

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

Koneautomaatio

2022

Markus Teijula

Kiristekäärintäkoneen automaatiokomponenttien asemointi mekaniikkarakenteissa

– Modulaarinen pohjamalli

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka | Koneautomaatio

2022 | 32 sivua

Markus Teijula

Kiristekäärintäkoneen automaatiokomponenttien asemointi mekaniikkarakenteissa

- Modulaarinen pohjamalli

Opinnäytetyön aiheena oli automaattisen kiristekäärintäkoneen komponenttien paikkojen vakiointi suunnittelussa. Työn toimeksiantajana toimi Octomeca Oy. Työn tavoitteena oli tutkia Octomecan koneiden suunnittelua ja valmistusta sekä luoda uusi pohjamalli suunnittelun tehostamiseksi. Tarkoituksena oli hyödyntää modulaarista rakennetta ja konfiguraatioita sekä paikoittaa malliin tarkemmin anturien ja sähköosien sijainnit. Mahdollisella ratkaisulla olisi merkittävä vaikutus yrityksen koneiden läpivientiaikaan tuoden säästöä sekä suunnitteluun että tuotantoon.

Työssä käsitellään aluksi nykyisen suunnittelun hyviä puolia ja pohditaan parannuskohteita. Yrityksen tuoteperheestä valitaan pohjamalliin sopiva yleinen konemalli. Konemalliin sovelletaan jo aiemmin osittain käytössä ollutta moduuliperiaatetta. Moduulien lisäksi malliin suunnitellaan muita parannuksia ja osien säädettävyyden tarpeellisuutta.

Lopputuloksena työssä saavutettiin tavoitteen mukaisesti vakioitu 3D-malli, jossa on helpotettu yksittäisten komponenttien sekä koko koneen muokattavuutta ja vakioitu anturien sijainnit niiltä osin kuin se on mahdollista.

Asiasanat:

Pohjamalli, Modulaarisuus, Konfiguraatio, Läpivientiaika

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Machine Engineering | Machine Automation

2022 | 32 pages

Markus Teijula

Automation component positioning of a stretch wrapping machine's mechanic structures

- Modular base model

The objective of the thesis was to standardize the locations of the components of an automatic stretch wrapping machine in 3D-design. The work was commissioned by Octomeca Oy. The aim of the work was to study the design and manufacturing of Octomeca machines and to create a new base model to make the design more efficient. The idea was to utilize a modular structure and configurations and to position the sensors and electrical components in the model more accurately. A possible solution would have a significant impact on the lead time of the company's machines, bringing savings in both design and production.

The thesis first discusses the advantages of the current design and considers areas for improvement. A typical machine model suitable for the base model was selected from the company's product family. The model takes advantage of modular assembly. In addition to the modules, also other improvements for the model were made.

As a result, a standardized 3D model was achieved, which has an easier customizability for both individual components as well as the entire machine. The positions of the sensors were also standardized as far as it was possible.

Keywords: Base model, Modularity, Configuration, Lead time.

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Octomeca Oy	8
3 Kiristekäärintä	9
3.1 Yleistä kiristekäärinnästä	9
3.2 OMC-kiristekäärintäkoneet	10
3.2.1 OMC-H-mallisto	10
3.2.2 OMC-V-mallisto	12
3.2.3 OMC-R-mallisto	14
3.2.4 OMC-CW-mallisto	15
4 OMC-koneiden nykyinen suunnittelu	16
4.1 SolidWorks 3D-mallinnuksessa	16
4.2 Suunnittelun vaiheet	17
4.3 Suunnittelun ongelmakohdat	18
4.4 Miten suunnittelua voidaan parantaa	19
5 Suunnittelun pohjamalli	20
5.1 Mallin valinta	20
5.2 Vakio-osat	21
5.3 Lisättävät kokoonpanot	21
6 Modulaarinen kokoonpano	23
6.1 Moduuli	23
6.2 Konfiguraatiot	24
6.3 Komponenttien liittäminen	25
7 Sähköosat ja pneumatiikka	27
7.1 Anturit	27
7.1.1 Anturityypit	27

7.1.2 Paikoitus	29
7.2 Muut sähköosat	30
7.3 Pneumatiikka	30
8 Lopputulos	31
8.1 Tulosten vaikutus yritykselle	31
8.2 Oman työn arviointi	31
9 Yhteenveto	32
Lähteet	33

Kuvat

Kuva 1: Octomecan uudet toimitilat Naantalissa.	8
Kuva 2: OMC-H kone	11
Kuva 3: OMC-V kone	12
Kuva 4: OMC-VO kone	13
Kuva 5: OMC-R kone	14
Kuva 6: OMC-CW kone	15
Kuva 7: Erillaisia kampia	22
Kuva 8: OMC-H kone muodostuu helposti vaihdettavista moduuleista	24
Kuva 9: Aputasoliitos ja ruuviliitos.	26
Kuva 10: Valmis pohjamalli, jossa anturien sijainti merkattu punaisella	29

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Anturi	Mittalaite ympäristön seurantaan
Kiristekäärinä	Pakkausmenetelmä, jossa muovikalvoa esivenytetään ennen käärintää
Konfiguraatio	Komponentin tietty versio tai asento 3D-mallissa
Mating	Osien liittäminen 3D-mallinnuksessa
Moduuli	Yksi osa helposti koottavaa kokonaisuutta
OMC	Octomeca Oy
OMC-CW	Octomecan verhokonemallisto
OMC-H	Octomecan horisontaalikäärinäkone-mallisto
OMC-R	Octomecan rullakäärinäkone-mallisto
OMC-V	Octomecan vertikaalikäärinäkone-mallisto
Pohjamalli	3D-malli, jonka pohjalta suunnittelu aloitetaan
TCO	(Total Cost of Ownership) Kokonaiskustannus

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli automaattisen kiristekäärintäkoneen komponenttien paikkojen vakiointi suunnittelussa. Työn toimeksiantajana toimi Octomeca Oy. Työn tavoitteena oli tutkia Octomecan koneiden suunnittelua ja valmistusta sekä luoda uusi pohjamalli suunnittelun tehostamiseksi. Tarkoituksena oli hyödyntää modulaarista rakennetta ja konfiguraatioita sekä paikoittaa malliin tarkemmin anturien ja sähköosien sijainnit. Mahdollisella ratkaisulla olisi merkittävä vaikutus yrityksen koneiden läpivientiaikaan tuoden säästöä sekä suunnitteluun että tuotantoon.

Octomecan kiristekäärintäkoneet suunnitellaan alusta alkaen vahvasti asiakkaan toiveiden mukaan, mikä luo haasteita toimivalle sarjatuotantomallille. Usein koneen mitoitus, lisälaitteet sekä käärittävien tuotteiden koko ja malli vaihtelevat verrattuna aiemmin valmistettuihin koneisiin. Tästä johtuen koneen vakiointiin ei ole keksitty täysin toimivaa ratkaisua.

