

# SÄHKÖMOOTTORIEN TESTAUSLAITE

Keskeisten ominaisuuksien määrittäminen ja mekaniikkasuunnittelu

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Mekatronikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2007  
Ville Salo

Lahden ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

SALO, VILLE: Sähkömoottorien testauslaite:  
Keskeisten ominaisuuksien määrittäminen ja  
mekaniikkasuunnittelu

Mekatroniikan opinnäytetyö, 38 sivua, 24 liitesivua

Kevät 2007

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö on osa sähkömoottorien testauslaitteen toteutusta. Opinnäytetyöhön sisältyi laitteen keskeisten ominaisuuksien määrittäminen ja sen mekaanisen osan suunnittelu.

Työ aloitettiin tutustumalla aiemmin toteutettuihin testilaitesovelluksiin ja tilaajajärjestyksen tuotevalikoimaan. Tilaajajärjestyksen tuotteiden tutuksi tulemisen jälkeen hahmoteltiin laitteen lopullinen sähköinen rakenne, ja valittiin laitteeseen tulevat muiden valmistajien sähköiset komponentit. Samanaikaisesti hahmoteltiin laitteen mekaaninen rakenne. Kun mekaaninen rakenne oli selvä, suunniteltiin laitteen mekaaniset yksityiskohdat ja suoritettiin lujuuslaskelmat. Tämän jälkeen valittiin mekaniikan valmiskomponentit. Kaikista osista pyydettiin tarjoukset ja valittiin toimittajat ja valmistajat eri komponenteille.

Erillisinä osina projektia suoritettiin laitteen tarkka sähkösuunnittelu ja ohjelmoinnit. Käyttöönotto tehtiin kevään 2007 aikana. Testilaitetta tullaan varmasti kehittämään jatkossa, kunhan käyttökokemuksia saadaan riittävästi.

Asiasanat: sähkömoottori, testilaitte, testauslaite, testipenkki

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

SALO, VILLE:                      Test station for AC-motors:  
    Definition of essential features and mechanical design

Bachelor's thesis in Mechatronics, 38 pages, 24 appendices

Spring 2007

ABSTRACT

---

The objective of the study was to design and build a station for testing AC-motors. There were four main reasons for building the station. Firstly to test if a repaired motor works as it should or how a motor which is claimed to be broken is behaving, secondly to test characteristics of a new motor, thirdly to simulate the customers' drive, and fourthly, for promotional purposes.

Different kind of test stations built for different motors and different purposes were studied. Also a considerable part was to become acquainted with client company's products. After that, few suggestions for the main functions of the station and for the layout for the mechanical structure were sketched. From various solutions, the best alternatives were chosen.

After defining the main elements for the station, full technical drawings were drawn for the station. Contractors and suppliers for the components were chosen, and orders were made. Commissioning of the station was done during spring 2007.

Key words: electric motor, test station, testing,

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TILAAJAYRITYS	2
3	SÄHKÖMOOTTORIEN TESTAUSLAITTEET	2
3.1	Eri toiminnot ja lähtökohdat	2
3.2	Esimerkkejä testauslaitteista	3
3.2.1	Eräs kaupallinen sovellus	3
3.2.2	Eräs erikoisvalmisteinen sovellus	4
4	ONGELMA	5
4.1	Lähtötilanne	5
4.2	Vaadittavat ominaisuudet	7
4.2.1	Testattavat moottorit	7
4.2.2	Testattavat asiat	9
4.2.3	Erilaiset testaussekvenssit (simulointikäytöt)	10
5	PENKIN TOTEUTUSVAIHTOEHDOT	15
5.1	Kuorma	15
5.2	Mekaaninen rakenne	16
5.2.1	Testimoottorien asennusasento	16
5.2.2	Testimoottorin kiinnitys	17
5.3	Mittaus	18
5.3.1	Vääntömomentin mittaus	18
5.3.2	Pyörinnän mittaus	20
5.4	Ohjaus ja tiedonkeruu	20

6	RATKAISU: LAITEJÄRJESTELMÄ	22
6.1	Tehonsyöttö	22
6.2	Ohjaus	23
6.2.1	Anturointi	24
6.2.2	Tiedonkeruu	25
6.2.3	KytKentäkaapelit	25
7	RATKAISU: MEKANIikka	26
7.1	Yleiskuvaus mekaniikasta	26
7.2	Lujuuslaskelmat	29
8	TESTAUSLAITTEEN KÄYTTÖ PÄÄPIIRTEITTÄIN	33
9	YHTEENVETO	36
9.1	Arviointi	36
9.2	Laitteen kehitys	36
	LÄHTEET	37
	LIITTEET	38

## LYHENTEET JA TUNNUKSET

CAN = Controller Area Network, yksinkertainen paikallisväylä

CFC = Current Flux Control, virtaohjattu vuovektorisääto

$f$  = taajuus

HMI = Human-Machine Interface, käyttöliittymäpaneeli

$J$  = hitausmassa

$m$  = massa

$n$  = pyörimisnopeus

$P$  = teho tai moottorin napaluku

pc = Personal Computer, työasema, jäljempänä erit. testilaitteen yhteydessä oleva

PLC = Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka

PTC = Positive Temperature Coefficient, puolijohdelämpöelementti

$T$  = vääntömomentti

tamu = Taajuusmuuttaja

VFC = Voltage Flux Control, jänniteohjattu vuovektorisääto

VFD = Variable Frequency Drive, taajuusmuuttaja

$\alpha$  = kulmakiihtyvyys

$\omega$  = kulmanopeus

## 1 JOHDANTO

Tilaaajyrityksellä oli halu tehdä testilaite, jolla voidaan kuormittaa sähkömoottoreita. Tilaaajyrityksen järjestelmäluonnoksen ja lisätoiveiden pohjalta lähdettiin tekemään valmista tuotetta. Tähän opinnäytetyöhön sisältyy laitteen keskeisten ominaisuuksien ja komponenttien määrittäminen sekä laitteen mekaniikan suunnittelu. Sähkösuunnittelu ja laitteen ohjelmointi toteutettiin erillisinä osina projektia.

Tilaaajyrityksen pyynnöstä sen nimeä ei mainita tässä raportissa, eikä näin ollen tässä työssä käytetyistä tilaaajyrityksen tuotteista voida myöskään puhua niiden oikeilla kauppanimillä. Lisäksi toivottiin, ettei testilaitteen aivan tarkimmista yksityiskohdista kerrota tässä raportissa. Esimerkiksi mekaniikan 105:stä A3-valmistuskuvasta yhtään ei esitetä tässä raportissa missään muodossa. Näistä syistä tämä raportti voi vaikuttaa hieman epätarkalta, mutta toivottavasti työn keskeinen sisältö käy silti selväksi.

## 2 TILAAJAYRITYS

Tilaajayritys on sähköiseen ja mekaaniseen käyttötekniikkaan erikoistunut kansainvälinen konserni. Yhtiöllä on toimipisteitä ympäri maailmaa. Yhtiön tuoteohjelma koostuu mm. vaihdemoottoreista, teollisuusvaihteista sekä taajuusmuuttaja- ja servokäyttöistä. Yrityksen erääseen Suomen toimipisteeseen haluttiin sähkömoottorien testaukseen soveltuva laite, jolla pystytään kuormittamaan erityyppisiä ja kokoisia moottoreita.

## 3 SÄHKÖMOOTTORIEN TESTAUSLAITTEET

Sähkömoottorien testauslaitteet ovat usein mahdollisimman yksinkertaisia laitteita. Kuorman ohjauskeskus on usein yksinkertainen, ja sitä ohjataan sen kyljessä olevilla painonapeilla ja vääntökytkimillä. Testattavan moottorin kiinnitystä varten on usein yksinkertainen taso, jossa on esim. muutamia vapaa- tai kierrereikiä. Kun moottoria aletaan testata, on sille tehtävä vaadittavat kiinnitysadapterit.

### 3.1 Eri toiminnot ja lähtökohdat

Sähkömoottorien testauslaitteita käytetään yleensä kahteen eri tarkoitukseen. Ne ovat joko koulutusikäisessä tai sitten niillä mitataan korjattavia/korjattuja moottoreita. Lisäksi niitä voidaan käyttää myös tuotekehityksessä. Keskeisimmät mitattavat suureet ovat yleensä testattavan moottorin ottama virta ja pyörimisnopeus. Usein nämä ovat riittäviä moottorin ominaisuuksien selvityksessä. Kuormaa ajetaan momenttiohjattuna ja testattavaa moottoria nopeusohjattuna. Testattavasta moottorista ja testisovelluksesta riippuen säädetään myös muita arvoja, esim. tasavirtamoottorien ollessa kyseessä, testataan usein magnetointivirran vaikutusta moottorin käyttöön.

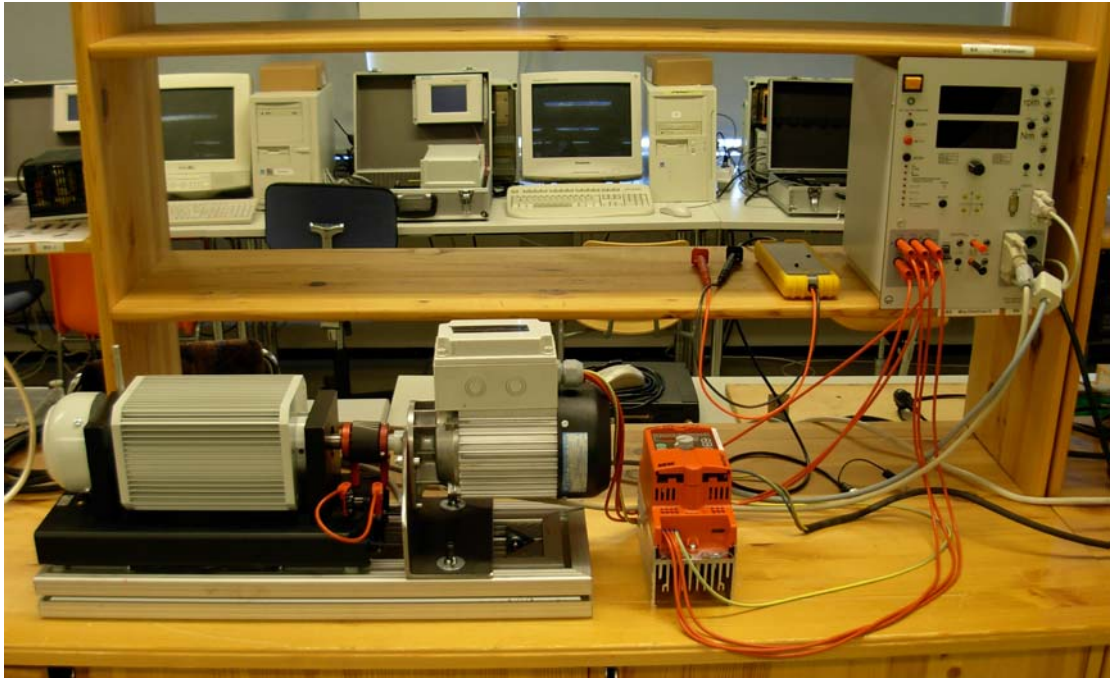


### 3.2 Esimerkkejä testauslaitteista

Tässä on kaksi esimerkkiä olemassa olevista testauslaitteista, joiden kaltaisia on Suomesta useita. Ensimmäinen on ilman kiinnitysalustaa valmiina hankittu paketti, toinen on erityistä tarvetta varten itse rakennettu sovellus.

