaate, s.11
 - Kuva 7. Roottorin erilaiset reikätyypit, s.13
 - Kuva 8. Skannattuja luonnoksia, s.14
 - Kuva 9. Skannattuja kuvia ideoista, s.15
 - Kuva 10. Tapaamisessa tehtyjä hahmotelmia, s.16
 - Kuva 11. Pystymalli, s.17
 - Kuva 12. Vaakamalli, s.18
 - Kuva 13. Kuvankaappaus Solidwork ohjelmasta, s.20
 - Kuva 14. Koneen osat, s.22
 - Kuva 15. Istukka, hammasratas ja askelmoottori, s.24
 - Kuva 16. Magneettien ja välikappaleiden liike, s.25
 - Kuva 17. Lipas ja suulake, s.25
 - Kuva 18. Paineilmasylinterit ja iskurit, s.26
 - Kuva 19. Kohdistin, kaulus ja liimasuuttimet, s.27
-
- Kuvio 1. Prosessikaavio, s.21

Lähteet

1. Yritysten kasvutarinoita. Visedo.
https://www.tem.fi/innovaatiot/innovaatiopolitiikka/tutkimuksen_hyodyntaminen/utkimuslahtoisien_yritysten_kasvutarinoita?118293_m=118295 Luettu 24.1.2016
2. Visedo Oy
www.visedo.com Luettu 24.1.2016
3. Suvanto K. & Laajalehto K. 2005. Tekniikan Fysiikka 2. Helsinki Edita publishing Oy.
4. Kestomagneetit. Tietoa kestopneumateista ja niiden valmistuksesta.
<http://www.i-magnetoy.com/magneettitieto/> Luettu 30.8.2015
5. Lavonen J. & Kurki-Suonio K & Hakulinen H. 1996. Galilei 7 Sähkömagnetismi. Porvoo WSOY
6. Ferromagneettiset materiaalit
<http://www.prizz.fi/sites/default/files/tiedostot/linkki2ID184.pdf> Luettu 30.8.2015
7. Mekatroniikan peruskurssi. Pneumatiikka.
<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0001/lisatty/pneumatiikka.pdf>.
Luettu 1.11.2015
8. Askelmoottori. Erilaiset askelmoottorityypit.
<http://www.engineersgarage.com/articles/stepper-motors> Luettu 30.8.2015
9. Naumanen, V. 2015. Tuotekehitysjohdaja. Visedo Oy. Haastattelu 7.10.2015