Moduulien avulla vakiomallin osia on helpompi vaihdella eri projektien ja tarpeiden mukaan ilman, että koko koneen suunnittelua tarvitsee tehdä uudestaan. Konfiguraatioiden osalta tilanne on saman tyylinen. Komponenttien eri variaatiovaihtoehdot saadaan samaan malliin helpommin ja niiden vaihtelu on helpompaa.

Työ koostui pohjatyöstä ja tiedonkeruusta, pohjamallin valmistuksesta, komponenttien moduloinnista, anturointien suunnittelusta sekä sähköosien mallinnuksesta.

2 Octomeca Oy

Octomeca (lyhyesti OMC) on Naantalissa vuonna 1989 perustettu teknologiayritys. Octomeca on erikoistunut erilaisten kiristekäärintäkoneiden suunnitteluun ja valmistukseen. Sen liikevaihto vuonna 2021 oli 6,2 miljoonaa euroa ja liiketulos 700 000 tuhatta euroa (Suomen Asiakastieto Oy 2022). Toimipiste sijaitsee Naantalissa, mistä koneet lähetetään eri puolille maailmaa. Octomeca on kuulunut pakkausmateriaali ja -laite konserni FROMMiin vuodesta 2017 alkaen. Octomeca toimii FROMMin itsenäisenä tytäryhtiönä.

Yli 30 vuoden aikana Octomeca on valmistanut yli 1000 käärintäkoneetta, joita on toimitettu ympäri maailmaa. Kiristekäärintään perustuvat pakkausmenetelmät suojaavat tuotteita varastoinnin ja kuljetuksen aikana.

Octomecan toiminta perustuu asiakaslähtöiseen suunnitteluun, joka hyödyntää mekaniikka- ja automaatio suunnittelutiimiä ratkaistakseen asiakkaiden toiveet. Tilattava kone valitaan joko valmiista konevalikoimasta tai suunnitellaan yksilöllisesti asiakkaan toiveiden mukaan (Octomeca Oy 2022a.)

Octomeca tarjoaa suunnittelun ja valmistuksen lisäksi tuotteilleen täyden huolto- ja varaosapalvelun. Niiden avulla asiakkaalle pystytään suunnittelemaan TCO-ajattelutavan mukainen kokonaiskustannus eli hinta koko elinkaaren ajalle. Elinkaaripalveluiden ansiosta OMC-koneiden käyttöiän odotus on yli 20 vuotta (Octomeca Oy 2022b).



Kuva 1: Octomecan uudet toimitilat Naantalissa.

3 Kiristekäärintä

Käärintä tai lavankäärintä on yleinen pakkausmenetelmä, joka sopii erinäköisiin sovelluksiin monipuolisuutensa ansiosta. Käärinnässä yleensä lavalla oleva tuote kääritään kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi muovikalvoon. Käärinnällä saavutetaan suojaa muun muassa pölyä, vettä, kaatumista, likaantumista ja puristumista vastaan. Käärintään voidaan yhdistää helposti myös muita suojausmenetelmiä. Näitä on esimerkiksi kulmatuet sekä suojapahvit. Käärintä suoritetaan joko manuaalisesti, puoli-automaattisesti tai täysin automaattisesti.

Manuaalikoneet ovat usein pieniä lattialla, pöydällä tai seinällä toimivia laitteita. Käärintä suoritetaan joko rullaa pyörittäen tuotteen ympäri tai tuotetta pyörittäessä paikallan. Puoli-automaattisissa koneissa osa työstä on automatisoitu. Käärintäpöytä saattaa pyöriä itsestään tai kalvonsyöttökelkassa on käytetty automatiikkaa. Täysin automaattiset käärintäkoneet ovat usein isompia ja sijoitetaan osaksi tuotantolinjaa.

3.1 Yleistä kiristekäärinnästä

Kiristekäärintä on käärintämenetelmä, jossa muovikalvoa esivenytetään ennen käärintää. Kalvon esivenytyksellä kalvon vakiopituudesta saadaan isompi määrä kalvoa. Esivenytys ilmoitetaan usein prosentteina. Nollaprosenttinen esivenytys tarkoittaa, että yksi metri kalvoa pysyy yhtenä metrinä.

Kaksisataaprosenttinen esivenytys tarkoittaa, että yhdestä metristä kalvoa saadaan kolme metriä kalvoa. Esivenytyksen määrä voi vaihdella nollan ja neljän sadan prosentin välillä. Esivenytyksellä saavutetaan säästöä kalvon määrässä ja sitä kautta myös taloudellisesti. (Oy Cyclop AB 2022.)

Kiristekäärinnän osalta tärkeämpi piirre esivenytyksessä liittyy muovikalvon ominaisuuteen pyrkiä palautumaan takaisin alkuperäiseen mittaansa. Kun esivenytetty kalvo kääritään tuotteen ympärille, se pyrkii palautumaan takaisin

aiempaan mittaansa ja kiristyy näin tuotteen ympärille tiiviiksi paketiksi. Mikäli tuotetta ei ole tarvetta suojata erityisemmin voidaan kalvoa kääriä ohuempina nauhoina muutamaaan pisteeseen, jolloin saadaan luotua voimakkaita pantoja tuotteen ympärille ja tuotteet niputettua yhteen.

3.2 OMC-kiristekäärintäkoneet

Octomecan mallisto koostuu neljästä pääkonetyypistä erilaisten käärintätyylien mukaisesti. Pääkoneiden lisäksi valmistettavia tuotteita ovat olleet myös erityyppiset kuljetinratkaisut, teippi- ja liimalaitteet sekä vannekoneet.

Pääasiallisesti suunnittelu keskittyy kuitenkin käärintäkoneisiin ja niihin suoraan liittyviin lisävarusteisiin. Käärintäkoneista koostuva neljän pääkonetyypin mallisto sisältää konemallit: OMC-H-mallisto, OMC-R-mallisto, OMC-CW-mallisto sekä OMC-V-mallisto (Octomeca Oy 2022c). Konetyypeillä on myös omia alamalleja.

3.2.1 OMC-H-mallisto

OMC-H eli horisontaalikoneet ovat kampikoneita, joiden käärintä suoritetaan horisontaalisesti. Kalvoa syöttävä kelkka on kiinni kammessa, joka pyörii tuotteen ympäri. Kelkkaan integroitu esivenytyslaitteisto tuottaa kiristekäärinnälle ominaiset hyödyt. Käärittävä tuote ajetaan koneen läpi kuljettimen avulla. Kuljettimet voivat olla joko asiakkaan omia tai Octomecan valmistamia. Octomecan valmistamien kuljettimien etuna on monipuolisemmat mekaaniset ratkaisut koneen yhteydessä.



Kuva 2: OMC-H kone

Horisontaalikoneet tunnistaa vahvasta teräksisestä runkorakenteesta. Koneen koko valitaan yksilöllisesti asiakkaan tuotteen maksimimittojen mukaan. (Octomeca Oy 2022d.)