#### 3.2.1 Eräs kaupallinen sovellus

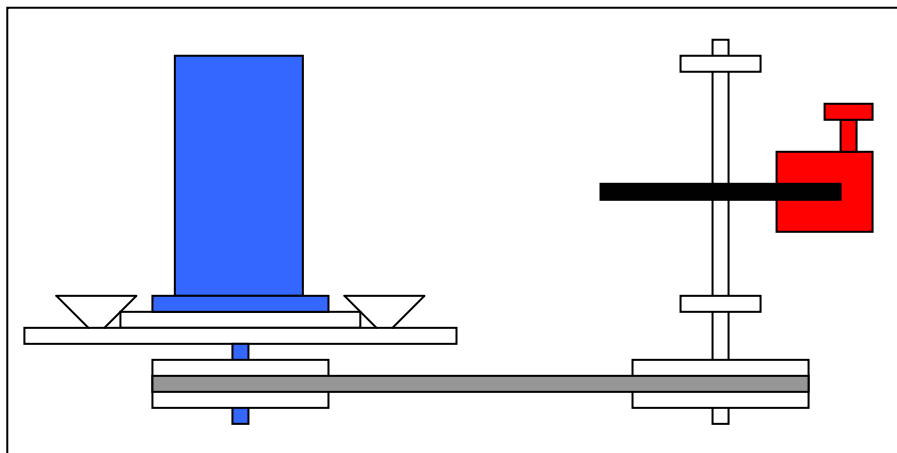
Kaupalliset sovellukset koostuvat usein ohjauskeskuksesta, johon on integroitu käyttökytkimet. Kuvion 1 mukainen laitteisto on erinomainen esimerkki yksinkertaisesta perustestilaitteesta. Kuviossa 1 nähdään vasemmalla induktiojarru/kuormamoottori, johon on kytkimen välityksellä liitetty oikealla puolella oleva testimoottori. Mekaanisesti laite on hyvin yksinkertainen, laitteen ostajan ja käyttäjän huoleksi jäävät mekaanisten kiinnitysosien valmistus testattavan moottorin kiinnittämiseksi alustaan ja kuormamoottorin akseliin.



KUVIO 1. Valmiina ostettava testausjärjestelmä

### 3.2.2 Eräs erikoisvalmisteinen sovellus

Eräaseen saman alan yritykseen oli tehty kuvion 2 kaltainen testauslaite. Siinä testattava laippamallin moottori (sininen kuviossa 2) kiinnitettiin laakeroituun laippaan, jonka pyörimisen esti momenttituki, johon oli asennettu voima-anturi. Testattavan moottorin akselille asennettiin kiilahihnapyörä, josta teho välitettiin hihnaa pitkin apuakselille, jossa oli levyjarru. Levyä jarruttavassa jarrusatulassa oli ruuvitoiminen säätö, jolla jarrutusmomenttia voitiin säätää käsin. Momenttituessa olevan voima-anturin avulla mitattiin moottorilta saatava momentti.



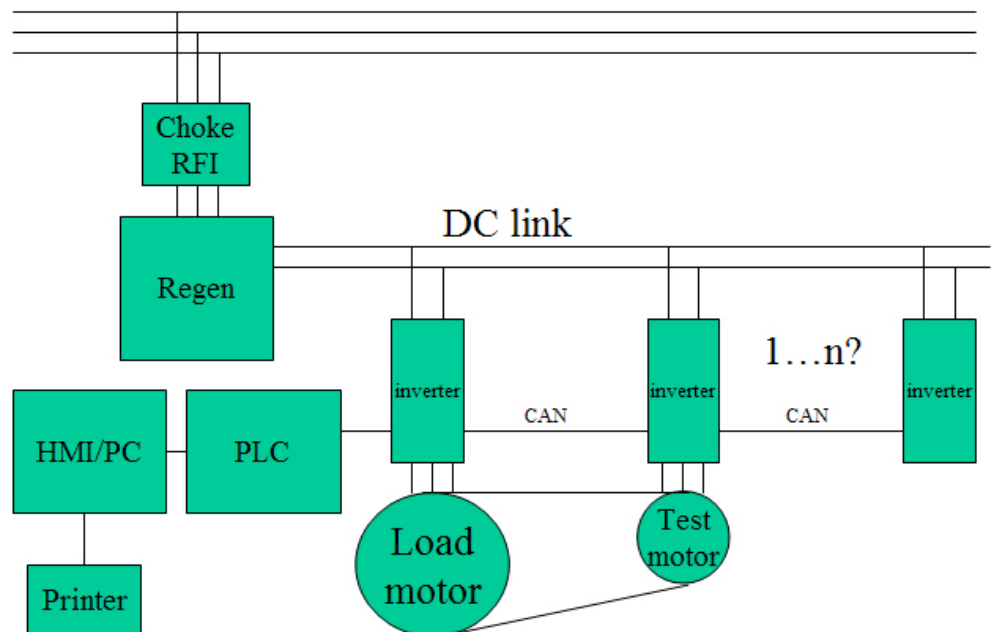
KUVIO 2. Erityiseen tarpeeseen rakennettu sovellus

Tässä järjestelmässä hyvää oli sen edullinen hinta. Haittapuolia olivat kuormamomentin epätarkka säätö, jolla ei lisäksi sen käsikäyttöisyyden vuoksi voida aikaansaada ennalta määrättyä ramppia. Kiilahihnapyörän sovitus moottorin akselille oli lisäksi hankalaa. Jalkamallin moottoreita oli myös mahdotonta liittää laitteeseen.

## 4 OPINNÄYTETYÖNÄ RATKAISTU ONGELMA

### 4.1 Lähtötilanne

Tilaaajayrityksessä oli laadittu alustava kaavio testilaitteen järjestelmästä. Kuviosta 3 nähdään yrityksen alustava idea testilaitteen toteuttamiseksi. Sekä kuormaa että testattavaa moottoria halutaan ohjata taajuusmuuttajilla (inverter). Teho syötetään regeneratiivista syöttöyksikköä (Regen) ja tasavirtapiiriä (DC link) apuna käyttäen. Laitteen ohjaus tapahtuu HMI:n, pc:n ja PLC:n yhteistyönä. Kuvion 3 ja jäljempänä kerrottavien syiden ja toiveiden/vaatimusten pohjalta lähdettiin kartoittamaan laitteen rakennetta.



KUVIO 3. Tilaaajayrityksen hahmotelma laitteiston sähköisestä rakenteesta

Tilaaajayrityksen halu saada testilaitte liittyä yrityksen toimipisteessä tapahtuneeseen laajennukseen ja toimintojen kehitykseen. Toimipisteessä ei ollut mahdollisuutta testata moottoreita kuormitettuna.

Synkroni- ja asynkronimoottorien käyttökohteet ovat muuttuneet taajuusmuuttajien kehityttyä. Nykyisin asynkronimoottoreita voidaan käyttää hyvinkin dynaamisissa käytöissä. Tilaajayrityksessä on kiinnostusta testata erityisesti asynkronimoottorien kykyä tuottaa suuria hetkellisiä momentteja suhteessa niiden lämpenemiseen. Yleisesti halutaan testata moottorien todellista suorituskykyä mm. ylimitoittamisen pienentämiseksi.

Asiakkaalta huoltoon tuleva moottori voidaan testata ennen huoltoa, mikäli epäillään, että moottorin kunto ei vastaa asiakkaan ilmoittamaa kuntoa, esimerkiksi takuhuoltotapauksissa. Lisäksi moottori voidaan testata huollon jälkeen, jotta voidaan todeta moottorin kunnan muuttuneen halutunlaiseksi.

Käytön valinta asiakkaan laitteeseen tapahtuu erilaisten laskukaavojen ja kokemuksen perusteella. Laskukaavoja käytettäessä on kuitenkin käytettävä riittäviä varmuuskertoimia, mikä saattaa johtaa tarpeettomaan ylimitoitukseen, erityisesti erikoisemmissä sovelluksissa. Testilaitteella voidaan simuloida asiakkaan laitteen aiheuttamaa kuormaa ja testata erilaisten moottorien kykyä suoriutua tehtävässä käytännössä.

Lisäksi yksi syy testilaitteen toteutukseen on markkinointi, yrityksen halu esitellä sen tuotteita. Erityisesti haluttiin esitellä ohjauspuolen tuotevalikoimaa: HMI-näyttöä ja ohjelmoitavaa logiikkaa. Haluttiin näyttää käytännössä, kuinka jokin automaatiojärjestelmä mekaanisine käyttöineen voidaan toteuttaa yrityksen tuotteilla. Lisäksi testilaitteessa nähdään, miten yrityksen tuotteet toimivat myös muiden valmistajien komponenttien, kuten momentinmittausakseleiden kanssa.

## 4.2 Vaadittavat ominaisuudet

### 4.2.1 Testattavat moottorit

Testilaitteesta haluttiin sellainen, että sillä pystytään testaamaan mahdollisimman suuri osa yrityksen tuoteohjelman moottoreista. Laitteella ei ole tarkoitus testata muiden valmistajien laitteita.

Yrityksen pääasialliset moottorityypit ovat synkroni- ja asynkroni-AC-moottorit, joten nämä molemmat tyypit tulee voida testata laitteella. DC-moottorien testausta ei siis tarvittu. Toki laitteella voidaan kuormittaa mitä tahansa laitetta, joka voidaan liittää siihen mekaanisesti. Sen ohjausta ei kuitenkaan välttämättä voida hoitaa taajuusmuuttajilla.

Paras mahdollinen tapaus on, että laitteella voidaan testata kaikki yrityksen tuoteohjelmassa olevat eritehoiset moottorit. Teholtaan aivan pienimmät moottorit ovat kuitenkin sen verran vähäisessä tuotannossa, että testilaitteeseen liittyvien moottorien minimitehoksi voidaan valita 0,12 kW (0,83 Nm/1500 RPM). Maksimitehon puolestaan rajoittaa saatavissa oleva 3 x 400 V, 63 A sähköteho. Näennäistehona on n. 44 kVA.

Yrityksen tuoteohjelman nopeimmin pyöriviä moottoreita ovat pienet synkronimoottorit, joita tehdään jopa nopeuksille 6000 RPM. Nämä moottorit vaativat kuitenkin kuorman, jolla voidaan jarruttaa tässä nopeudessa. Mikäli käytetään järjestelmäluonnoksen mukaisesti kuormana toista moottoria, pitää tämänkin moottorin olla 6000 RPM -sarjaa. Näillä moottoreilla ei kuitenkaan saada aikaan suuria momenteja, joita vaaditaan hitaammin pyörivillä moottoreilla. Seuraavaksi nopeimpaan sarjaan, 4500 RPM, siirtyminen on näin ollen aiheellista. Tämä asettaa myös alhaisemmat vaatimukset muiden pyörivien osien tasapainotukselle, mikä helpottaa laitteen valmistusta ja käyttöä. Oikosulkumoottoreista nopeimpia

ovat kaksinapaiset moottorit, joiden nopeus saadaan kaavasta 1 (Beaty & Kirtley 1998, 7) Näiden nopeus ei siis nouse ongelmaksi.

$$RPM = \frac{120 * f}{P} \Rightarrow \frac{120 * 50 \text{ Hz}}{2napaa} = 3000 \text{ RPM} \quad (\text{KAAVA 1})$$

Eri moottorien mekaaniset ominaisuudet aiheuttavat ongelmia laitteen mekaniikan suunnittelussa. Mekaanisesti erityyppisiä ja -kokoisia moottoreita on kirjaimellisesti satoja.

Jokaista moottoria voidaan tehdä monella erilaisella laipalla. Erikokoisten IEC-standardin laippojen lisäksi yrityksen valmistamiin vaihteisiin käyvät erikoislai-  
pat. Asynkronimoottoreissa käytettävät IEC-laipat ovat erilaisia kuin synkronimoottoreissa käytettävät IEC-laipat. Lisäksi yrityksen vaihteisiin sopivia laippoja käytetään sekä synkroni- että asynkronimoottoreissa. Nämä laipat tosin vastaavat kooltaan IEC-laippoja, erotuksena reikien kohdat (IEC-laipassa 90 astetta, vaihdelaipoissa 45 astetta). Toiveena on, että millä tahansa laippatyypillä ja -koolla varustetut moottorit voidaan liittää laitteeseen. Edellä määritellyllä tehoalueella olevissa moottoreissa käytetään laippakokoja 120 mm...550 mm. Onneksi aivan suurimmat laipat tässä kokoluokassa ovat harvinaisia. Näin ollen laitteeseen liitettäväksi maksimilaipaksi voidaan ajatella 450 mm, joka sekin tosin on todella suuri.

Asynkronimoottoreita saa ilman kiinnityslaippaa, jolloin niihin on asennettu kiinnitysjalat IEC-standardin mukaan. Näitä moottoreita ei siis voi kiinnittää laipasta vaan ne on kiinnitettävä akselin suuntaiseen, tasaiseen pintaan. Moottorit, jotka voidaan tehonsa puolesta kiinnittää laitteeseen, tulee voida kiinnittää myös jalkamalleina.

Moottorin akseleita on kolmea eri tyyppiä: kiilauralliset ja -urattomat IEC-standardin mukaiset akselit sekä yrityksen erikoisakselit, joilla liitytään yrityksen omiin vaihteisiin. Nämä akselit ovat erityisen lyhyitä ja ohuita, kiilaurallisia akseleita, joihin asennetaan hammaspyörä, kun ne liitetään vaihteeseen. Näitä kaikkia kolmea tyyppiä on useita eri kokoja, ja ne kaikki pitää saada liitettyä laitteeseen.

