



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Samuli Työppönen

MIKROLIIKKEIDEN SÄHKÖISET TOTEUTUSVAIHTOEHDOT

Kalmar R&D

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Samuli Työppönen
Opinnäytetyön nimi	Mikroliikkeiden sähköiset toteutusvaihtoehdot
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	31
Ohjaaja	Sami Elomaa

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla eri vaihtoehtoja käytössä olevalle järjestelmälle, jota käytetään ASC-nosturin tarttujassa. Käytössä oleva järjestelmä on kallis ja sille etsitään korvaavaa järjestelmää, jolla saataisiin kustannuksia pienemmiksi.

Työ tehtiin Kalmarin Tampereen yksikölle, jota kutsutaan Technology centeriksi. Yksikössä valmistetaan prototyyppejä ja kehitetään uusia ja jo olemassa olevia tuotteita. Yksikössä sijaitsee myös testikenttä, jossa saadaan imitoitua oikeaa terminaalia.

Tuotekategorioiden oli vertailussa ruuvitunkki, kuularuuvi, hammaspyörä- ja tanko ja hammashihna- ja ketju. Jokaisesta kategoriasta on poimittu 1–3 esimerkki-tuotetta.

Työssä päädyttiin valitsemaan parhaaksi vaihtoehdoksi kuularuuvi, vertailemalla eri kategorioiden tuotteita keskenään. Kuularuuvien tekniset ominaisuudet sopivat paremmin, kuin muiden kategorioiden. Kalmar jatkaa tarkempia tutkimuksia tämän työn pohjalta.

ABSTRACT

Author	Samuli Työppönen
Title	Electronic Implementation Options for Micro-Movements
Year	2020
Language	Finnish
Pages	31
Name of Supervisor	Sami Elomaa

The purpose of this thesis was to compare different alternatives to the existing system used in the headblock of the ASC crane. The current system is too expensive, and a replacement system is being sought to reduce costs.

The work was done for Kalmar's Tampere unit, which is called the Technology Center. The unit manufactures prototypes and develops new and existing products. The unit also has a test field where real terminal can be simulated.

The product categories compared included are a screw jack, a ball screw, a gear and rod, and a timing belt and chain. 1-3 example products were selected from each category.

In the study, it was decided to choose the ball screw as the best option comparing the products of different categories with each other. The technical features of the ball screw are more suitable than those of other categories. Kalmar will continue investigating on the basis of this study.

Keywords Kalmar, ASC, headblock, gripper

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
1.1	Alustavat tiedot	7
1.2	Kalmar	7
1.3	Tavoitteet	7
2	TEKNINEN VAATIMUSESITTELY	9
2.1	Nopeus	9
2.2	Voima	9
2.3	Liikematka	9
2.4	Hyötysuhde	9
3	NYKYISEN RAKENTEEN ESITTELY	11
3.1	ASC-nosturi	11
3.2	Kustannus	12
3.3	Anturointi periaate	12
4	VAIHTOEHTOJEN KARTOITUS	13
4.1	Ruuvitunkki	13
4.2	Kuularuuvi	13
4.3	Hammaspyörä- ja tanko	13
4.4	Hammashihna- ja ketju	13
5	RUUVITUNKKI	14
5.1	MecVel HT 05...200	14
5.1.1	Lisätiedot	15
5.2	MecVel HR 05...200	15
5.2.1	Lisätiedot	16
5.3	PFAFF COLUMBUS MCKINNON	17
5.3.1	Lisätiedot	18
6	KUULARUUVI	19
6.1	MecVel AV3	19

6.1.1	Lisätiedot.....	20
6.2	Servomech CLB 50.....	20
6.2.1	Lisätiedot.....	21
6.3	Raco Heavy duty electric actuators size 6, type C.....	22
6.3.1	Lisätiedot.....	23
7	HAMMASPYÖRÄ- JA TANKO.....	24
7.1	HAMMASPYÖRÄT JA -TANGOT SKS.....	24
7.1.1	Lisätiedot.....	25
8	HAMMASHIHNA- JA KETJU.....	26
8.1	Tsubaki Heavy Duty Drive Chains.....	26
8.1.1	Lisätiedot.....	27
8.2	Gates hammashihnat (GT4).....	27
8.2.1	Lisätiedot.....	28
9	VERTAILU.....	29
10	YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET.....	31