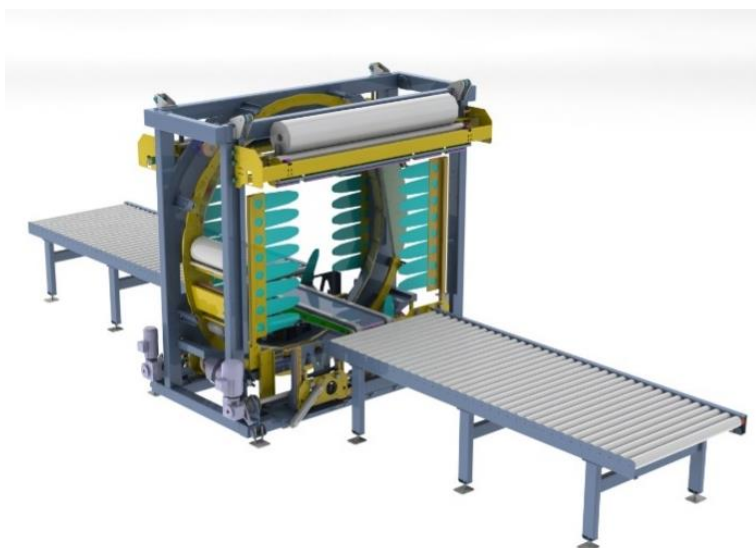
Lisälaitteita koneisiin on saatavana muun muassa päällikalvon syötön, kulmatukiasettimen sekä automaattisen käärintäkalvonvaihtajan muodossa.

Päällikalvon avulla tuotteen ympärille on mahdollista muodostaa pölyn sekä veden tiivis käärintä. Käärinnän tiiveys riippuu käärintäjärjestyksestä sekä käärittävien kerrosten määrästä. Kulmatukiasettimella tuotteen kulmat saadaan suojaan iskujen ja puristumisen varalta. Automaattisella käärintäkalvonvaihtajalla koneen yhtäjaksoista käärintäaikaa saadaan pidennettyä ennen kalvorullien manuaalista vaihtoa.

3.2.2 OMC-V-mallisto

OMC-V- eli vertikaalikoneet ovat pyöreän kehän ympäri vertikaalisesti pyöriviä käärintäkoneita. Tuote ajetaan kehän läpi ylityskuljetinta pitkin. Kalvoa syöttävä kelkka pyörii kehän mukana syöttäen kalvoa tuotteen pääli-, sivu- ja alapuolelle. Käärintä voidaan suorittaa spiraalimaisesti koko tuotteen matkalta tai pieniltä alueilta tuotteen päädyistä (Octomeca Oy 2022e.)

Kehän koko valitaan asiakkaan tarpeiden mukaan ja määräytyy isoimman käärittävän tuotteen mukaan. Vertikaalikoneita käytetään pääasiallisesti horisontaalikoneiden yhteydessä isommissa linjastoissa sekä pitkän tavaran käärintään. Pitkän tavaran käärintää on muun muassa puutavaran ja lautojen käärintä. Myös vertikaalikoneisiin on saatavilla erinäköisiä lisävarusteita.



Kuva 3: OMC-V kone

Yksi OMC-V-koneen alamalleista on niin kutsuttu pantakone. Koneella ei ole tarkoitus kääriä koko tuotetta piiloon vaan kääriä muutamiin kohtiin pienille alueille monta kerrosta kalvoa, joka muodostaa vahvoja kiristepantoja pitämään tuotteet nipussa. Käärintä sopii tuotteille, joita ei ole tarvetta suojata kokonaan, mutta jotka halutaan niputtaa yhteen, sekä jo käärittyjen tuotteiden lisävarusteiden kiinnitykseen.

Toinen OMC-V-koneesta suunniteltu alamalli on OMC-VO- eli vertikaaliovaalikone. Toiselta nimeltään matokoneeksi kutsutun koneen käärintä on myös vertikaalinen, mutta liikerata on enemmän ovaalin kuin ympyrän muotoinen. Koneessa kiskoja rataa pitkin kulkeva kelkka syöttää kalvoa kuten vertikaalikoneessa, jolloin tuotteen leveys ja korkeus voivat olla selvästi toisistaan eroavia. Koneen toiminta onkin optimaalista hyvin korkeiden tai leveiden tuotteiden kanssa, jolloin ovaalin mallisesta käärintäradasta on hyötyä. Matokoneen käärintärata on vapaammin sovellettavissa, ja sillä voidaan toteuttaa erikoisempiakin muotoja.



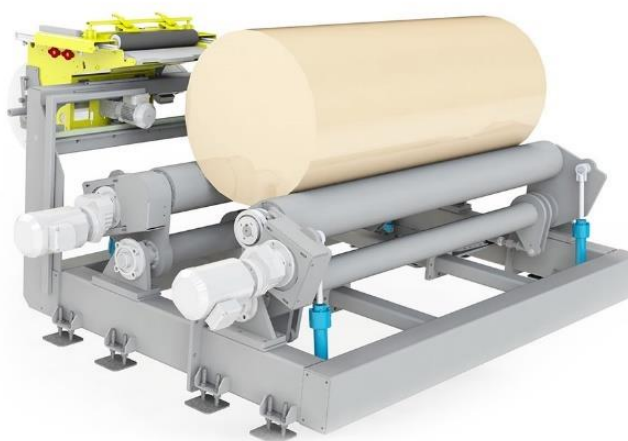
Kuva 4: OMC-VO kone

3.2.3 OMC-R-mallisto

OMC-R eli rullakäärintäkoneet on nimensä mukaisesti suunniteltu erityisesti erilaisten rullien, kuten paperirullien, käärintään. Käärittävää tuoterullaa pyöritetään pyörivien telojen päällä samalla käärien tuote joko horisontaalikoneen avulla tai erityisesti rullakäärintään suunnitellun radiaalikelkan avulla. Pyörivän telaston avulla käärintä saadaan suoritettua tuotteen joka puolelta. (Octomeca Oy 2022f.)

Rullakäärintäkoneilla käärittäviä tuotteita ovat muun muassa paperi-, teräs-, alumiini- ja komposiittirullat. Pyöritystelasto voi pyörittää tuotetta joko paikallaan tai pyöriä samalla horisontaalisesti.

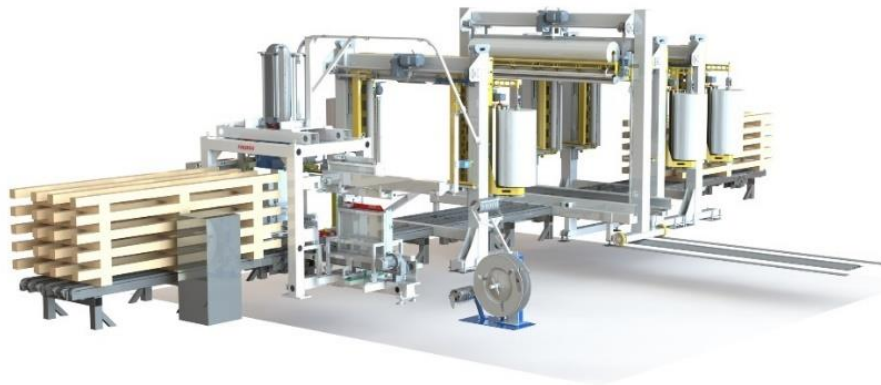
Radiaalikelkka on koneen sivussa lineaarisesti liikkuva kalvonsyöttäjä. Poiketen horisontaali- ja vertikaalikoneista radiaalikelkka liikkuu vain yhden akselin suuntaisesti tuotteen liikkeen suorittaessa käärinnän.