Vakiojännitteestä 230/400 V poikkeavia erikoisjännitteisiä moottoreita ei laitteella testata. Nämä vaativat muuntajan ohjauskeskukseen, eikä katsota, että näitä moottoreita tarvitsee testata kuorman kanssa siinä määrin, että muuntajan asentaminen on järkevää. Erilliskäämittyjä kaksinopeusmoottoreita (Dahlander) ei voida ajaa järjestelmäluonnoksen mukaisten taajuusmuuttajien avulla, mutta niitä voidaan testata suoralla kytkennällä. Yksinopeusmoottoreita, joissa on useampi kuin kaksi napaparia, voidaan ajaa normaalisti taajuusmuuttajilla. Moottorimallit, jotka on varusteltu moninapaliittimillä tai mekaanisilla lisävarusteilla, voidaan myös ajaa ilman ongelmia.

#### 4.2.2 Testattavat asiat

Laitteella tulee voida mitata kolmea perussuuretta: pyörimisnopeutta, virtaa sekä vääntömomenttia. Näistä kolmesta voidaan johtaa muita käyttäjää kiinnostavia suureita, kuten teho (vääntömomentin ja pyörimisnopeuden tulo) ja moottorin kiihtyvyyden arvot (kulmakiihtyvyys ja -hidastuvuus) vastamomentin eri arvoilla. Lisäksi voidaan tarkkailla testattavan moottorin kykyä pitää tietty momentti tai pyörintänopeus toisen vaihdella. Myös paikoitustarkkuuden tutkiminen on kiinnostavaa.

### 4.2.3 Erilaiset testaussekvenssit (simulointikäytöt)

Kuormamoottoria tulee ohjata niin, että se simuloi mahdollisimman monia erilaisia kuormituksia. Tarkoituksena on, että kuormamoottorilla voidaan simuloida erilaisia todellisia kuormituksia, kuin myös kuormituksia, joiden avulla saadaan tietoa moottorin ominaisuuksista.

Teoriassa (kaava 2) työkoneen aiheuttama momentti voidaan tarkasti ilmoittaa käyttönopeuden potenssisarjana (Mård 1992, 221.):

$$T_w = \sum_{-\infty}^{\infty} T_{wn} \left( \frac{\omega_m}{\omega_{mN}} \right)^n \quad (\text{KAAVA 2})$$

Käytännössä vastamomentteja kuvataan yhden eksponentin avulla, jolloin n saa arvon  $-1 \dots +2$ . Näille voidaan antaa sanalliset nimet. (Mård 1992, 221.)

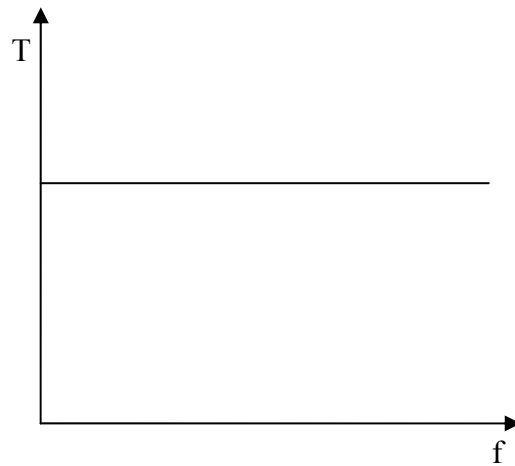
Vakiotehokäyttöä kuvataan kaavalla 3. Tällaista luonnollista vastamomenttia ei kuitenkaan ole olemassa. (Mård 1992, 221.)

$$T_w = T_{wn} \left( \frac{\omega_m}{\omega_{mN}} \right)^{-1} \quad (\text{KAAVA 3})$$

Tasainen momentti (kuvio 4) on riippumaton pyörimisnopeudesta. Kuvion 4 ja kaavan 4 mukaisia käyttäjiä ovat hissi- ja nosturikäytöt. Lisäksi hitaasti liikkuvat liikennevälineet ja kompressorit voivat kuulua tähän luokkaan. (Mård 1992, 221.)

$$T_w = T_{wn} \left( \frac{\omega_m}{\omega_{mN}} \right)^0 \quad (\text{KAAVA 4})$$

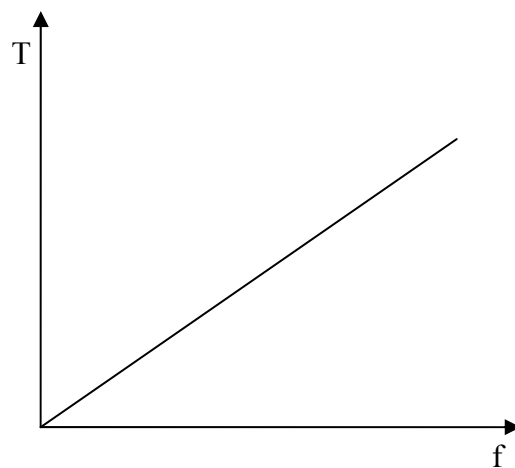




KUVIO 4. Vakiomomentti

Kuvion 5 ja kaavan 5 mukainen lineaarisesti, suoraan pyörimisnopeuden suhteen nouseva momentti on tyypillinen jatkuvaa muovausta tekeville koneille. Tällaisia ovat esim. valssit, kalanterit, leikkurit, sahat yms. (Mård 1992, 222.)

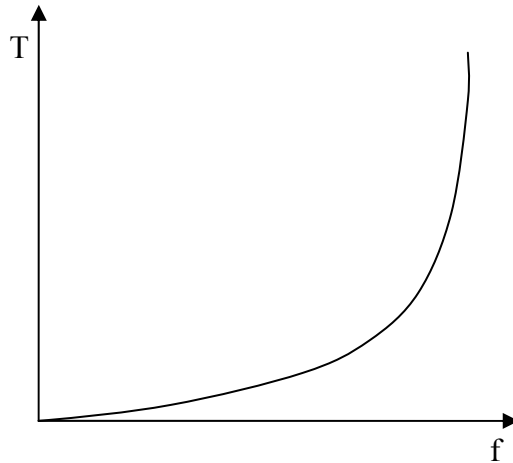
$$T_w = T_{wn} \left( \frac{\omega_m}{\omega_{mN}} \right)^1 \quad (\text{KAAVA 5})$$



KUVIO 5 Lineaarinen momentti

Kuvion 6 ja kaavan 6 mukaisen neliöllisesti nousevan momentin aikaansaavat pumput puhaltimet ja potkurit (Mård 1992, 221.).

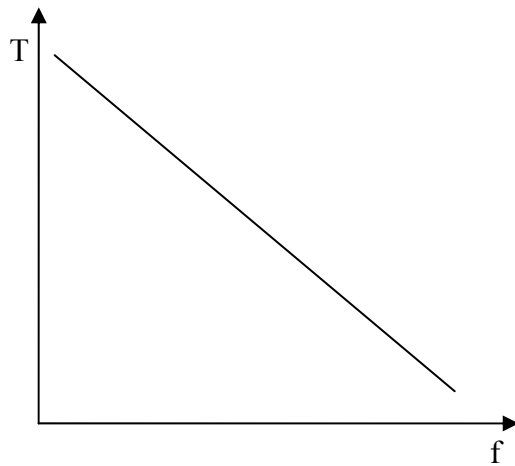
$$T_w = T_{wn} \left( \frac{\omega_m}{\omega_{mN}} \right)^2 \quad (\text{KAAVA 6})$$



KUVIO 6. Neliöllinen momentti

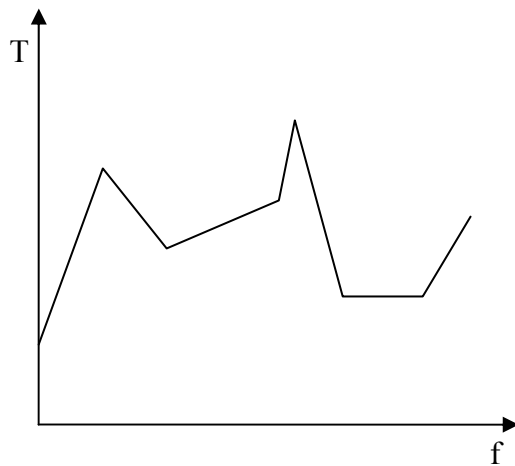
Kuvion 7 ja kaavan 7 tapainen laskeva momentti esiintyy kelauskäytöissä, joissa kelattavan tuotteen on liikuttava samalla nopeudella, ja kelan halkaisija kasvaa tuotteen kertyessä kelalle. Esimerkkinä tällaisesta on paperikoneen rulla.

$$T_w = T_{wn} \left( \frac{\omega_{mN} - \omega_m}{\omega_{mN}} \right) \quad (\text{KAAVA 7})$$



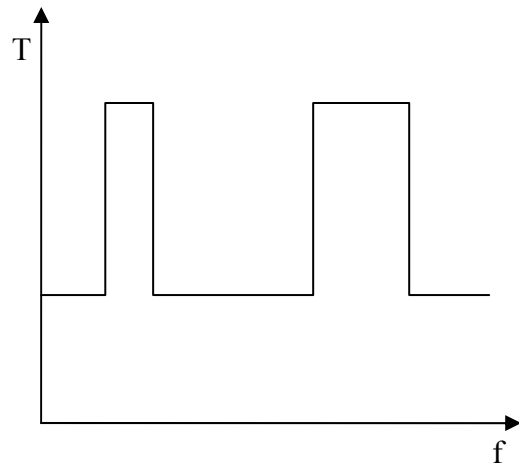
KUVIO 7. Kääntäen verrannollinen momentti

Vapaan momenttikäyrän (kuvio 8) avulla voidaan kuvata mitä tahansa käyttöä, jota ei voida simuloida edellä olevilla käyrillä.



KUVIO 8. Vapaasti määritelty momenttikäyrä

Joskus voidaan kuvata jonkun käytön momenttia helpommin staattisen vakiomomentin ja vapaasti määritellyn dynaamisen momentin avulla (kuvio 9).

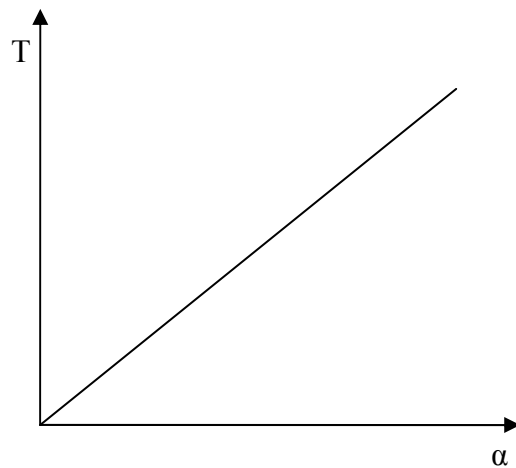


KUVIO 9. Puolittain vapaasti määritelty momenttikäyrä

Erilaisissa koneissa on usein hitausmassaa. Tätä voidaan simuloida kaavalla 8, josta seuraa kuvion 10 mukainen momentti suhteessa kulmakiihtyvyyteen.

$$T_w = J * \alpha$$

(KAAVA 8)



KUVIO 10. Hitausmassan aiheuttama vastamomentti

## 5 PENKIN TOTEUTUSVAIHTOEHDOT

Vaikka tilaajayrityksessä oli tehty kaaviokuva järjestelmästä ja heillä oli pääpiirteittäinen kuva laitteesta ja sen toiminnasta, piti myös muita toteuttamisvaihtoehtoja tutkia. Lisäksi mm. mekaaniset ratkaisut oli jätetty auki ratkaistavaksi.

### 5.1 Kuorma

Kuorman toteuttamiseen on muitakin vaihtoehtoja kuin toisen moottorin käyttäminen kuormana. Mekaanisen jarrun käyttöä puoltavia seikkoja on lähinnä ainoastaan sen hinta. Esimerkiksi levyjarrua käyttäessä on sen ohjaaminen sähköisesti vaikeaa. Varsinkin eri momenttien tuottaminen on hankalaa. Lisäksi mekaanisen jarrun kuluminen on yksi haittapuoli. On huomioitava myös, että mekaanisen jarrun kanssa tulevat myös melu- ja pölyongelmat vastaan.