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tampereen Protopaja ja testikenttä nostureineen.	8
Kuva 2. Kalmar ASC.....	11
Kuva 3. Tsubaki sylinteri asennettuna Kalmar headblock:iin.....	12
Kuva 4. MecVel HT 05...200	14
Kuva 5. Tuotokuva MecVel HR 05...200.....	15
Kuva 6. COLUMBUS MCKINNON SMG SERIES	17
Kuva 7. Tuotokuva MecVel AV3.....	19
Kuva 8. Tuotokuva Servomech CLB 50.....	20
Kuva 9. Raco Heavy duty electric actuator	22
Kuva 10. Tuotokuva SKS	24
Kuva 11. Tuotokuva. Tsubaki Heavy Duty Drive Chains.....	26
Kuva 12. Tuotokuva Gates hammashihnat.	27
Taulukko 1. Tekninen vaatimusesittely.....	10
Taulukko 2. Arvot.....	14
Taulukko 3. Arvot.....	16
Taulukko 4. Arvot.....	17
Taulukko 5. Arvot.....	19
Taulukko 6. Arvot.....	21
Taulukko 7. Arvot.....	22
Taulukko 8. Arvot.....	24
Taulukko 9. Arvot.....	26
Taulukko 10. Arvot.....	28

1 JOHDANTO

1.1 Alustavat tiedot

Tämä opinnäytetyö on tehty Kalmar R&D -yksikölle, joka toimii Tampereella. Tampereen yksikkö on keskittynyt tuotekehitykseen ja prototyyppien valmistukseen. Technology and Competence Centre nimeään kantava keskus sisältää huipuluokan tietokoneet ohjelmistoinen ja seitsemän laboratoriota, muun muassa sähkö-, hydraulikka-, mekaaniset ja dieselmoottorilaboratoriot. Alue sisältää myös todella laadukkaan testikentän, jossa voidaan testata nostureita ja muita kuormankäsittelykoneita- ja laitteita. Tampereen testikenttä on myös maailman suurin automatisoitu sisämaa satama. /5/

1.2 Kalmar

Kalmar on itsenäinen liiketoiminta-alue Cargotecissa. Cargotec on suomalainen pörssi-yhtiö, johon kuuluu MacGregor, Hiab ja Kalmar. Tuoteryhmät ovat lastinkäsittelykoneita- ja laitteita satamiin, laivoihin, lähikuljetuksiin ja terminaaleihin. Yhtiö perustettiin vuonna 2005, kun Kone Oyj jakautui kahdeksi uudeksi yhtiöksi. /1/

Kalmar keskittyy lastinkäsittelyyn tarjoamalla laitteita, koneita ja ohjelmistoja satamiin, terminaaleihin ja raskaan teollisuuden käyttöön. Lukit, terminaalitraktorit ja konttinosturit ovat Kalmarin päätuotteita. Kalmar tarjoaa myös ohjelmistoja ja huoltopalveluja tuotteilleen. /1/

1.3 Tavoitteet

Tavoitteena on löytää uusia vaihtoehtoja nykyiselle sylinterille. Työssä vertaillaan eri tuotekategorioita ja tuotteita/tuottajia niiden sisällä, jotka olisivat mahdollisia uusia vaihtoehtoja nykyiselle käyttölaitteelle.



Kuva 1. Tampereen Protopaja ja testikenttä nostureineen.

2 TEKNINEN VAATIMUSESITTELY

2.1 Nopeus

Nopeudeksi on laskettu sopivaksi 20 mm/s.

2.2 Voima

Toimilaitteen voima tulisi olla vähintään 20 kN, jotta saadaan liikutettua raskasta kelkkaa ja pidettyä kelkka palkoillaan suuria voimia vastaan.