Kuva 5: OMC-R kone

3.2.4 OMC-CW-mallisto

OMC-CW eli verhokoneet on suunniteltu säännöllisten, yleensä suorakulmion muotoisten tuotteiden käärintään. Tuote siirretään kuljettimella kalvoverhoa päin, joka levittyy tuotteen sivuille ja saumataan yhtenäiseksi paketiksi tuotteen takaa. Päältä pudotettava päälikalvo kääritään tiiviiksi toisella verholla, joka sulkee loput näkyvästä tuotteesta kalvon sisään. Verhokoneet soveltuvat hyvin esimerkiksi saha- ja metsäteollisuuden tarpeisiin suojaamaan isoja määrämittäisiä ja -mallisia puupinoja kuljetuksen ajaksi. (Octomeca Oy 2022g.)



Kuva 6: OMC-CW kone

4 OMC-koneiden nykyinen suunnittelu

Alkuperäisten OMC-käärintäkoneiden suunnittelu on lähtenyt liikkeelle pitkistä testijaksoista rasiustestejä, joilla mahdollisia tuotannon kapeikkokohtia ja heikkoja kohtia on onnistuttu selvittämään. Nykyisin vakiomallistoon kuuluvat koneet ovatkin saavuttaneet näiden suunnittelu- ja testivaiheiden seurauksena korkean toimintavarmuuden ja laadun.

Uusia koneita ja ratkaisuja suunnitellaan jatkuvasti asiakkaiden toivomusten mukaan ja tuotannossa on paljon prototyyppilaitteita, jotka vaativat testauksia ja muutoksia suunnitteluun. Mekaaninen suunnittelu Octomecassa tapahtuu SolidWorks-mallinnusohjelmalla.

4.1 SolidWorks 3D-mallinnuksessa

SolidWorks on vuonna 1993 perustettu yritys, jonka omistaa nykyään Dassault Systemes. SolidWorks-nimellä toimii edelleen erityisesti mekaniikkasuunnittelua varten luotu tietokonemallinnusohjelma. Se on suurimpia ja vanhimpia 3D-mallinnusohjelmia maailmassa. (Bethany 2017.)

SolidWorksin avulla on mahdollista rakentaa realistisia 3D-malleja, joiden mekaanisia ominaisuuksia voidaan tutkia jo ennalta ennen oikean tuotteen rakentamista. Malleja on helppo muokata ja korjata. Ohjelman avulla valmiin tuotteen materiaali valinnoilla voidaan tarkastella valmiin tuotteen arvioitua painoa sekä muita ominaisuuksia. Mallista on helppo luoda valmistusta varten tarvittavat dokumentit tietoineen.

Mallien valmistus alkaa 2D-kuvannon piirtämisestä. Kuvalle annetaan syvyysarvo, jonka jälkeen mallista saadaan kolmiulotteinen ja se on valmiina muille muokkauksille. Malleja voidaan muokata ja yhdistellä muiden mallien kanssa muodostaen kokoonpanoja.

Ohjelman käyttö perustuu vuosittaiseen lisenssiin sekä päivitysohjelmaan. Uusi versio julkaistaan joka vuosi, mutta vanhaakin versiota pystyy käyttämään normaalisti, mikäli maksaa vuosittaisen lisenssimaksun. Uudet versiot sisältävät parannettuja ominaisuuksia ja hienosäätöjä, joita vanhempiin versioihin ei ole mahdollista saada. SolidWorksin avulla suunnittelua on mahdollista yhdistää myös CAM-järjestelmiin.

4.2 Suunnittelun vaiheet

Octomecan suunnittelu aloitetaan tyypillisesti asiakkaan toivoman lopputuloksen pohjalta. Mikäli käärintä on mahdollista suorittaa vakiomalliston koneella, valitaan sopiva runkokoko asiakkaan tuotteiden mukaan ja sovitaan tarvittavista lisälaitteista. Lisälaitteita voi olla muun muassa päällikalvoteline, kulmatukilaite tai liimalaite. Projektin lähtötiedot neuvotellaan asiakkaan kanssa ja projekti siirtyy mekaniikkasuunnittelutiimille.

Mekaniikkasuunnittelun pohjana uudelle projektille käytetään mahdollisimman samanlaisen aiemmin toimitetun koneen mallia. Malliin tehdään tarvittavat muutokset mittojen ja lisälaitteiden osalta. Mekaanisen suunnittelun jälkeen automaatio ja sähkösuunnittelu lisää projektiin tarvittavat komponentit ja rakentaa ohjelmiston valmiiksi.

Mikäli asiakkaan toivomaan lopputulokseen ei ole mahdollista päästä vakiokoneiden avulla, aletaan miettiä vaihtoehtoisia ratkaisuja ja kehittämään sopivaa laitetyyppiä suunnittelutiimien yhteistyössä. Uusille prototyyppilaitteille vaadittava suunnittelu, valmistus ja testausaika on usein huomattavasti pidempi vakiokoneisiin verrattuna, mikä pidentää toimitusaikaa.

4.3 Suunnittelun ongelmakohdat

Asiakaslähtöisen suunnittelun ongelmat pohjautuvat pitkälti koneiden ja projektien yksilöllisyyteen. Projekteista vain harvat ovat täysin identtisiä aiemmin valmistettujen projektien kanssa, joka johtaa tuotantoajan pitenemiseen sekä virheiden mahdollisuuden kasvuun. Pienikin komponenttimuutos voi muuttaa kokonaisuutta suunnittelun osalta hyvinkin paljon. Esimerkiksi saman koneen lähetys eri mantereelle voi aiheuttaa muutoksia sähköosien standardeissa ja korvaavien osien ulkomitat voivat olla poikkeavat alkuperäisiin nähden. Tarkkojen mittojen puitteissa valmistetut koneet vaativat tällöin mekaanisia muutoksia uusien komponenttien mahdollistamiseksi.

Suunnittelun osalta yksi isoimmista ongelmista on virallisen pohjamallin puuttuminen. Vanhaa projektia käytettäessä pohjana uuteen malliin on huomioitava tarkasti osien ja piirustusten ajantasaisuus. Vanhan mallin osia on voitu revisioida eli muuttaa projektin aikana, tai myöhemmin uudemmissa projekteissa, jolloin muutokset tulee päivittää myös uudessa projektissa.