Hitausmassaan perustuvia tehopenkkejä on olemassa, mutta erilaisia kuormituskäyriä niillä ei voi simuloida. Tällä testilaitteella ei ole tarkoitusta testata moottorien käyttäytymistä suuriin hitausmassoihin kytkettynä. Sitä varten tilaajayrityksellä on tarkoituksena tehdä oma yksinkertainen testauslaitteensa. Pikemmin tässä projektissa tulee pyrkiä kuormaan, jossa on mahdollisimman vähän hitausmassaa tai inertia suhde on lähellä 1:1.

Tämänkin testilaitteen alustavaan järjestelmäkaavioon oli piirretty kuormaksi sähkömoottori. Usein sähkömoottorien kuormituksessa käytetään toista sähkömoottoria, joka tuottaa pyörimissuuntaansa nähden negatiivista vääntömomenttia eli jarruttaa pyörimistä. Varsinkin näin suurilla tehoilla toimittaessa on huolehdittava jarrutuksessa syntyvän hukkatehon hävittämisestä.

Mikäli hukcateho hävitetään jarruvastuksiin, syntyy siitä huomattavasti lämpöä. Tämä ei ole toivottua, sillä testilaitteen sijoituspaikka on matala, suljettu tila. Koska jarruvastuksia ei voida käyttää, on ainoa vaihtoehto tilaajayrityksen luonnosteleva järjestelmä, jossa hukcateho siirtyy tasajännitepiirissä, dc-link, suoraan kuormamoottorilta testimoottorille tai päinvastoin. Lisäksi on mahdollisuus tehon syöttämiseen takaisin verkkoon regeneratiivisen syöttöyksikön kautta.

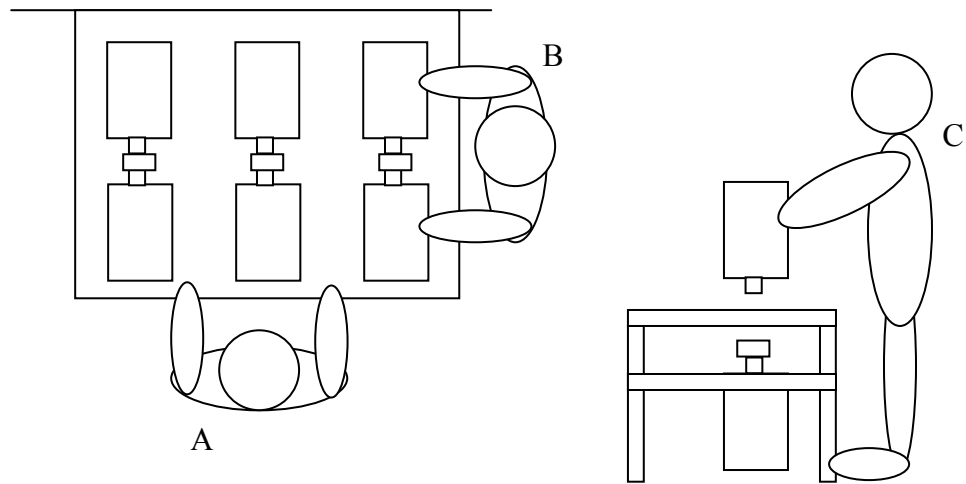
## 5.2 Mekaaninen rakenne

Testilaitteen runko on tehtävä rakenneteräksestä. Alumiininen, hitsattu tai profiilirakenne on liian heikko moottorien massoille ja vääntömomenteille. Värinöiden ehkäisemiseksi voidaan tehdä päärunko ja siihen värinänvaimentimilla liitetty apurunko, johon testiasetelmat kiinnitetään kiinteästi. Toinen mahdollisuus on tehdä täysin jäykkä rakenne, joka ankkuroidaan jäykästi lattiaan. Täysin jäykkä rakenne voidaan myös asettaa lattialle värinänvaimentajien varaan.

### 5.2.1 Testimoottorien asennusasento

Yksinkertaisissa, yhden kuormamoottorin sovelluksissa ovat testi- ja kuormamoottori yleensä suoraan vastakkain liitettynä kytkimillä toisiinsa. Mikäli testiasetelmat, kuorma ja testimoottori, asennetaan testilaitteeseen pitkittäin käyttäjään nähden (kuviossa 11, vaihtoehto A), on niihin ja erityisesti niiden välissä olevaan kytkimeen vaikea päästä käsiksi.

Mikäli testiasetelmat asetetaan poikittain käyttäjään nähden niin (kuviossa 11, vaihtoehto B), että molempiin moottoreihin sekä niiden välissä oleviin kytkimiin pääsee helposti käsiksi, vie se huomattavasti enemmän tilaa sivusuunnassa.



KUVIO 11. Testiasetelmien erilaisia sijoitteluvaihtoehtoja

Pystyyn, akseli alaspäin asennettava testimootori (kuviossa 11, vaihtoehto C) on helppo laskea paikalleen, mutta eri moottorien laippa-akseli-offsetin kompensointi on vaikeaa. Lisäksi jalkamoottorien kiinnitys on hankalaa.

### 5.2.2 Testimoottorin kiinnitys

Testimoottorin kiinnitys tulee olla mahdollisimman helppoa ja nopeaa. Kiinnitys pitää olla kuitenkin erittäin tukeva ei-toivottujen värinöiden ehkäisemiseksi. Lisäksi erilaiset kiinnitystavat ja liitoselimien suuresti vaihteleva koko vaikeuttavat kiinnittämistä.

Laippoja on eri kokoja ulkohalkaisijaltaan 120 mm:stä aina 500 mm:iin ja sitä isompia. Eri standardien laipat sopivat onneksi hyvin yhteen ja ohjaavan olakkeen, kiinnitysreikien sekä niiden jakohalkaisijan koot ovat yhtenevät kaikkien edellä mainittujen laippastandardien kesken. Näin ollen eri standardien laipat käyvät samoihin kiinnityksiin, kunhan ohjaavan olakkeen nimellishalkaisija on sama ja välystä on riittävästi.

Laippakiinnitystä varten on tehtävä yksi kiinnitysreikä, joka vastaa suurinta mahdollista laippaa, ja tähän sopivia sovitelaippoja, joilla voidaan pienentää reikä sopivaksi. Näiden sovitelaippojen hinta ei nouse merkittäväksi.

Kuten edellä on mainittu, asynkronimoottoreita saa myös jalkamalleina. Joka moottorikoossa jalkojen etäisyys akselista muuttuu aksiaali- ja radiaalisuunnassa, sekä leveyssuunnassa. Myös jaloissa olevien kiinnitysreikien koko vaihtelee. Joka moottorikoolle tulee näin tehdä oman kokoisensa ja korkuisensa teline. Toinen vaihtoehto on tehdä yksi teline, jossa kaikki edellä mainitut mitat säätyvät tavalla tai toisella.

Eri akselikokoja ja -tyyppjä varten on hankittava niihin sopivat kytkimet: kiilallisille akseleille kiilauralliset kytkimet ja sileille akseleille kiristysholkkikytkimet tai vastaavat.

### 5.3 Mittaus

#### 5.3.1 Vääntömomentin mittaus

Tärkein yksittäinen mittaustieto on testattavan moottorin vääntömomentti tietyllä ajan hetkellä.

Moottorin antama vääntömomentti saadaan tietoon suoraan taajuusmuuttajalta CAN-väylää pitkin. Taajuusmuuttaja laskee momentin virran avulla perustuen moottorin matemaattiseen malliin. Tästä syystä tämä arvo ei vastaa välttämättä todellisuutta. Ei ole tiedossa, kuinka tarkkaan tieto seuraa todellista vääntömomenttia. Ei myöskään tiedetä, miten muuttajan antama momenttiarvo käyttäytyy vioittuneen moottorin kanssa.

Koska taajuusmuuttajan antamaan momenttiarvoon ei välttämättä voida luottaa, on aiheellista mitata vääntömomenttia myös ulkoisten antureiden avulla. Tällöin



voidaan vertailla taajuusmuuttajan antamaa momenttiarvoa todelliseen. Näin saadaan selville mahdolliset viat. Anturointiin on kaksi pääasiallista vaihtoehtoa: epäsuora tai suora.

Perinteinen tapa mitata vääntömomenttia erityisesti vaihteiden kanssa käytettäviltä moottoreilta on asentaa venymäliuska- tai muu vastaava voima-anturi vääntömomenttia tuottavan laitteen momenttitukeen. Tämä on helppo tapa, mikäli käyttö esimerkiksi roikkuu vapaasti käytettävän akselin varassa. Mikäli tässä tapauksessa käytetään vastaavaa sovellusta, on kuormamoottorin kiinnitys tehtävä vapaasti pyöriväksi ja siihen on tehtävä erillinen momenttituki, johon asennetaan voimaanturi. Tällaisen konstruktion hyötysuhdetta on hankala arvioida, mikäli halutaan todella tarkkaa arvoa vääntömomentista. Lisäksi se on hankala valmistaa, mikä nostaa näin valmistuskuluja. Venymäliuska-anturi voidaan kiinnittää myös tehonsiirtoakseliin (Johnsson & Kördel 1999, 47). Tässä tapauksessa se ei kuitenkaan käy päinsä.

Uudempi tapa, joka on myös tiettävästi käytössä tilaajayrityksen kilpailijalla, on mitata vääntömomenttia suoraan erityisellä momentinmittausakselilla. Se toimii tavallisena nivelakselina, jossa on kytkimet päissä. Akselin ympärille on laakeroituna kotelo, joka sisältää elektroniikka, kuten mittalähttimen. Itse mittaus tapahtuu kahden, kotelon sisällä olevan, pulssianturin mittauskiekkoja vastaavien laitteiden avulla. Kiekot ovat lähellä akselin päitä, ja niiden avulla mitataan akselin kiertymiskulmaa. Tästä saadaan edelleen vääntömomentti. Anturin tarkkuudeksi luvataan jopa promille mittausalueesta, mikä on tähän sovellukseen varmasti riittävä.

### 5.3.2 Pyörinnän mittaus

Pyörintänopeuden mittaus tapahtuu helpoiten kuormamoottoriin integroidun pulssianturin kautta. Tätä anturia tarvitaan myös, mikäli moottoria halutaan ohjata suljetulla säädöllä, mikä mahdollistaa tarkan vääntömomentin säädön. Pulssianturi kytketään tällöin suoraan moottoria ohjaavalle taajuusmuuttajalle, josta pyörimisnopeustieto saadaan helposti suoraan suunniteltua CAN-väylää pitkin. Erillisellä pulssianturilla ei saavuteta mitään etua moottoriin integroituun pulssianturiin nähden, varsinkin kun moottoriin tullaan joka tapauksessa asentamaan oma anturinsa. Kuormamoottoriin integroitu pulssianturi voidaan myös käytännössä korvata resolverilla. Yhtiön omat resolverit toimivat myös suoraan taajuusmuuttajien kanssa.

## 5.4 Ohjaus ja tiedonkeruu

Testilaitteen ohjausta ajatellen on olemassa kaksi vaihtoehtoa: joko ohjata laitetta PLC:llä tai suoraan teollisuus-pc:llä. Laitteen yhteyteen tarvitaan joka tapauksessa pc, jotta laitteeseen tulevat taajuusmuuttajat voidaan konfiguroida. Lisäksi pc tarvitaan testaustietojen tallentamiseen ja edelleen lähetykseen. Tilaajayrityksellä ei ole kuitenkaan tuoteohjelmassaan teollisuus-pc:eitä. Järjestelmäkaavioon piirrettyjä PLC:eitä sen sijaan on, kuin myös HMI-näyttöjä.

Tiedonkeruu, tallentaminen ja arkistointi ovat tärkeitä osia laitteen toimintaa ajatellessa. Yksittäisten moottorien testaustietojen on löydyttävä helposti ja nopeasti pitkiäkin aikojen päästä. Tähän tarvitaan luultavammin pc tai Ethernet-kiintolevy. Tehokas tiedonsiirto on olennainen osa tällaisen monimutkaisen laitteen suunnittelussa ja rakennuksessa.

Ethernetiä voidaan käyttää kaikkien kehittyneempien laitteiden välillä, mukaan lukien HMI-paneeli, PLC, taajuusmuuttajat ja pc. Lisäksi testausraportteja voidaan siirtää edelleen Ethernetiä pitkin.

CAN-väylä voi toimia lähinnä PLC:n ja taajuusmuuttajien välisessä tiedonsiirrossa. Profibus-, AS-interface- tai muiden vastaavien väylien käyttöä ei toivota, sillä ne eivät läheisesti liity tilaajayrityksen tuoteohjelmaan. Suoraa i/o:ta käytetään kenttälaitteiden, kuten turvarajojen tietojen siirrossa. Laitteeseen tulevia laitteita on niin vähän, että väylätekniikkaa ei kannata käyttää niissä.