2.3 Liikematka

Liikematka tulisi olla vähintään 530 mm, jotta saadaan riittävän pitkä liike koko vaijeripyörän matkalle.

2.4 Hyötysuhde

Tärkeänä valinta kriteerinä hinnan lisäksi on järjestelmän hyötysuhde, mikä pitäisi olla min. 0,8.

Taulukko 1. Tekninen vaatimusesittely.

Item	Requirement
Load capacity (push/pull)	20 kN
Stroke length	530 mm
Speed	20 mm/s
Supply voltage	400 VAC
Frequenzy	50 Hz
Enclosure protection class	IP 55
Electronic position sensor	Integrated absolute encoder, CANopen preferred.
Temperature area	-20°C...45°C
Efficiency	0.80–0.99

3 NYKYISEN RAKENTEEN ESITTELY

3.1 ASC-nosturi

Automatic stacking cranes eli ASC on Kalmarin automaattinen konttinosturijärjestelmä, joka toimii itsenäisesti terminaalissa. Nosturi liikkuu kiskoilla konttipinon päällä ja siirtää laivasta tulleita kontteja konttipinoihin, josta voidaan laskea kontteja rekkojen kyytiin. Rekoille on oma kaista nosturin alla, johon nosturi saa helposti laskettua kontin.

Opinnäytetyö keskittyy ASC-nosturin headblock:iin, joka sijaitsee nosturin keskellä, vaijerien varassa roikkuvassa tarttujassa. Kuvassa keskellä.



Kuva 2. Kalmar ASC.

3.2 Kustannus

Nykyiset sylinterit kustantavat noin 3000 €/kpl ja niitä tarvitaan 4 kpl per nosturi eli noin 12 000 €.

3.3 Anturointi periaate

Integroitu absoluuttianturi, jolla luetaan sylinterin paikkaa automaattisesti, jotta tiedetään sylinterin paikka jokaisessa tilanteessa.



Kuva 3. Tsubaki-sylinteri asennettuna Kalmar headblock:iin.

4 VAIHTOEHTOJEN KARTOITUS

4.1 Ruuvitunkki

Ruuvitunkit soveltuvat hyvin sovelluksiin, joissa siirretään suuria tai keskisuuria massoja ylös tai alas. Niihin voidaan lisätä toisia tunkkeja, eri välityssuhteita, pöly- ja roiskesuojauksia, kestovoiteluja ja eri moottoriyhdistelmiä. Usein ruuvitunkeissa hyötysuhteet jäävät mataliksi. /8/

4.2 Kuularuuvi

Kuularuuvi tai liikeruuvi muuttaa kiertoliikkeen lineaariliikkeeseen hyvin pienellä kitkalla. Kierretyssä akselissa liikkuu kuulalaakeri, joka toimii tarkkuusruuvina. Ne kestävät suuria työntövoimia ja tekevät sen pienellä sisäisellä kitkalla. /9/

Trapetsikierre on yleisin käytettävä kierreprofiili liikeruuveissa. Puolisuunnikkaan muotoisten ruuvien kierrekulma on 30° ja ne valmistetaan metrisin mitoin. /10/

4.3 Hammaspyörä- ja tanko

Hammaspyörän avulla pyörivä liike siirretään akselilta toiselle, tai muutetaan suoraksi liikkeeksi. Hampaat välittävät voiman ja liikkeen. Hammaspyöriä-, ja tanko- ja voidaan tuottaa helposti asiakkaan toivottuihin mittoihin ja käyttää erikoismateriaaleja. Vinohammastetut ja hiotut hammaspyörät sopivat hyvin tarkkuuskäyttöön. /11/