Suunnittelijoiden oma kädenjälki voi myös ilmetä ongelmana suunnittelussa. Jokaisella suunnittelijalla on aina hieman oma tyyliinsä luoda malleja ja piirtää niistä piirustuksia. Vaikka yleiset asiat olisivat sovittu yhtenäisiksi, voi piileviä eriävyyksiä ilmetä silti. Esimerkkinä osien liittäminen toisiinsa ”*Mating*” toiminnon avulla, missä vaihtoehtoja toiminnon suorittamiseen on hyvin paljon.

Muita pienempiä ongelmakohtia ovat sähkökomponenttien ajantasaisuus malleissa sekä niiden paikoitus koneissa. Varsinkin viimeaikojen komponenttipula on johtanut useampien korvaavien sähkökomponenttien käyttöön koneissa. Usein korvaavien komponenttien käytöllä ei ole vaikutusta koneiden mekaniikkapuoleen, mutta täysin mahdotonta se ei ole. Osalla antureista ei ole valmista paikkaa mallissa ollenkaan, sillä niiden tarkan paikan pystyy määrittelemään vasta tuotantovaiheessa. Muiden antureiden paikoitus tulisi olla vakioitavissa.

4.4 Miten suunnittelua voidaan parantaa

Suunnittelun parantaminen liittyy pääosin sarjatuotantomallin kehittämiseen. Vaikka projektien yksilöllisyyden vuoksi sarjatuotanto on hankalaa myös suunnittelun kannalta, voi tietyt muutokset helpottaa mallien sarjatuotannollistamisessa. Näitä ovat muun muassa pohjamallin käyttö suunnittelun tukena, moduulien parempi hyödyntäminen ja sähköosien ajantasainen paikoitus.

5 Suunnittelun pohjamalli

Pohjamalli tai nollamalli kuvaa mahdollisimman pitkälle vakioitua koneen 3D-mallia. Sitä on tarkoitus käyttää pohjana uusille projekteille. Pohjamallilla halutaan selkeyttää ja nopeuttaa suunnittelua ja ottaa askel lähemmäksi sarjatuotantoa. Pohjamallin tarkoitus ei ole korvata koneiden yksilöllistä suunnittelua, vaan helpottaa muutosten tekemistä malleihin ja edistää etenkin yksinkertaisempien koneiden läpivientiaikaa.

Sain tehtäväkseni luoda Octomecan ensimmäisen virallisen pohjamallin, johon olisi tarkoitus koota tärkeimmät alikokoonpanot ja osat perusmallin käärintäkonetta varten. Malliin lisättäisiin myöhemmin enemmän lisävarustemahdollisuuksia.

5.1 Mallin valinta

Suunnittelu sopivasta mallivaihtoehdosta pohjamallia varten tehtiin yhdessä mekaniikkasuunnittelutiimin kanssa ja ensimmäiseksi pohjamalliksi valikoitui OMC-H-sarjan kone. Sen vakiointi ensimmäisenä käärintäkoneena olisi yritykselle kaikkein hyödyllisintä suuren tilausmäärän ja monipuolisuutensa vuoksi. Sen vakiointi on myös hieman muita konetyyppejä helpompaa. H-koneen kokoluokat vaihtelevat linjalla kulkevan isoimman tuotteen mukaan. Kokoluokan määrittää isoimman tuotteen leveys- ja pituusmitta. H-koneista on tarkoitus tehdä ensimmäisen pohjamallin jälkeen muutama pohjamalli eri kokoluokkien mukaan. Näistä valitaan projektikohtaisesti sopiva malli jokaiseen tilaukseen. Yksi kokoluokista tulee olemaan nyt pohjamalliksi valittu OMC-H21. Tämä tarkoittaa, että koneen käärintä tapahtuu 2100 mm halkaisijaltaan olevan ympyrän sisällä.

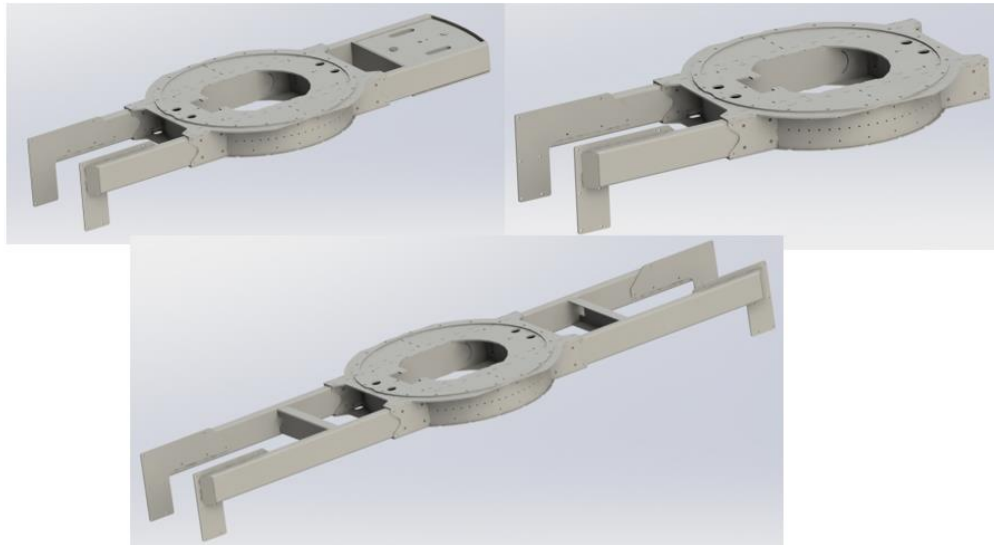
5.2 Vakio-osat

Koneen vakio-osiin kuuluu rakenteelliset osat, jotka ovat pakollisia jokaisessa OMC-H-koneessa. Vakio-osat voivat olla kiinteitä tai liikkuvia, mutta kiinteistä osista suurin osa on vakio-osia. Liikkuvien ja kiinteiden osien erottelu on tärkeää, sillä koneiden väritys perustuu tähän. Usein asiakas toivoo kiinteiden osien värityksen yrityksen tai toimitilojensa värityksen mukaan. Liikkuvien osien väri puolestaan halutaan tyypillisesti keltaisena tai muuna huomiovärinä turvallisuussyistä.

Ensimmäisenä malliin lisättävä osa on rungon hitsauskokoontaminen, joka määrittää koneen koon pituussuunnassa ja näin ollen pisimmän sekä leveimmän käärittävän tuotteen koon. Rungon hitsauskokoontamisen jälkeen malliin lisätään muita vakio-osia, joita ovat muun muassa hammaskehä, puristimen yläjohde, pyöritysmoottorikokoontaminen sekä virtakiskopaketti.

5.3 Lisättävät kokoonpanot

Lisäosista osa on osittain vakio-osia. Nämä osat ovat pakollisia koneen toiminnalle, mutta niiden muoto tai malli saattaa silti vaihdella merkittävästi eri koneiden välillä. Osaan näistä osista hyödynnetään konfiguraatioita, mikäli se on mahdollista. Esimerkkinä osittain vakio-osasta on kampi.