## 6 RATKAISU: LAITEJÄRJESTELMÄ

Koska testattavien moottorien skaala on laaja, niin tehollisesti kuin moottorien fyysisten kokojenkin puolesta, päädyttiin kolmeen erikokoiseen kiinteästi asennettuun kuormamoottoriin. Näin kuormamoottorin teho ja momentti on aina suurempi kuin testattavan moottorin, moottorien inertiasuhteen ylittämättä kuitenkaan 10:ntä. Kaksi pienintä moottoria ovat synkroniservoja ja suurin on oikosulkumoottori. Synkronimoottorien nimellispyörimisnopeus on 4500 RPM ja asynkronimoottorin 1500 RPM. Kaikki kolme on varustettu erillistuulettimilla, jotta niiden teho voidaan hyödyntää mahdollisimman tarkasti. Näillä kolmella saadaan siis kuormitettua kaikki yrityksen AC-moottorit teholuokassa 0,12...22 kW ja pyörimisnopeusluokassa 0...4500 RPM, niiden maksimitehoihin ja pyörimisnopeuksiin saakka. Lisäksi voidaan kuormittaa vajavaisesti myös suurempien tehojen ja nopeuksien moottoreita.

### 6.1 Tehonsyöttö

Ohjauskeskukseen syötetään kolmivaiheinen  $U_p = 400 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ ,  $I = 63 \text{ A}$  sähkövirta. Tämä ohjataan kuristimen kautta regeneratiiviselle syöttöyksikölle ja siitä edelleen taajuusmuuttajille. Tämä toteutui siis alkuperäisen järjestelmäkaavion mukaan. Lisäksi samasta syötöstä saavat virtansa myös ohjauskomponentit, moottorien tuulettimet ja jarrut, kuin myös suorakäynnistimet, jotka lisättiin erikoismoottoreita varten.

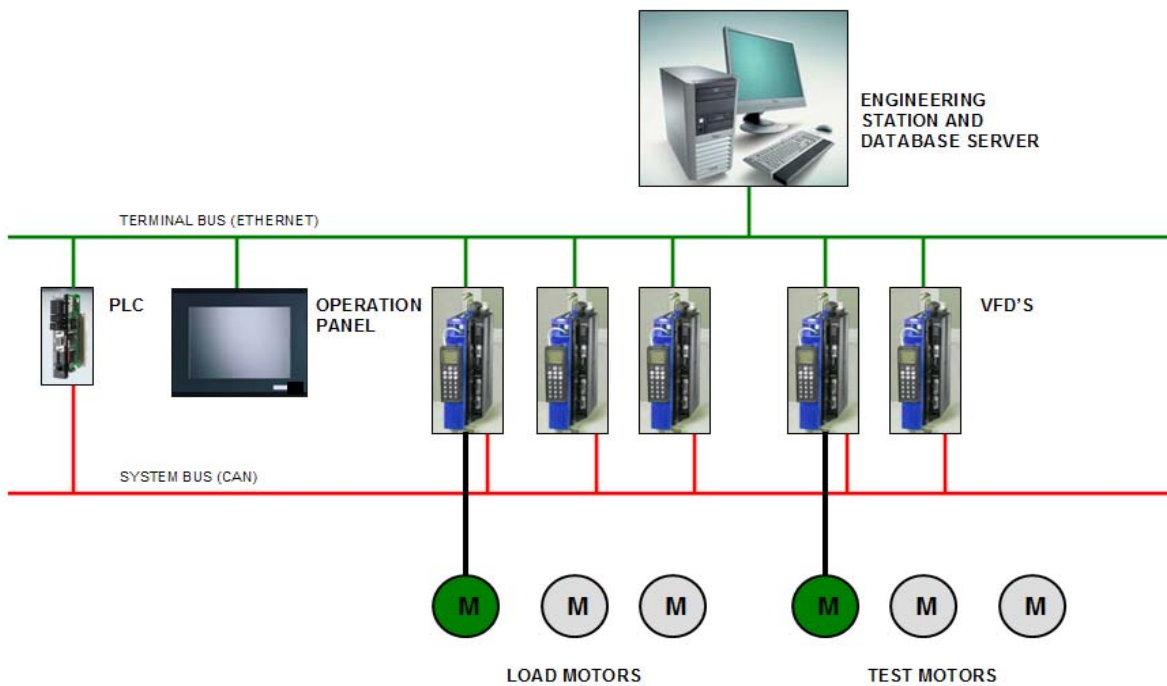
Testilaitteen ohjauskeskukseen haluttiin sijoittaa regeneratiivinen syöttöyksikkö, jonka tehtävänä on korvata jarruvastukset ja syöttää moottoreita jarruttaessa syntyvä sähköteho takaisin verkkoon. Sen lisäksi, että säästytään jarruvastusten käytöltä, voidaan lisäksi esitellä kyseistä laitetta toiminnassa. Regeneratiivinen syöttöyksikkö sisältää tasa- ja vaihtosuuntaajat, ja sen kanssa käytetään aina kuristinta tasaamaan virran vaihtelua.

Regeneratiivinen syöttöyksikkö muuttaa vaihtosähkön tasasähköksi, joka siirretään n. 600 Voltin tasavirtapiiriä, dc-link, pitkin suoraan taajuusmuuttajien välipiiriin. Kun kuormamoottori jarruttaa, siirtyy hukkateho taajuusmuuttajalta takaisin syöttöyksikölle dc-linkiä pitkin. Käytännössä teho ei siirry kuitenkaan syöttöyksikölle asti, vaan se käytetään suoraan toisella taajuusmuuttajalla testattavaan moottoriin.

Taajuusmuuttajia on viisi kappaletta, eri teholuokille omansa. Nimellistehoiltaan muuttajat ovat 1,5, 4, 11, 22 ja 37 kW. Kahta suurinta muuttajaa käytetään kuormamoottorien ohjaamiseen. Toiseksi suurinta käytetään lisäksi myös suurimpien testimoottorien ohjaamiseen. Kolmea pienintä käytetään ainoastaan testimoottorien ohjaukseen. Kaikki muuttajat ovat samantyyppisiä, modulaarisia laitteita, jotka pystyvät niin VFC- kuin CFC-säätöönkin. Niillä voidaan ohjata niin asynkronimoottoreita kuin synkronimoottoreitakin. Muuttajat on suunniteltu käytettäväksi yrityksen valmistamien moottorien kanssa.

## 6.2 Ohjaus

Ohjauksessa päädyttiin HMI-paneelin, PLC:n ja pc:n yhdistelmään, sillä teollisuus-pc:tä ja erillistä valvomo-ohjelmistoa ei haluttu lähteä hankkimaan tilaajayrityksen ulkopuolelta. Kuviosta 12 nähdään, miten taajuusmuuttajat, HMI, PLC ja pc on liitetty ethernetiin. PLC ja taajuusmuuttajat ovat lisäksi kytketty toisiinsa CAN-väylän kautta. Järjestelmän konfigurointi tapahtuu HMI:n ja pc:n kautta. Testaussekvenssin ohjaus ja testauksen aikaisen mittausdatan keruu tapahtuu HMI:llä.



KUVIO 12. Toteutunut järjestelmärakenne

### 6.2.1 Anturointi

Vääntömomentin mittaus tapahtuu momenttimittausakselien avulla, jokaisessa kolmessa testiasetelmassa on omansa. Lisäksi jokaisen testiasetelman suojan paikallaan oloa valvotaan induktiivisien rajojen avulla. Jotta laitteesta ei aiheudu vaaraa, lukitusehtoina käytetään suojiin rajoja (Crispin 1997, 33.). Lisäksi kuormamotorien lämpötilaa tarkkaillaan PTC-tyyppisten anturein.

### 6.2.2 Tiedonkeruu

Momentinmittausakseleilta ja taajuusmuuttajilta saatavat momenttitiedot sekä kuormamoottorin pulssianturilta saatava nopeustieto näytetään HMI-paneelilla. Tilaajayrityksen paneeleilla on mahdollisuus tallentaa tietoa paneelin sisäiseen muistiin, joten mittaustiedot voidaan siirtää yhtenä tiedostona Ethernet/TCP/IP:tä käyttäen, testilaitteen yhteydessä olevalle pc:lle jatkoprosessointia varten.

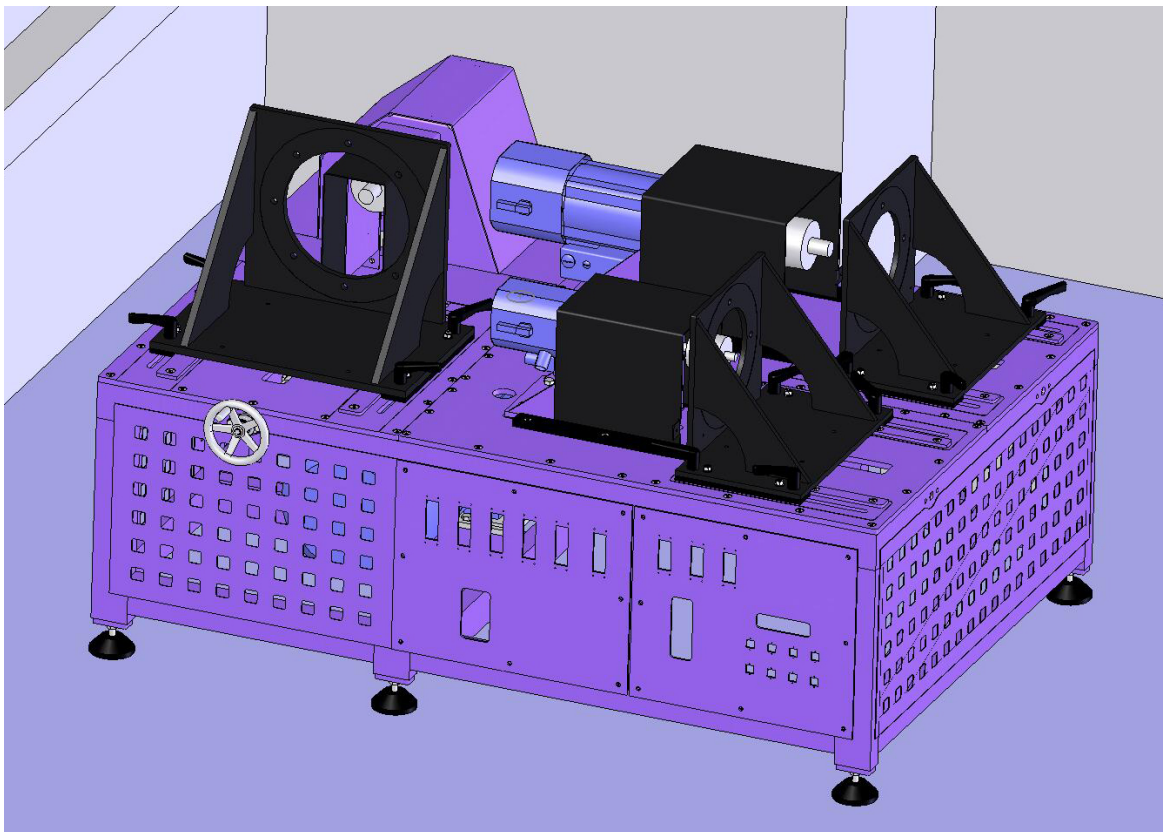
### 6.2.3 Kytkenäkaapelit

Testimoottorin vaihtuessa on valittava mikä taajuusmuuttaja kytketään testimoottoriin. Samoin kuin on valittava kumpi taajuusmuuttaja kytketään kuormamoottoriin. Mahdollisten vikojen minimoimiseksi ei kytkennässä haluttu käyttää kontakteita tai releitä. Kaapeleina käytetään häiriösuojattuja taipuisia kaapeleita. Jokaisen taajuusmuuttajan tehölähdöstä on vedetty kaapelointi testilaitteen rungossa olevaan moninapaliittimeen. Näihin liittimiin liitetään tarvittavat taipuisat jatkojohtimet, joiden toiset päät liitetään moottoreihin. Samaan tapaan toimitaan pulssianturien, resolverien, erillistuulettimien ja jarrujen kanssa.