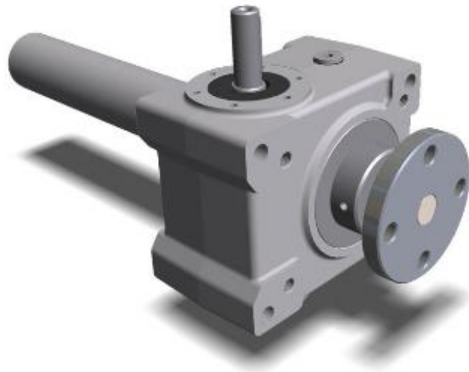
4.4 Hammashihna- ja ketju

Hammashihnassa materiaalina käytetään usein kumia ja sitä vahvistetaan lasikuidulla, kevlarilla tai jollain muulla kestävyyttä lisäävällä ainesosalla. Hammaspyöriä tarvitaan, jotta akselit pysyvät tahdissa, jos sellainen on tarve pitää. Jos tahdia ei tarvita käytetään usein latta- tai kiilahihnaa. /7/

Ketju ajaa saman asian, mutta usein hihnaa käytetään sen hiljaisuuden, hinnan ja mekaanisen tehokkuuden takia riippuen tietenkin käyttötarkoituksesta. Ketjua voidaan käyttää esimerkiksi voimansiirrossa ja nostamisessa. /7/

5 RUUVITUNKKI

5.1 MecVel HT 05...200



Kuva 4. MecVel HT 05...200.

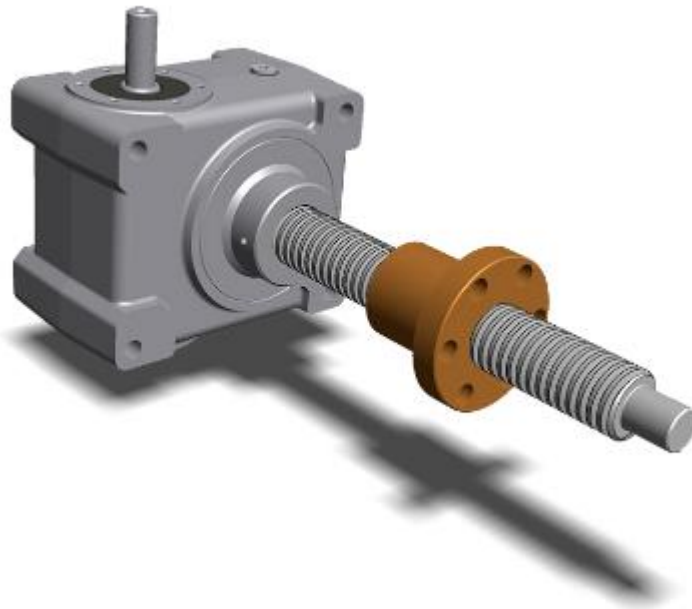
Taulukko 2. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	5–200 kN	Green
Stroke length	1500 mm	Green
Speed	50 mm/s	Green
Supply voltage	400 V	Green
Frequenzy	50 Hz	Green
Enclosure protection class	IP 65	Green
Electronic position sensor	available	Green
Temperature area	-10°C...60°C	Red
Efficiency	0.16–0.27	Red

5.1.1 Lisätiedot

MecVel'in ruuvitunkki, jolla voidaan nostaa suuria massoja. Niitä käytetään yleensä lineaariseen nostoon ja laskuun tai edestakaisin. Niihin voidaan lisätä välityssuhteita, pöly- ja roiskesuojia, kiinnitys- ja moottoriadaptereita. Käyttölaitteena käytetään usein sähkömoottoria. Ruuvinostintekniikalla voidaan korvata hydrauliset sylinterit. Huonoja puolia ovat käyttölämpötila ja hyötysuhde.

5.2 MecVel HR 05...200



Kuva 5. Tuotokuva MecVel HR 05...200

Taulukko 3. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	5–200 kN	Green
Stroke length	1500 mm	Green
Speed	50 mm/s	Green
Supply voltage	400 V	Green
Frequency	50 Hz	Green
Enclosure protection class	IP 65	Green
Electronic position sensor	available	Green
Temperature area	-10°C...60°C	Red
Efficiency	0.16–0.27	Red

5.2.1 Lisätiedot

HR versio MecVel:in ruuvitunkista, joka sopii myös vaakaliikkeeseen. Käyttölämpötila ja hyötysuhde jäävät vajaaksi.