Kuva 7: Erilaisia kampia

Pohjamalliin lisättiin vakio-osien jälkeen osittaiset vakio-osat, joita ovat muun muassa kampi, kelkka, torni, jatkojalat ja puristimen torni. Näiden osien tarkat mitat määräytyvät vasta, kun käärittävien tuotteiden mitat tiedetään, joten pohjamalliin niille ei voida antaa lopullisia mittoja. Jatkojalkojen pituus määrittää käärittävän tuotteen maksimikorkeuden.

Lopuksi malliin valittiin muutama valinnainen lisäosa. Malliin lisätyt valinnaiset lisäosat ovat päällikalvoteline ja sen nostomoottori sekä automaattinen kalvonvaihtaja. Päällikalvotelineellä lasketaan tuotteen päälle muovikalvo, joka kääritään tiiviiksi saavuttaen tuotteelle pöly- ja/tai vesitiiveys.

Automaattinen kalvorullan vaihtaja eli revolveripöytä toimii kalvorullan itsenäisenä vaihtajana vähentäen ihmisen fyysistä tarvetta paikan päällä. Kalvonvaihtopiste on tyypillisesti useamman laitteen turva-alueella, jolloin kalvon manuaalinen vaihto keskeyttää jokaisen kyseiseen turvapiiriin kuuluvan laitteen toiminnan vaihdon ajaksi. Automaattisella kalvonvaihtajalla kalvon vaihdon ajaksi koneiden toimintaa ei tarvitse keskeyttää.

6 Modulaarinen kokoonpano

Modulaarisella kokoonpanolla tarkoitetaan tässä työssä konetta, jonka lisäosat on kiinnitetty 3D-mallissa moduuleina helposti vaihdettavien *'mate reference'* linkkien avulla. Hyötyjä on muun muassa osien helpompi vaihtaminen mallissa samanlaisten liitosten avulla sekä piirrepuun selkeys.

6.1 Moduuli

”Moduuli on yksi osa joukosta erillisiä kappaleita, joista voidaan muodostaa suurempi kappale” (Cambridge Dictionary 2022). Työssä moduuleilla kuvataan osaa, joka toimii yksinään, mutta jolla ei ole varsinaista käyttöä ennen kuin se on liitettynä muiden kokoonpanojen kanssa isommaksi kokoonpanoksi eli koneeksi. Moduuleita on mallissa muun muassa lisäosat sekä suurin osa osittaisista vakio-osista.

Pohjamallin moduulit muodostuvat päätasolla olevista kokoonpanoista.

Kyseisen mallin moduuleita ovat

- jatkojalat
- kampi
- torni
- saumain, tarrain, puristin
- päällikalvoteline
- nostomoottorikokoonpano
- revolveripöytä
- puristimen torni
- päällikalvon nostomoottorikokoonpano.



Kuva 8: OMC-H kone muodostuu helposti vaihdettavista moduuleista

Moduulit voivat sisältää myös konfiguraatioita entistä helpomman vaihdeltavuuden saavuttamiseksi.

6.2 Konfiguraatiot

Samoin kuin moduuleilla myös konfiguraatioilla pyritään helpottamaan mallin muunneltavuutta. Konfiguraatiolla kuvataan tiettyä versiota osasta tai osan asentoa. Esimerkiksi jatkojalalle, joka pysyy muuten mallista toiseen samanlaisena mutta jonka mitta muuttuu konekohtaisesti, on kätevää luoda eri konfiguraatioita eri pituuksille. Sylinterille puolestaan voidaan luoda konfiguraatio eri asennoista esimerkiksi mäntä sisällä, mäntä ulkona, vapaa liike. Konfiguraatiot kulkevat osan mukana koko ajan, joten vaihtaminen

konfiguraatioiden välillä on todella helppoa ja nopeaa. Vastapuolena kaikkien osan konfiguraatioiden kulkeminen mallin mukana tekee mallista hieman raskaamman avata ja siirtää. Pohjamallin tarkoitus on helppouden lisäksi olla myös mahdollisimman yksinkertainen ja kevyt käyttää, jonka vuoksi turhiakaan konfiguraatioita ei kannata malliin liikaa lisätä.