## 7 RATKAISU: MEKANIikka

### 7.1 Yleiskuvaus mekaniikasta

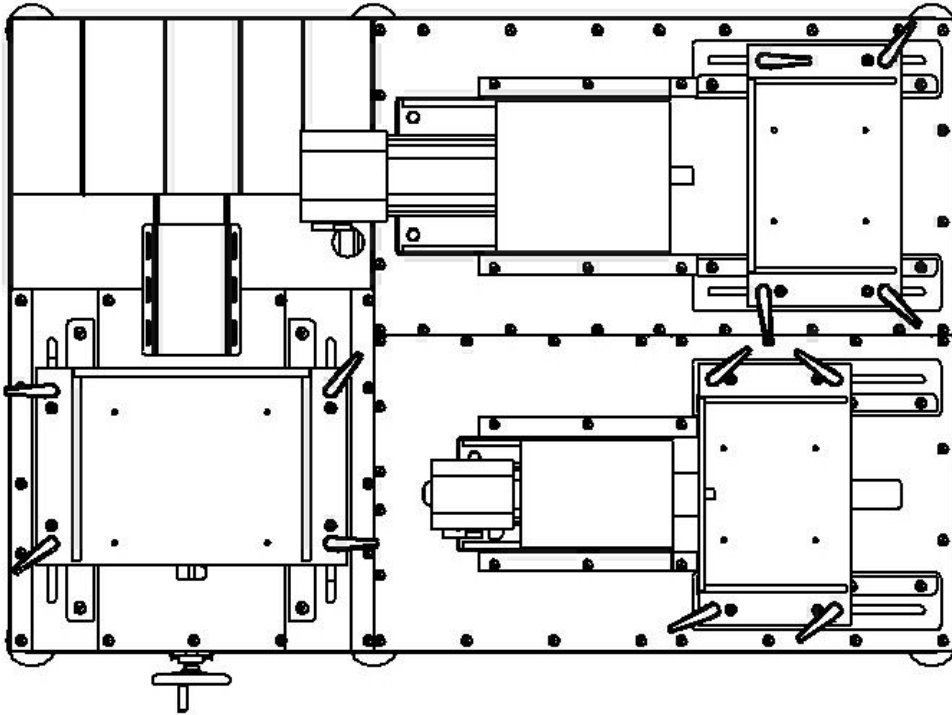
Kolmen kuormamoottorin sijoittelu mahdollisimman kompaktisti niin, että testimoottorien liittäminen onnistuu mahdollisimman helposti, oli pienoinen haaste. Suurin kuormamoottori asetettiin testipenkin alaosaan, josta sen teho siirretään hammashihnaa pitkin laitteen yläosaan laakeroidulle apuakselille. Tätä vastassa on moottorinpidin testattavaa moottoria varten. Kaksi pienempää kuormamoottoria ovat testilaitteen päällä, ja suoraan niitä vasten on asetettu moottorinpitimet testimoottoreita varten (kuvio 13).



KUVIO 13. Yleiskuva toteutuneesta mekaanisesta rakenteesta



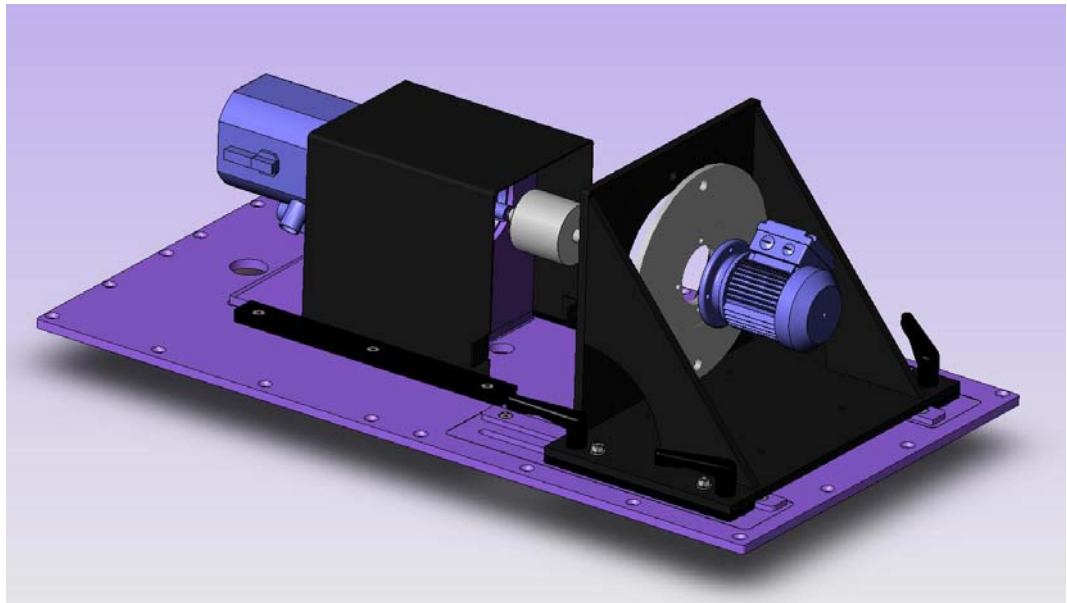
Kun moottorit on aseteltu näin, päästään jokaiseen testattavaan moottoriin käsiksi niin sivusta, kuin takaakin (kuvio 14). Testimoottorien mahdolliset lisälaitteet eivät estä asentamista laitteeseen, sillä moottorien peräpäät on suunnattu ulospäin laitteesta, jolloin niiden lisäpituus ei haittaa.



KUVIO 14. Päälikuvanto mekaniikasta

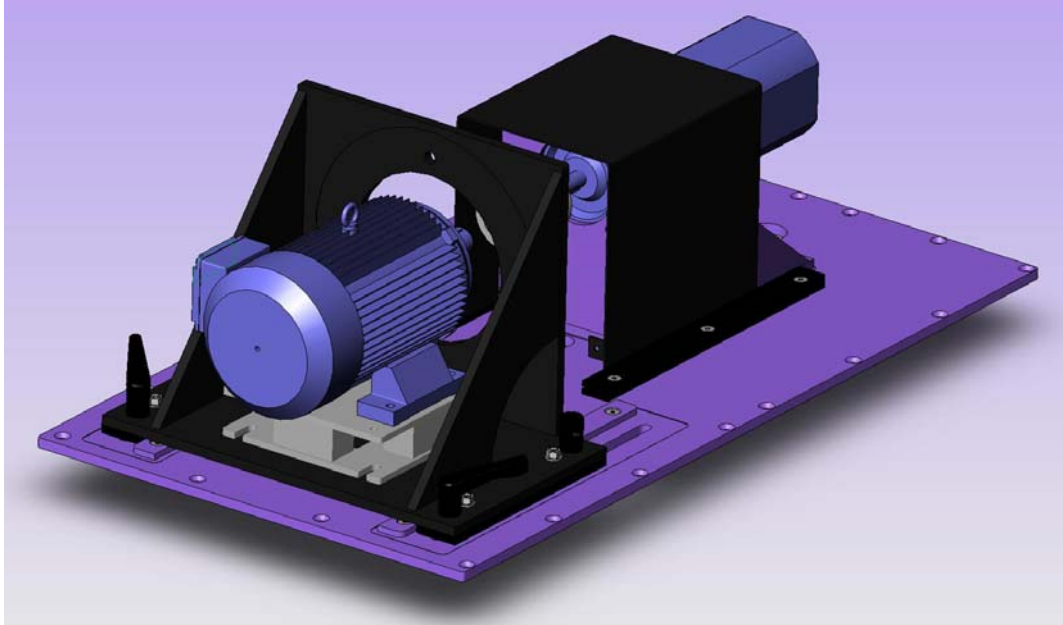
Moottorinpitimet liikkuvat aksiaalissuunnassa, jotta eri akselien päiden offsetit laippojen pintoihin nähden voidaan kompensoida. Lukitus tapahtuu kahvojen avulla. Momentinmittausakselit ovat kuormamoottorin akselilla lamellikytkimien varassa. Momentinmittausakselin toisessa päässä on testimoottorin akselille sopiva kytkin, jota joudutaan tarvittaessa vaihtamaan. Kytkimien rikkoutuessa laitteen käyttäjää suojaa teräksinen suojakotelo, joka liu'utetaan asennuksen ajaksi kuormamoottorin päälle. Eri akselikokoja varten on erilaisia kytkimiä. Pienimmillä tehoilla käytetään sivusta yhdellä ruuvilla kiristettävää kytkintyyppiä, johon voidaan liittää niin kiillattomat kuin kiilallisetkin akselin päät.

Suuremmilla tehoilla sileille ja kiilaurallisille akseleille on omat kytkimet. Sileät akselit kiristetään kartiomaisilla kiristimillä, kiilauralliset kiinnitetään pidätinruuvilla. Eri laippakokoja varten on teräksisiä sovitelaippoja, kuviossa 15 harmaana. Kahdessa pienimmässä testiasetelmassa käytetään moottorin pidintä, johon sopivat suoraan 350 mm:llä laipalla olevat moottorit. Suurimmassa testiasetelmassa käytetään 450 mm:n moottorinpidintä. Näin samat sovitelaipat käyvät kahteen pienimpään moottorinpitimeen. Suurimpaan moottorinpitimeen on omat sovitelaippansa.



KUVIO 15. Laipallisen moottorin kiinnitys

Jalkamoottorien kiinnitystä varten on kaksi erityistä adapteria, kuviossa 16 harmaana, 350 mm:n pitimille ja 450 mm:n pitimelle omansa. Kaikkien niihin käyviin moottorikokojen kiinnitysreiät ovat samassa tasossa. Adapterin korkeus on sellainen, että suurin siihen asennettava moottori voidaan kiinnittää adapterin kanssa suoraan moottorinpitimeen. Mikäli ajetaan pienempää moottoria, adapterin ja moottorinpitimen väliin asetetaan kovamuovinen korotuspala.



KUVIO 16. Jalallisen moottorin kiinnitys

Isoimman moottorin tehoa välittävä apuakseli on suojattu teräksisellä suojakotelolla. Laitteen alaosat on vuorattu reikälevyllä, joka estää tahattoman kosketuksen laitteen sisällä oleviin sähköjohtimiin tai hammashihnakäyttöön. Koko laite lepää kuuden värinävaimennetun konejalan varassa.

## 7.2 Lujuuslaskelmat

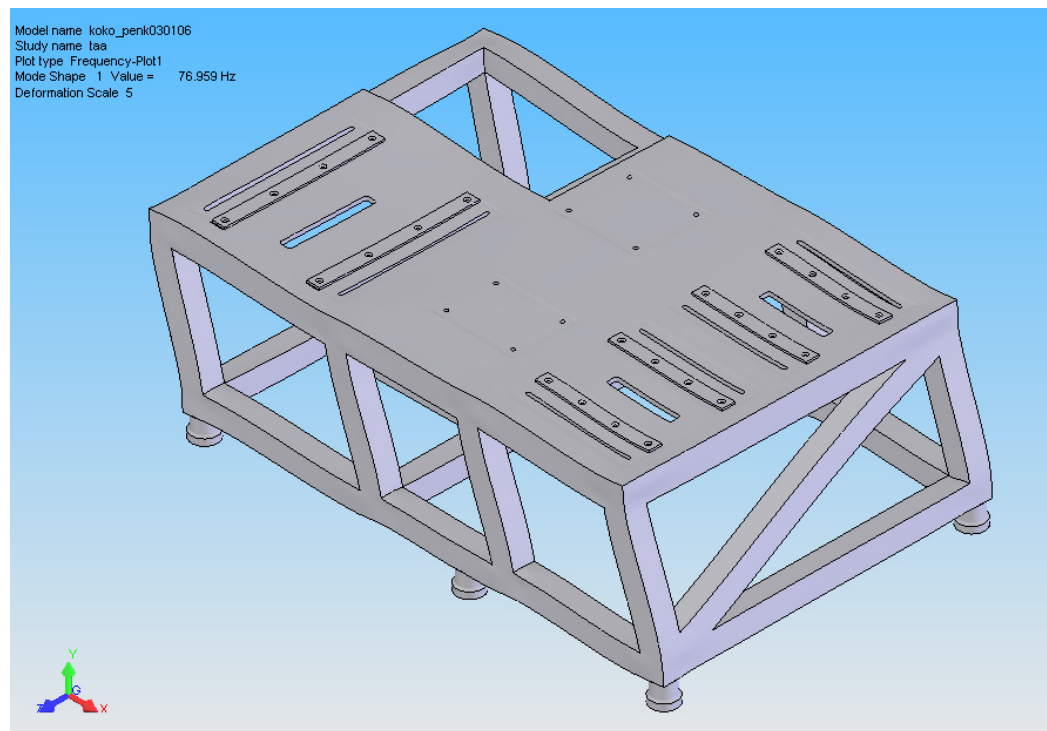
Penkin lujuuslaskelmissa keskityttiin erityisesti ehkäisemään mahdollisia värinöitä, joita saattaa ilmetä erityisesti suurilla nopeuksilla ja tehoilla, sekä rikkiäistä moottoria testattaessa. Apuna käytettiin SolidWorks-suunnitteluohjelmistoon kuuluvaa CosmosWorks-lujuuslaskentalaajennusta. Suunnitelmissa yritettiin huomioida mahdolliset tulevaisuudessa laitteeseen tehtävät muutokset.