5.3 PFAFF COLUMBUS MCKINNON



Kuva 6. COLUMBUS MCKINNON SMG series

Taulukko 4. Arvot.

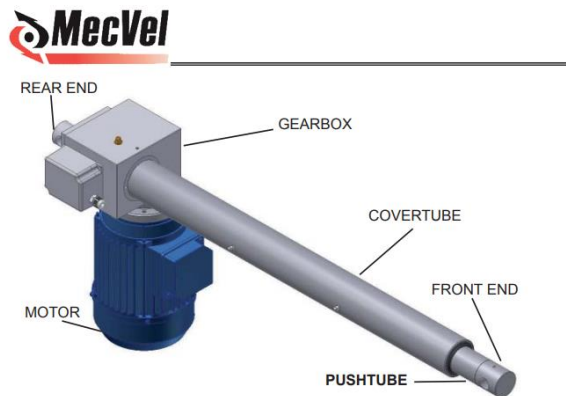
Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	20 kW	
Stroke length	1200 mm	
Speed	1.9 m/min = 31.6 mm/s	
Supply voltage	400 V	
Frequency	50 Hz	
Enclosure protection class	IP 65	
Electronic position sensor	Available	
Temperature area	-30°C...80°C	
Efficiency	0.11–0.34	

5.3.1 Lisätiedot

Pfaff ruuvitunkki, joka ei eroa suuresti muista esillä olevista ruuvitunkeista, mutta käyttölämpötilat ovat paremmin sopivia haettuun tarkoitukseen.

6 KUULARUUVI

6.1 MecVel AV3



Kuva 7. Tuotekuva MecVel AV3.

Taulukko 5. Arvot.

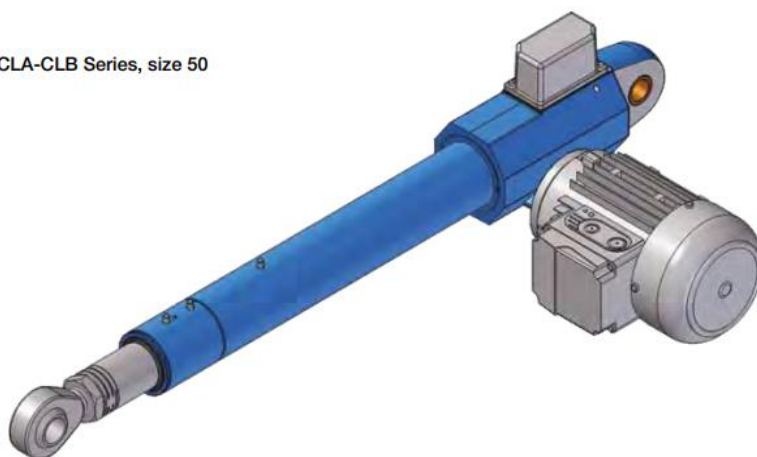
Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	Max.8–25 kN	
Stroke length	2000 mm	
Speed	5–55 mm/s	
Supply voltage	190–830 V	
Frequenzy	50–60Hz	
Enclosure protection class	IP 65	
Electronic position sensor	Potentiometer, limit switches	
Temperature area	-10°C...60°C	
Efficiency	Käyttö 10 % ajasta.	

6.1.1 Lisätiedot

MecVel'in kuularuuvi sähkömoottorilla, jota saa monessa eri koossa, voitelulla, jarrumoottorilla ja rajakytkimillä. IP 65 -suojaus erikseen pyydättäessä. Käyttölämpötila ei vastaa vaatimusta. Hinta pyörii 2000–3000 € välillä. Voidaan käyttää esimerkiksi yhden minuutin ajan, jonka jälkeen taukoa yhdeksän minuuttia.

6.2 Servomech CLB 50

CLA-CLB Series, size 50



Kuva 8. Tuotokuva Servomech CLB 50.