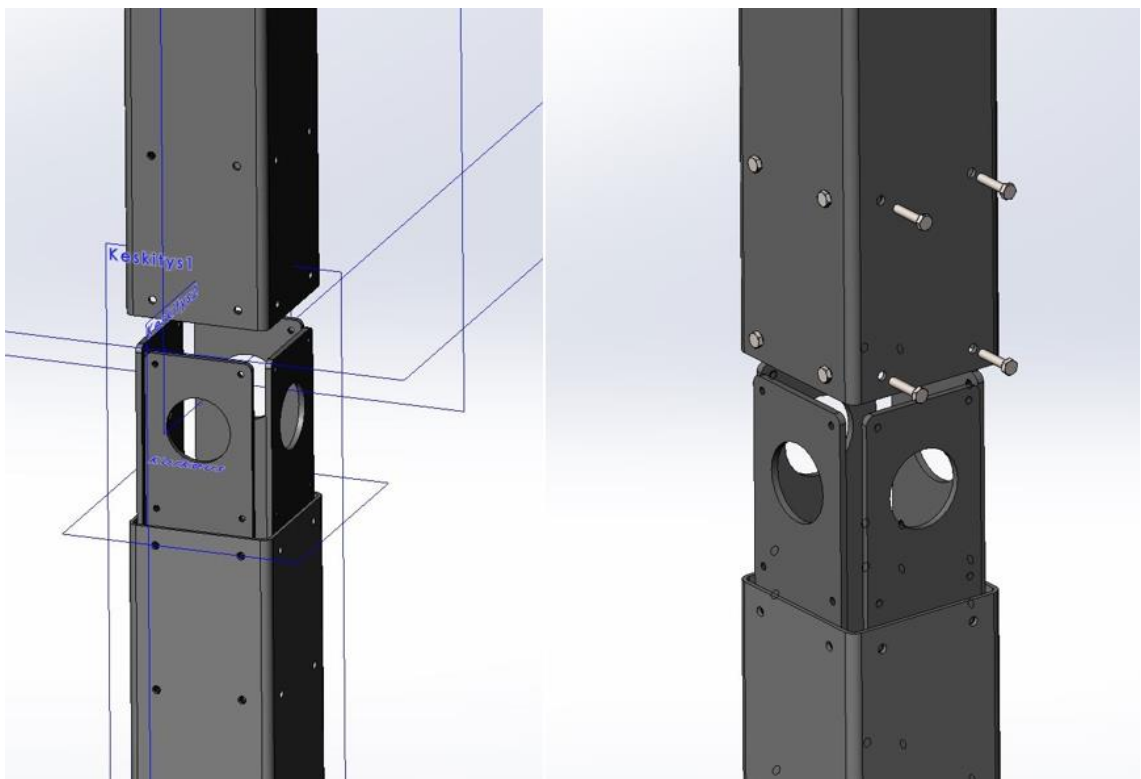
6.3 Komponenttien liittäminen

Komponentit ja kokoonpanot liitetään 3D-malleissa liitostyyppien (standard, advanced, mechanical) avulla. Liitostyypeillä tarkoitetaan siis mallissa käytettävää tapaa liittää kaksi osaa toisiinsa. Tämä ei tarkoita oikeissa koneissa olevia kiinnitysliitoksia. Osien etäisyys toisistaan pyritään silti pitämään samana kuin oikeassa koneessa samoin kuin kiinnityspaikat, joita ovat esimerkiksi kierrereiät ja pultit. Oikeassa koneessa liitokset on pääosin tehty hitsaamalla, ruuviliitoksilla sekä kiskojen avulla. Mallissa puolestaan liitostyyppejä on paljon. Osia voidaan mallissa liittää toisiinsa muun muassa pintojen, reunojen tai kulmien osuman tai asteen mukaan, etäisyyden tai etäisyysvälin mukaan, keskitetysti reikään tai hahloon sekä symmetrisesti

Yksi selkeä tapa liittää kappaleita toisiinsa on hyödyntää aputasoja eli *'Planeja'*. Jokaisella kappaleella on vähintään kolme perustasoa koordinaatisto akselien X, Y, Z mukaisesti. Valmiit tasot ovat *'Front'*, *'Right'* sekä *'Top'*. Näitä tasoja käytetään hyödyksi kappaleiden piirtämisessä. Niistä voidaan myös tehdä rajaton määrä aputasoja, joko helpottamaan piirtämistä tai osien liittämistä.

Pohjamalliin valittiin liitostavaksi aputasojen avulla liittäminen. Jokaisen kokoonpanon keskilinjoille luodaan aputasot, joista kappale liitetään vastaaviin aputasoihin mallin rungossa. Aputasojen hyötyjä liitostapana on liitosten vähäinen tarve määrällisesti, selkeys kaikkien kappaleiden välillä, vaihdon nopeus sekä liitoksen toimintavarmuus.

Liitokset jaetaan SolidWorksissä perustyyppiin, kehittyneisiin (ratkaisuaika noin kaksinkertainen perustyyppiin nähden) sekä mekaanisiin (ratkaisuaika noin nelinkertainen perustyyppiin nähden) (PLM Group 2019). Aputasoliitos käyttää tyypiltään perustason liitoksia, joten se ei tee mallista yhtä raskasta kuin mekaaniset liitostavat. Tiettyjen liitostyyppien kanssa ongelmana on myös osien vaihdon yhteydessä tapahtuvat liitoksen sekaannusriskit, jotka ovat *'plane'*-kiinnityksissä hyvin pienet.



Kuva 9: Aputasoliitos ja ruuviliitos.

Kuvassa 9 on oikealla koneen rungon ja jatkojalkojen välinen oikea kiinnitystapa. 3D-malliin liitosta ei kannata kuvata turhaan liian tarkasti sillä ylimääräisten liitosten määrä kasvattaa tiedostokokoa. Vasemmalla on pohjamalliin valittu aputasoliitos, jossa selvittää kolmella liitoksella

7 Sähköosat ja pneumatiikka

Valmiit käärintäkoneet sisältävät jonkin verran sähkökomponentteja, johdotuksia sekä pneumatiikkaa. Käsiteltävissä 3D-malleissa näistä tarkimmin on kuvattuna paineilmasylinterit ja niiden toiminta. Koneiden asennuksen kannalta olisi tärkeää määrittää malleihin kaikki komponentit mahdollisimman tarkasti. Komponenttien paikan lisäksi olennaista on pohtia myös säätövaran määrää ja tarpeellisuutta.

7.1 Anturit

Sähköosista koneissa on eniten erilaisia antureita, joita käytetään muun muassa käärittävien tuotteiden havainnoinnissa. Antureiden valmiilla paikoituksella säästetään huomattava määrä aikaa asennusvaiheessa. Antureiden säätökiinnikkeiden valmistaminen vasta kokoonpanovaiheessa hidastaa koneen kasaamisvauhtia, jonka vuoksi kiinnikkeet tulisi mallintaa ja valmistaa ennalta. Tuotteita seuraavien antureiden suuntaus on konekohtaista ja sitä ei voida määrittää tarkalleen mallissa.

7.1.1 Anturityypit

OMC-koneissa käytetään seuraavia anturityyppejä:

Absolute encoder – Pepperl+Fuchs

- Käytetään liikkeen paikoituksessa päällikalvon vetimessä.

Induktiivinen analogia anturi – IFM

- Käytetään tanssijatelan asennon tunnistamiseen, millä määritetään käärintäkalvon kireys. Voidaan käyttää PID algoritmin kanssa kalvonsyöttömoottorin nopeuden säätelyyn.

Induktiiviset lähestymiskytkimet M12 & M18 – Sick

- Käytetään muun muassa eri liikkeiden päätyrajojen tunnistamiseen

Induktiivinen anturi – IFM

- Käytetään kalvonjakokelkan portin asennon tunnistamiseen

Peilivalokenno – Sick

- Käytetään tuotteiden tunnistamiseen kuljettimilla.

Magneettinen rajakytkin – Festo

- Käytetään pneumatiikkasyylinterien asentojen tunnistukseen

Valokenno – Sick

- Käytetään tuotteen tunnistamiseen paikoissa, joissa peilivalokennoa ei voida käyttää.

Laservalokenno – IFM

- Käytetään tuotteiden tunnistamiseen ja etäisyyksien mittaamiseen IO-link tilassa

Turva-induktiivinen anturi – IFM

- Käytetään henkilöturvallisuuteen liittyviin asentojen tunnistamiseen. Esimerkiksi suojakotelon luukku kiinni.

Kohteesta heijastava valokenno taustavaimennuksella – IFM

- Käytetään kohteiden tunnistamiseen, kun anturin on mahdollista pienen tilaan.

Monisäteiset turvavalopuomit – Sick

- Käytetään turva-alueiden suojaverkkojen tulo- ja poistaukoissa, kun ihminen halutaan tunnistaa, mutta tuote ajetaan kuljetinta pitkin koneeseen.

7.1.2 Paikoitus

Anturien määrästä ja paikoituksesta päättää pääosin automaattisuunnittelijat. Uusissa prototyyppikoneissa anturien paikoitusta ei voida lyödä suunnitteluvaiheessa täysin lukkoon. Vakio koneissa paikoitus on kuitenkin mahdollista tehdä ennalta, sillä anturien kiinnityksessä on usein säätövaraa asennusvaiheessa.