Jos johonkin mekaaniseen järjestelmään kohdistetaan isku, rupeaa se värähtelemään taajuuksilla, joita kutsutaan järjestelmän luonnollisiksi resonanssitaajuuksiksi (Niiranen 1999, 55.). Näitä voidaan kutsua myös ominaistaajuuksiksi, yleensä merkitsevin on alin ominaistaajuus. Laitteen rungolle saatiin CosmosWorksin

avulla alimmaksi ominaistajuusarvoksi noin 60 Hz, mikä on käytännössä pahin mahdollinen ominaistajuus tämänkaltaiseen sovellukseen. Kuudenkymmenen Hz:n taajuus tarkoittaa käytännössä sitä, että mikäli moottoria ajetaan nopeudella 3600 RPM (kaava 9) voi se saada testilaitteen rungon värähtelemään.

$$RPM = f * 60 s \Rightarrow 60 \frac{1}{s} * 60 s = 3600 \text{ RPM} \quad (\text{KAAVA 9})$$

Kuten kuviosta 17 nähdään, rungon putkipalkin vaihto huomattavasti järeämpään ei kuitenkaan nostanut alinta ominaistajuutta merkittävästi. Värinöiden ehkäisemiseksi päädyttiin rungon hitsaamiseen järeästä teräksisestä suorakaideputkipalkista, joka oli staattisen kuormituksen vaatimaa palkkikokoa suurempi, menemättä kuitenkaan äärimmäisyyksiin. Rungon painon toivottiin tuovan lisää vakautta laitteeseen. Hinnallisesti suuremman palkin kustannus on merkityksetön.

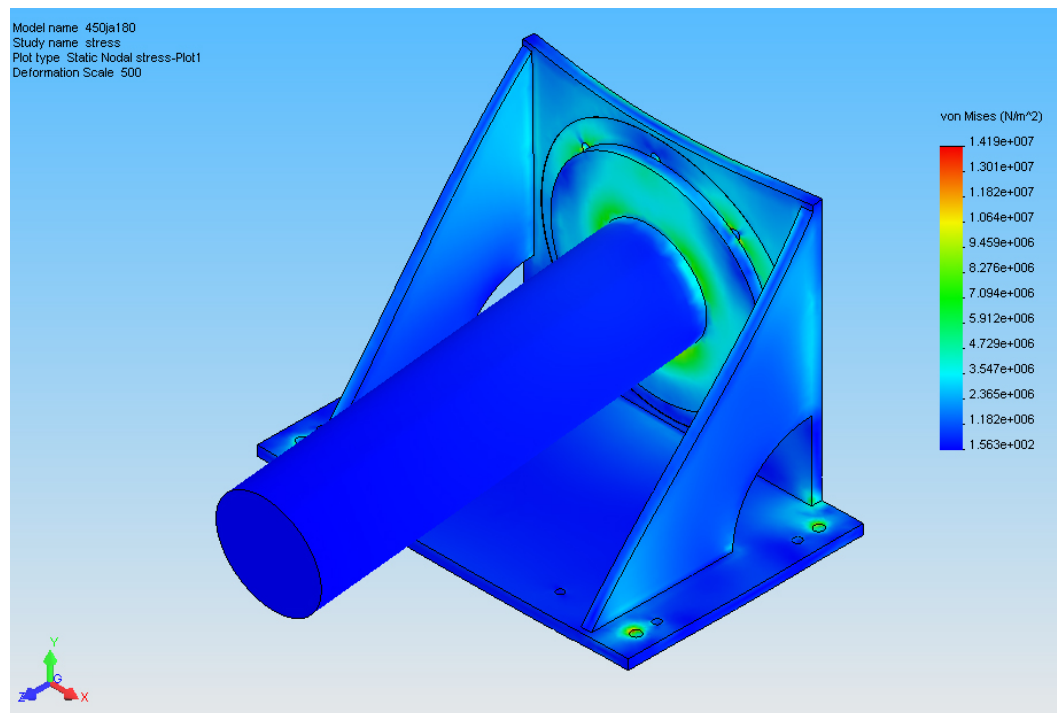


KUVIO 17. Rungon ominaistajuuden määrittäminen

Myös laitteen pöytälevyt ovat värinöiden ehkäisemiseksi paksua rakenneterästä, joka on kiinnitetty putkirunkoon tiheällä jaolla olevilla ruuveilla. Näin ne voidaan

myös tarpeen tullen irrottaa helposti. Suojakoteloiden ainevahvuus on kasvatettu suureksi räminöiden ehkäisemiseksi.

Moottorinpitimien, erityisesti testattavien moottorien pitimien rasituksen tutkiminen oli käsin laskien hankalaa, mutta CosmosWorksin avulla sekin onnistui (kuvio 18). Pahin rasitus syntyi moottorien painon aiheuttamasta taivutusmomentista. Moottorien vääntömomentti oli melko pienessä osassa kokonaisrasituksessa. Staattisen kuormituksen mukaan laskettaessa varmuuskerrointa kasvatettiin, jotta vältyttiin ei-toivotuilta värähtelyiltä. Hitsattuna rakenteen tarkkuus ei ole riittävä (Valtanen 2005, 401). Näin ollen rakenne hitsattiin ensin ja koneistettiin sitten oikeisiin kulmiin ja mittoihin.



KUVIO 18. Moottorinpitimen lujuuden määrittäminen

Apuakselin mitoituksessa käytettiin yksinkertaista teräksisille tehonsiirtoakseleille tarkoitettua kaavaa 10 (Karhunen 1992, 190.), jossa käytettiin hetkellisen tehon arvoa.

$$d = 129,1 \text{ mm} * \sqrt[4]{\frac{P}{n}} \Rightarrow 129,1 \text{ mm} * \sqrt[4]{\frac{55 \text{ kW}}{1500 \text{ RPM}}} = 56,49 \text{ mm} \quad (\text{KAAVA 10})$$

Ostokomponenttien mitoituksessa noudatettiin niiden valmistajien antamia ohjeita. Hammashihnan mitoitus tehtiin sen valmistajan omalla ohjelmalla, muiden komponenttien mitoitus tapahtui taulukoiden avulla. Myös valmiskomponenttien mitoituksessa käytettiin reilua varmuuskerrointa.

## 8 TESTAUSLAITTEEN KÄYTTÖ PÄÄPIIRTEITTÄIN

Testilaitteen käyttö yritettiin tehdä mahdollisimman yksinkertaiseksi, muistaen kuitenkin, että testilaitetta käyttävät sähkömekaanisiin käyttöihin perehtyneet ammattihenkilöt. HMI-paneeliin tulee ohjeistavat tekstit, jotta käyttö on mahdollisimman helppoa. Täydellinen ohjekirja tallennetaan sähköisessä muodossa testilaitteen yhteydessä olevalle pc:lle. Lisäksi kaikki laitetta käyttävät henkilöt saavat perehdytyksen laitteen toimintaan.

Ensimmäiseksi käyttäjä tarkistaa testattavan moottorin tiedot, kuten moottorityypin, moottorin jännitteen ja napaluvun, jarrujännitteen sekä lisätuulettimen jännitteen. Tämän jälkeen käyttäjä varmistaa ohjekirjasta, voidaanko kyseinen moottori testata testilaitteella ja onko sen testaamisessa rajoituksia, kuten voidaanko sitä ajaa taajuusmuuttajaa käyttäen vai onko sitä ajettava suoralla kytkennällä. Samalla käyttäjä katsoo, mihin kuormamoottoriin testattava moottori tulee kytkeä.

Käyttäjällä vaihtaa tarvittaessa valitussa testiasetelmassa olevan kytkimen sopivaksi testattavan moottorin akselille. Käyttäjällä tarkastaa laippamallin moottorista, sopiiko laippa suoraan moottorinpitimeen vai onko käytettävä sovitelaippaa. Mikäli on käytettävä sovitelaippaa, pulittaa käyttäjä sen ensin moottorin laippaan ja liittää tämän jälkeen moottorin moottorinpitimeen. Mikäli sovitelaippaa ei tarvita, voidaan moottori liittää suoraan moottorinpitimeen. Jos moottori on kiinnityslaipaton, ns. jalkamalli, asennetaan moottorinpitimen pohjalle sopivia korotuspaloja käyttäen ns. jalka-adaptteri. Tämän jälkeen moottori nostetaan adapterin päälle ja kiinnitetään siihen ruuvein.

Moottorinpidin moottoreineen siirretään kohti momentinmittausakselia, kunnes testattavan moottorin akseli on riittävästi kytkimen sisässä. Kytkin kiristetään akselille ja moottorinpidin lukitaan kiristyskahvoja käyttäen.

Testattavan moottorin kytkentäkotelosta riippuen valitaan siihen sopivat liitoskaapelit ohjekirjaa apuna käyttäen. Tehonsyöttökaapeli kytketään testattavaan

moottoriin. Ohjekirjasta tarkistetaan, millä taajuusmuuttajalla tai suorakäynnistimellä testattavaa moottoria ajatetaan, ja kaapelin toinen pää liitetään sitä vastaavaan moninapaliittimeen testilaitteen rungossa. Sama menettely toistetaan mahdollisen jarrun, erillistuulettimen ja enkooderin kanssa. Samaten käytettävän kuormamoottorin tehonsyöttö- ja pulssianturikaapeli siirretään tarvittaessa oikeaan moninapaliittimeen ohjekirjan mukaisesti.

Ohjauskeskuksen sisällä olevissa taajuusmuuttajissa olevat enkooderikortit ja niille tulevat kytkentäkaapelit tarkastetaan ja tarvittaessa siirretään ohjekirjan mukaisesti. Kaikki sähköiset ja mekaaniset kytkennät tarkastetaan. Tämän jälkeen ohjauskeskuksen ovi suljetaan ja testimoottorin akselin kytkimen suojakotelo siirretään kytkimen päälle ja lukitaan ruuvilla.

Ohjauskeskukseen kytketään jännite. Pc voi olla päällä valmiiksi. HMI-paneelille ilmestyy ruutu, joka kertoo kaikkien laitteiston komponenttien tilan. Mikäli kaikki on kunnossa, valitsee käyttäjä HMI:ltä käytettävät taajuusmuuttajat/suorakäynnistimet. HMI avustaa käyttäjää valinnoissa.

Valitut taajuusmuuttajat moottoreineen otetaan käyttöön testilaitteen yhteydessä olevalta pc:ltä, käyttäen yrityksen taajuusmuuttajien käyttöönottoon ja parametroiin tarkoitettua ohjelmaa. Tämän jälkeen HMI:ltä valitaan haluttu kuormitus-tapa, sekä syötetään tähän liittyvät parametrit. Laitteiston suorittama itsediagno-sointi varmistaa, että kaikki testilaitteen komponentit ovat kunnossa testin aloit-tamista varten. Tämän jälkeen testi alkaa.

Mikäli käyttäjä on valinnut automaattisen testaussekvenssin, tarvitsee hänen vain seurata, että kaikki sujuu ongelmitta. Samalla käyttäjä tarkkailee HMI:n näytöltä testaussekvenssin etenemistä sekä ajonaikaisia virta-, momentti- ja virta-arvoja. arvoja. Mikäli on valittu manuaalinen testaussekvenssi, ohjaa käyttäjä testausta HMI:n näytöltä.

Testaussekvenssin loputtua ongelmitta lähettää HMI-paneeli mittausdatan pc:lle. Pc:llä mittausdata avataan MS Exceliin, jossa testaaaja liittää siihen oman nimensä



sekä muut tiedot testauksesta, kuten testauksen syyn, moottorin omistavan asiakkaan nimen ja moottorin tilausnumeron. Lisäksi siihen liittyy testauksen päivämäärä ja kellonaika. MS Excel -tiedosto, mittausraportti, tallennetaan myöhempää käyttöä varten ja tarvittaessa asiakkaalle tulostetaan suppeampi mittausraportti.