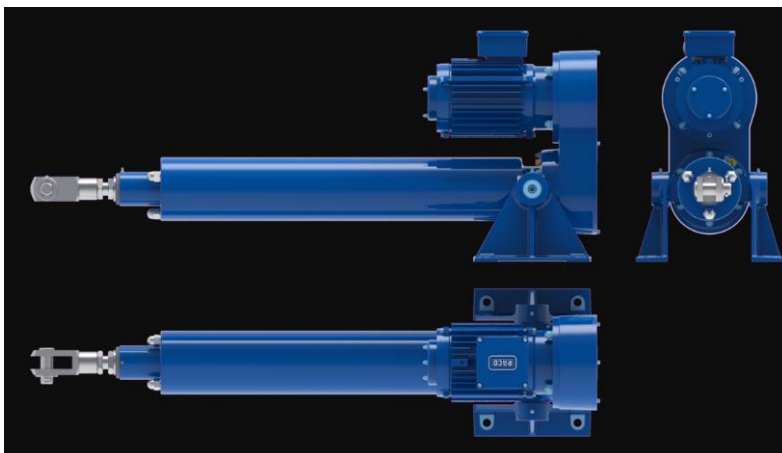
Taulukko 6. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	25 kN	
Stroke length	100–800 mm	
Speed	47–60 mm/s	
Supply voltage	230 V, 3x230V AC, 3x400 V AC	
Frequency	50 Hz	
Enclosure protection class	IP 55	
Electronic position sensor	Switch for intermediate position	
Temperature area	-10°C...40°C	
Efficiency	NA	

6.2.1 Lisätiedot

Trapetsiruuvilla ja kulmavaihteella varustetut CLB-karamootorit ovat suunniteltu vaikeisiin olosuhteisiin. Hyvä vaihtoehto korvaamaan hydrauliset sylinterit, joissa tehonkulutus suurempi. Käyttölämpötila jää vajaaksi vaatimuksesta. Hinta liikkuu 1000–2000 € alueella riippuen kokoonpanosta.

6.3 Raco Heavy duty electric actuators size 6, type C



Kuva 9. Raco Heavy duty electric actuator.

Taulukko 7. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	20 kN	Green
Stroke length	200–1600 mm	Green
Speed	30–60 mm/s	Green
Supply voltage	400 V	Green
Frequenzy	50 Hz	Green
Enclosure protection class	IP 65	Green
Electronic position sensor	Eletronic Position Sensor EPS 02/EPS 06/EPS CAN	Green
Temperature area	-10°C...40°C	Red
Efficiency	NA, 10–20 % käytössä.	Yellow

6.3.1 Lisätiedot

Raco:n raskaan luokan sähköinen toimilaite, joka voidaan muokata monilla eri osa-alueilla asiakkaalle sopivaksi. Saatavilla monia lisälaitteita. Hinnat pyörivät samassa luokassa edellisten esimerkkien kanssa. /13/

7 HAMMASPYÖRÄ- JA TANKO

7.1 HAMMASPYÖRÄT JA -TANGOT SKS



Kuva 10. Tuotekuva SKS.

Taulukko 8. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	10–8500 N	Red
Stroke length	~ 300–2000 mm	Green
Speed	~ 1,5 m/s	Green
Supply voltage	400 V	Green
Frequenzy	50 Hz	Green
Enclosure protection class	IP 65	Green
Electronic position sensor	Available	Green
Temperature area	Wide	Green
Efficiency	Based on final product	Yellow

7.1.1 Lisätiedot

SKS-hammaspyörät- ja tangot voidaan valmistaa monesta eri materiaalista, esimerkiksi karkaistusta teräksestä ja muovista.

8 HAMMASHIHNA- JA KETJU

8.1 Tsubaki Heavy Duty Drive Chains



Kuva 11. Tuotekuva. Tsubaki Heavy Duty Drive Chains.

Taulukko 9. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	25 kN	
Stroke length	No limitation	
Speed	No limitation	
Supply voltage	400 V	
Frequenzy	50 Hz	
Enclosure protection class	IP 65	
Electronic position sensor	Available	
Temperature area	-20...+50	
Efficiency	0.90-0.99	

8.1.1 Lisätiedot

Tsubaki:n raskaan teollisuuden ketju, joka kestää voimia 25 kN asti.