Koneen liikettä tutkivien anturien, kuten induktiivisten lähestymiskytkimien paikka määritellään kiinteästi tai hyvin pienellä säätövaralla koneisiin, jo mekaniikkasuunnitteluvaiheessa. Näiden anturien paikoitus tehtiin pohjamalliin ensimmäisenä. Seuraavaksi malliin lisättiin magneettisten lähestymiskytkimien paikat. Lopuksi laser- ja valokennoantureille valittiin sopivat paikat sekä riittävä säätövara kaikentyyppisten tuotteiden havainnoimiseen.



Kuva 10: Valmis pohjamalli, jossa anturien sijainti merkattu punaisella

7.2 Muut sähköosat

Käärintäkoneiden sisältävät antureiden lisäksi muita sähköosia, joita ovat muun muassa moottorit, turvareleet, taajuusmuuntajat, sähkökaapit ja sähköjohdot. Pohjamalliin näistä osista mallinnettiin paikat moottoreille, ja taajuusmuuntajalle. Lisäksi mallissa on huomioitu johdotuksien paikat ja tarvittavat johtokourut johtojen siistille viemiselle.

Isoimmissa tuotantolinjoissa kuljettimien yhteyteen on asiakkaan toiveesta integroitu erinäköisiä konenäköön liittyviä sovelluksia. Näistä esimerkkinä tuotteen tunnistavat viivakoodinlukijat, joilla tuotteen sijaintia linjaston aikana on helppo seurata.

7.3 Pneumatiikka

Pneumatiikan osalta koneiden malleihin on piirretty valmiiksi sylinterien sijainti sekä toiminta. Toiminnan kannalta tärkeimmät ominaisuudet ovat ääriasentojen sijainti sekä sylinterin päiden kiinnitys. Paineilmaverkon tarkempi suunnittelu jää automaationsuunnittelun ja asentajien tehtäväksi konekohtaisesti. Vakioidun pohjamallin osalta paineilmaverkon vaihtelevuus ei ole kovin suuri.

8 Lopputulos

Ensimmäisen pohjamallin suunnittelu sujui pääosin hyvin ja malliin saatiin hyödynnettyä paljon niitä ominaisuuksia, joita pohjamalliin haluttiin saada suunnittelun helpottamiseksi. Näistä tärkeimpänä mallin parannettu modulaarisuus, jolla helpotetaan ja nopeutetaan etenkin mekaniikkasuunnittelun työmäärää. Työn aikana ilmeni myös sarjatuotantoa hankaloittavia seikkoja pohjamallin osalta. Näistä osa oli ennestään tiedossa.

Yksi ongelmakohdista oli mallin tiedostokoko. Mikäli tarkoituksena olisi ollut luoda vain yksi pohjamalli koko horisontaalikäärintäkone-mallistosta, olisi konfiguraatioiden määrä tehnyt mallista liian suuren tiedoston käsitellä ja ylimääräistä aikaa olisi kulunut joka kerta mallin avaamiseen ja käsittelyyn.

8.1 Tulosten vaikutus yritykselle

Mikäli pohjamalli otetaan Octomecassa laajemmin käyttöön hyödyntäen sen ominaisuuksia osana suunnittelua ja jatkaen uusien pohjamallien kehittämistä, on vaikutukset yritykselle varmasti selvät. Koneiden läpivientiaikaa suunnittelussa sekä tuotannossa on mahdollista nopeuttaa merkittävästi niiden koneiden osalta, joihin sarjatuotantomallia on mahdollista soveltaa.

8.2 Oman työn arviointi

Työssä haastavinta oli perehtyminen tuotteiden toimintaan ja opinnäytetyön aiheen hahmottaminen aiheesta vain vähän ymmärtävänä. Kun työ lähti paremmin käyntiin, myös tietoa kertyi samalla lisää ja työn jatkaminen helpottui. Työssä sai paljon kokemusta mekaniikkasuunnittelusta yleisesti sekä eri suunnittelutiimien yhteistyöstä kokonaisuuden rakentamiseksi. Sain hyödyntää sekä kehittää työssä koulussa oppimiani taitoja muun muassa 3D-suunnittelun osalta.

9 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tavoitteena oli tutkia Octomecan koneiden suunnittelua ja valmistusta sekä luoda uusi pohjamalli suunnittelun tehostamiseksi.

Tarkoituksena oli hyödyntää modulaarista rakennetta ja konfiguraatioita sekä paikoittaa malliin tarkemmin anturien ja sähköosien sijainnit. Työ alkoi perehtymisestä yrityksen ja sen toimintaan. Aiheen selvittyä alkoi työn tarkempi suunnittelu yhdessä Octomecan mekaniikkasuunnittelutiimin kanssa. Kun pääpiirteistä oli sovittu, alkoi pohjamallin suunnittelu ja toteutus. Malli muodostettiin olemassa olevista komponenteista, joiden kiinnitys moduuleina tehtiin järkevämmäksi. Lopuksi malliin tarkennettiin antureiden ja muiden sähköosien paikoitusta sekä pohdittiin mahdollisten säätövarojen tarpeellisuutta ja tarpeettomuutta.

Työn tavoitteisiin päästiin, ja lopputuloksena oli selkeä pohjamalli, jota on helppo hyödyntää tulevien projektien suunnittelussa. Malli toimii myös valmiina pohjana tuleville eri kokoluokan pohjamalleille. Työn onnistumisen edellytyksenä oli laaja-alainen tutustuminen sekä kiristekäärintään että Octomecan tuotteisiin ja toimintaan. Työn aikana oli mahdollista tutustua mekaniikka-, automaatio- sekä sähkösuunnitteluun ja syventää osaamistaan 3D-suunnittelussa. Työssä käytettyinä lähteinä toimivat suurelta osin yritykseltä saatu tieto ja dokumentit. Muita lähteitä työhön oli saatavilla internetistä ja kirjallisuudesta.

Lähteet

Bethany 7.12.2017. A brief history of Solidworks. Viitattu 3.4.2022

<https://www.scan2cad.com/blog/cad/solidworks-history/>

Cambridge Dictionary 2022. Meaning of module in English. Viitattu 15.4.2022

<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/module>

Octomeca Oy 2022b. Elinkaaripalvelut. Viitattu 12.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/elinkaaripalvelut/total-cost-of-ownership-tco/>

Octomeca Oy 2022a. Yritys. Viitattu 13.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/yritys/octomeca-oy/>

Octomeca Oy 2022c. OMC-mallisto. Viitattu 16.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/tuotekategoria/omc-mallisto/>

Octomeca Oy 2022d. OMC-H -mallisto. Viitattu 16.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/tuotteet/omc-h-koneet/>

Octomeca Oy 2022e. OMC-V -mallisto. Viitattu 16.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/tuotteet/omc-v-koneet/>

Octomeca Oy 2022f. OMC-R -mallisto. Viitattu 16.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/tuotteet/omc-r-koneet/>

Octomeca Oy 2022g. OMC-CW -mallisto. Viitattu 16.03.2022

<https://www.octomeca.fi/fi/tuotteet/omc-cw-koneet/>

Suomen asiakastieto Oy. Octomeca Oy. Viitattu 25.04.2022

<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/octomeca-oy/27548199/yleiskuva>