8.2 Gates hammashihnat (GT4)



Kuva 12. Tuotokuva Gates-hammashihnat.

Taulukko 10. Arvot.

Item	Requirement	Result
Load capacity (push/pull)	Depends on the motor.	
Stroke length	384–6860 mm	
Speed	No limitation	
Supply voltage	400 V	
Frequency	50 Hz	
Enclosure protection class	IP 65	
Electronic position sensor	Available	
Temperature area	-40°C... +140°C	
Efficiency	0.95–0.98	

8.2.1 Lisätiedot

Gates:in uusi hihna, jossa enemmän voimaa ja laajempi käyttö lämpötila-alue. Hihnan avulla voidaan siirtää liike kauas tehon lähteestä. Hihnaa pyörittävät pyörät toimivat usein yhdensuuntaisilla akseleilla ja pyörivät samaan suuntaan. Niillä voidaan lisätä tai vähentää nopeutta ja voimaa. Haitta voi olla hihnan luistaminen, joka vähentää hyötysuhdetta.

9 VERTAILU

Vertailussa katsotaan neljää eri tuotekategoriaa: ruuvitunkki, kuularuuvi, hammaspyörä ja -tanko ja hammashihna ja ketju. Kuularuuvi on lähimpänä jo käytössä olevaa sylinteriä, joka on ulkoasultaan hyvin samanlainen ja sen käyttö on samantyyppistä. Osaa näistä kategorioista on vaikea vertailla ilman valmista tuotetta, joka olisi räätälöity juuri tähän käyttötarkoitukseen.

Vaatimusten perusteella helpoin vaihtoehto olisi kuularuuvi, koska se sopisi pienellä muuntelulla suoraan headblock:iin ja käyttö olisi helppoa sen takia. Muissa tapauksissa headblock:iin pitää suunnitella uudelleen runko, johon moottori ja käyttölaite liitetään.

Ketju- ja hihnatoteutuksissa runko tarvitsisi kokonaan uudelleen suunnittelun ja se vie paljon aikaa ja lisää kustannuksia. Vaikka ketju- ja hihnatoteutukset olisivat halvempia vaihtoehtoja itsestään, kustannukset nousevat uuden rungon suunnittelussa ja valmistuksessa. Sylinteri tyyppisissä toteutuksissa voitaisiin käyttää vanhaan runkoon, joka säästää kustannuksia.

Ruuvitunkki on voimaltaan hyvä vaihtoehto, mutta sen huono hyötysuhde laskee sen kannattavuutta. Se voitaisiin myös liittää käytössä olevaan runkoon ilman suurempia muokkauksia.

Hammasyörä- ja tanko olisi suhteellisen halpa vaihtoehto, mutta sen käyttö ulkoilmassa, jossa säät voivat vaihdella ääripäästä ääripäähän on vaikea kuvitella. Myös sen kesto äkkinäisiä voimia vastaan arveluttaa.

10 YHTEENVETO

Tuloksien perusteella päädyttiin valitsemaan parhaaksi vaihtoehdoksi kuularuuvi. Kuularuuvit sopivat hyvin tämänlaiseen käyttötarkoitukseen ja tekniset ominaisuudet täyttävät vaatimukset todella hyvin. Kuularuuvin avulla saavutetaan suhteellisen yksinkertainen rakenne, mikä toimii erityisen hyvin tilanteessa, missä tarvitaan tarkkaa ja luotettavaa mekanismia. Myöskin paikoituksen mittausta on helppo rakentaa sylinterin yhteyteen. Kuularuuvin avulla saavutetaan myös hyvä hyötysuhde mikä on tärkeimpiä valintakriteereitä.

Ruuvitunkkia ei valittu, johtuen sen huonosta hyötysuhteesta. Huono hyötysuhde johtaa siihen, että joudutaan usein valitsemaan kooltaan iso moottori. Yhtenä ruuvitunkin hyötynä voidaan pitää sitä, että se voi toimia myös jarruna, jolloin erillistä jarrua ei tarvita. Sinällään ruuvitunkit ovat hyviä vaihtoehtoja kohteisiin, missä nopeudet eivät ole suuria ja itsepidättävyydestä on etua.

Ketjuvaihtoehto vaikuttaa mielenkiintoiselta, mutta se muuttaisi kelkan rakennetta melko paljon. Samaten ketjuvaihtoehto vaatii myös melko paljon huoltoa, varsinkin ketjun rasvaamista. Tämä on kuitenkin osiltaan halvin ratkaisu, koska ketju ja ketjupyörät ovat suhteellisen halpoja osia.

Ketjun sijasta voidaan myös käyttää hihnaa, jolloin mahdollinen rasvaustarve häviää. Hammashihan käyttäminen rakenteessa on myös houkutteleva vaihtoehto, mutta riittävä mitoitus pitää varmistaa.

Hammasyörävaihtoehto saattaa myös johtaa kokonaan erilaiseen kelkan rakenteeseen, mikä ei ole välttämättä paras vaihtoehto. Myöskin hammasyörävaihtoon liittyy muita riskejä, eli kuinka rakenteet saadaan suojattua riittävän hyvin, huomioiden turvallisuus ja korroosio. Sinällään rakenne on yksinkertainen ja ei vaadi säännöllistä säästöä, kuten esimerkiksi ketjuvaihtoehto vaatii.

Tämän tutkimuksen tulosten pohjalta Kalmar jatkaa tarkempaa suunnittelua mahdollisen prototyypin rakentamiseksi.

LÄHTEET

- /1/ Kalmar. Viitattu 28.9.2020.
<https://www.kalmar.fi/tietoa-kalmarista/kalmarin-tarina/>
- /2/ Kalmar. Viitattu 29.9.2020.
<https://www.cargotec.com/fi/kalmar/>
- /3/ MecVel AV3 tuote-esite. Viitattu 29.9.2020.
<https://www.mecvel.it/wp-content/uploads/2015/07/AAC-AV3119-AV3.pdf>
- /4/ OEM Servomech CLB 50 tuotesivu. Viitattu 1.10.2020.
<https://www.oem.fi/tuotteet/moottori/lineaariliike/karamoottorit--484365/clb-karamoottori--450778>
- /5/ Kalmar Tampereen toimipaikan esite. Viitattu 3.10.2020.
<https://www.kalmarglobal.com/news--insights/articles/2017/the-worlds-largest-automated-inland-harbour/>
- /6/ MecVel AV3 tuote-esite. Viitattu 30.9.2020.
<https://www.mecvel.com/linear-actuator-av3-ac/>
- /7/ Jakohihna Wikipedia. Viitattu 7.11.2020.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Jakohihna>
- /8/ Krafmek Ruuvitukit. Viitattu 8.10.2020.
<https://www.kraftmek.com/fi/tuotteet/moottorit-ja-vaihteet/ruuvitukit>
- /9/ Wikipedia Ball screw. Viitattu 5.10.2020.
https://en.wikipedia.org/wiki/Ball_screw
- /10/ Linearmotiontips. Viitattu 6.10.2020.
<https://www.linearmotiontips.com/acme-or-trapezoidal-whats-the-difference-between-lead-screws-designs/>
- /11/ SKS Hammaspyörät- ja tangot. Viitattu 15.10.2020.
<https://www.sks.fi/tuotteet/ketju-ja-hihnakaytot/hammaspyorat-ja-tangot-sks>
- /12/ SKS Pfaff ruuvinnostimet. Viitattu 14.10.2020.
<https://www.sks.fi/tuotteet/lineaaritekniikka/pfaff-ruuvinnostimet-columbus-mckinnon>
- /13/ Raco. Viitattu 21.10.2020
<https://raco.de/en/products/heavy-duty-electric-actuators/10-20-kn/type/k1c6-148159-598/>