Tarvittaessa samalla moottorilla voidaan suorittaa useampia testejä ilman uutta käyttöönottoa. Kun tarvittavat testit on suoritettu, sammutetaan pc, ohjauskeskus kytketään jännitteettömäksi ja moottori irrotetaan.

## 9 YHTEENVETO

### 9.1 Arviointi

Testilaitteen suunnittelussa oli suuri työ. Tilaaajayrityksen toiveina oli, että testilaitteesta tulee mahdollisimman valmis tuote eikä prototyypimäinen kehitelmä. Lisäksi laitteen monipuolisuus aiheutti laitteen hinnan kohoamisen huomattavaksi. Nämä seikat lisäsivät painetta työn onnistumiseen. Suunnittelun toteutusta helpottivat selkeä rakenne, jota tilaaajayrityksessä haluttiin. Läheinen yhteistyö tilaaajayrityksen kanssa helpotti työn etenemistä kohti haluttua tavoitetta.

### 9.2 Laitteen kehitys

Testilaitteen kehitys tulevaisuudessa tulee varmasti kysymykseen. Tässä vaiheessa on vaikea sanoa, miten laajaa kehitystyötä ja millä aikataululla tarvitaan. Toiveena on, ettei mekaaniseen rakenteeseen tarvitse tehdä korjauksia eikä parannuksia. Ohjauspuolen komponentteja tullaan varmasti uusimaan tulevaisuudessa tilaaajayrityksen tuotteiden kehittyessä, varsinkin jos laitteen promotionaaliset arvot halutaan säilyttää. PLC:n ja HMI:n ohjelmien kehitystä tullaan tekemään, kunhan laitteen käytöstä tulee riittävästi kokemusta ja nähdään, millaisia ominaisuuksia laitteeseen vielä tarvitaan.

## LÄHTEET

Beaty, H. W. & Kirtley, Jr., J. L. 1998. Electric motor handbook. New York: McGraw-Hill Companies

Crispin, A. J. 1997. Programmable logic controllers and their engineering applications. second edition. New York: McGraw-Hill Companies

Johnsson, J. & Kördel, L. 1999. Servotekniikka. Iisalmi: IS-VET Oy

Karhunen, J. 1992. Lujuusoppi. 9. painos. Espoo: Otatiето Oy

Mård, M. 1992. Sähkökäyttö ja tehoelektroniikka. Espoo: Otatiето Oy

Niiranen, J. 1999. Sähkömootorikäytön digitaalinen ohjaus. Espoo: Otatiето Oy

Valtanen, E. 2005. Tekniikan Taulukkirja. 13. uudistettu painos. Jyväskylä: Genesis-kirjat Oy

Tilajaryityksen tuoteluettelot, manuaalit ja käyttöohjeet.

## LIITTEET

### LIITE 1. Konejalkojen datalehti

# Jacmount® Precision Adjustable Levelers PR, patented



Execution in cast iron

Reinforced Thermoplastic Design

## Jacmount Precision Levelers PR Execution cast iron

- Bolt-on, can be leveled from top or bottom
- Safe and stable due to patented studs
- Machines run smoothly with **AirLoc / BiLoc** pads for any application
- Stud is anchored in the PR leveler, but not rigid

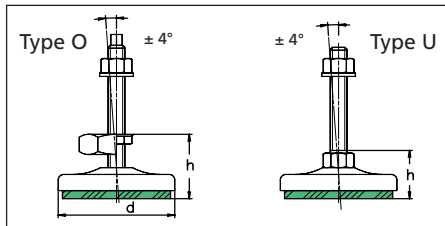
- Studs (type O-S, O-T and U) to be selected separately, see page 13

### Pad type

AirLoc / BiLoc	716	915	706	B1
----------------	-----	-----	-----	----

Other pad types upon request.  
For detailed technical information and natural frequencies, please see pages 4 - 5.

Standard color: Reseda green / RAL 6011



### Type O,

Levelers with studs made of high-grade special steel, **hexagon on top.**  
With leveling hexagon disk or self-locking.

### Type U,

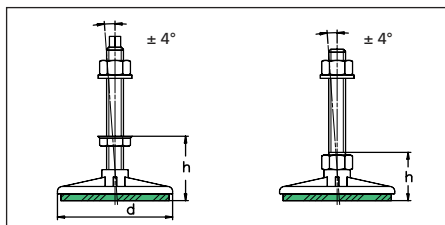
Levelers with special studs, **hexagon on bottom.**

Sample order:

Art. No. 1.13080.56 – PR 80 / 716

Type PR	Shape	Dimensions (mm) d	Height h (mm)		AirLoc / BiLoc Pad Article No.		max. load per Jacmount daN			
			716	915	706	B1	716	915	706	B1
80	○	83	37	37	27	35	880	1500	880	220
			1.13080.56	1.13080.65	1.13080.74	1.13080.50				
120	○	118	47	47	37	45	1900	3000	1900	475
			1.13120.56	1.13120.65	1.13120.74	1.13120.50				
160	○	165	50	50	40	48	3500	3500	3500	850
			1.13160.56	1.13160.65	1.13160.74	1.13160.50				
200	○	195	52	52	42	50	3500	3500	3500	1250
			1.13200.56	1.13200.65	1.13200.74	1.13200.50				
230	○	248	57	57	47	55	6000	6000	6000	2000
			1.13230.56	1.13230.65	1.13230.74	1.13230.50				

## Jacmount Precision Levelers PR Reinforced Thermoplastic Design



- Bolt-on, can be leveled from top or bottom
- For fast mounting of light systems, etc.
- Stud is anchored in the PR leveler, but not rigid
- Studs to be selected separately, please see page 13

### Pad type

AirLoc / BiLoc	716	915	706	B1
----------------	-----	-----	-----	----

Other pad types upon request.  
For detailed technical information and natural frequencies, please see pages 4 - 5.

Sample order:

Art. No. 1.13050.56 – PR 50 / 716

Type PR	Shape	Dimensions (mm) d	Height h (mm)		AirLoc / BiLoc Pad Article No.		max. load per Jacmount daN			
			716	915	706	B1	716	915	706	B1
50	○	57	35	35	25	33	100	100	100	100
			1.13050.56	1.13050.65	1.13050.74	1.13050.50				
75-2	○	82	40	40	30	38	500	500	500	220
			1.13076.56	1.13076.65	1.13076.74	1.13076.50				
115	○	117	-	43	33	-	-	500	500	-
				1.13115.65	1.13115.74					

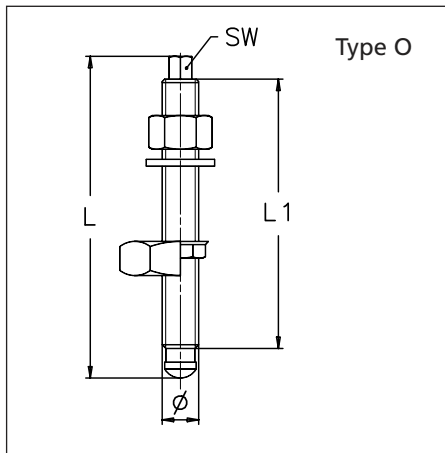
# Special Stud for Jacmount® Precision Leveler PR patented



## Special Stud

**Type O, hexagon on top, made of high-grade special steel, zinc-plated**

Complete with self-locking collar (S) or leveling hexagon SW 46 (T), includes 1 nut and 1 washer.



### Size 1: Type O-1-S

Dimensions (mm)				Self-locking collar (S)	
Ø x L	for	SW	L 1	Ø	Article No.
M 10 x 100	PR 50	7	84	21	9.02102
M 10 x 150		7	134	21	9.02104
M 12 x 100	PR 80	8	84	24	9.02122
M 12 x 150		8	134	24	9.02124

### Size 2: Type O-2-S resp. O-2-T

Dimensions (mm)				Self-locking collar (S)		
Ø x L	for	SW	L 1	Ø	Article No.	
M 10 x 100	PR 75-2	7	79	21	9.02102.02	
M 10 x 150		7	129	21	9.02104.02	
M 12 x 100		8	79	24	9.02122.02	
M 12 x 150		8	129	24	9.02124.02	
M 16 x 100		10	78	31	9.02162	
M 16 x 150		10	128	31	9.02164	
	PR 115			Leveling hexagon SW 46 (T)		
	PR 120					Article No.
	PR 160					
M 16 x 100	PR 200	10	78		9.03162	
M 16 x 150		10	128		9.03164	
M 18 x 150		13	126		9.03184	
M 18 x 200		13	176		9.03186	
M 20 x 150		13	126		9.03204	
M 20 x 200		13	176		9.03206	
M 24 x 150		17	123		9.03244	
M 24 x 200		17	173		9.03246	

Sample order:

Art. No. 9.02102

Special stud O-1-S M 10 x 100

or

Art. No. 9.03162

Special stud O-2-T M 16 x 100

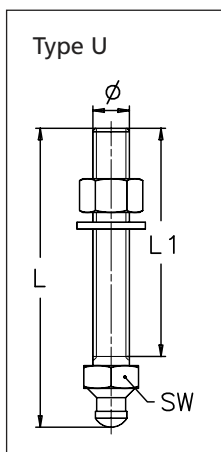
### Size 3: Type O-3-T

Dimensions (mm)				Leveling hexagon SW 46 (T)	
Ø x L	for	SW	L 1		Article No.
M 20 x 150	PR 230	13	116		9.03204.03
M 20 x 200		13	166		9.03206.03
M 24 x 150		17	113		9.03244.03
M 24 x 200		17	163		9.03246.03

## Special stud

**Type U, hexagon on bottom**

of steel, zinc-plated  
includes 1 nut and 1 washer.



### Size 1: Type U-1

Dimensions (mm)				
Ø x L	for	SW	L 1	Article No.
M 10 x 100	PR 50	13	79	9.04102
M 10 x 150		13	129	9.04104
M 12 x 100	PR 80	13	79	9.04122
M 12 x 150		13	129	9.04124

### Size 3: Type U-3

Ø x L	for	SW	L 1	Article No.
M 20 x 150	PR 230	30	108	9.04204.03

### Size 2: Type U-2

Dimensions (mm)				
Ø x L	for	SW	L 1	Article No.
M 10 x 100	PR 75-2	17	71	9.04102.02
M 12 x 100	PR 115	17	71	9.04122.02
M 16 x 100	PR 120	17	71	9.04162
M 16 x 150	PR 160	17	121	9.04164
M 20 x 150	PR 200	22	118	9.04204

Sample order:

Art. No. 9.04102

Special stud U-1 M 10 x 100

## LIITE 2. Konejalkojen värinänvaimennusmateriaalin datalehti

# Overview of Applications for AirLoc Isolation Pads, 700 and 900 Series



## Applications:

**AirLoc** pads in the 700 (70-75°A Shore) and 900 (90-95°A Shore) series are designed to be homogeneous and are suited for a wide range of applications.

99% of all problems with vibrations, solid-borne sound and machine installation can be solved with the **AirLoc** system, which

## features:

- a high degree of isolation efficiency
- high damping and load-bearing capacity
- level stability
- a high coefficient of adhesion
- homogeneous materials
- high strength and good aging characteristics

## Standard sizes:

Length x Width in mm	Article No.
1000 x 500	..... 70
500 x 500	..... 71
500 x 250	..... 72
250 x 250	..... 76
100 x 100	..... 86

Other sizes and shapes upon request.

## AirLoc Pads



## Sample order:

Art. No. 3.07152.70  
(**AirLoc** pad 717, 1000 x 500 mm)



## Non-skid and Non-skid shimming pads



AirLoc Pad Type	Load capacity daN/cm <sup>2</sup>	Thickness in mm	Coefficient of adhesion	Natural frequency at optimal load (Hz)		Application	
				vert.	horiz.		
717 double profile	5 - 20	15	0.85	47	10	Universal isolation pads with high damping for all types of printing, paper, textile and general machinery.	
	Article No.		3.07152. ...				
716 single profile	5 - 20	15	0.85	50	11		
	Article No.		3.07151. ...				
715 no profile	5 - 20	15	0.80	81	13		
	Article No.		3.07150. ...				
727 double profile	5 - 20	25	0.85	35	8.5		For large presses, forging hammers, generally for machines with high dynamic forces.
	Article No.		3.07252. ...				
726 single profile	5 - 20	25	0.85	32	8		
	Article No.		3.07251. ...				
725 no profile	5 - 20	25	0.80	44	10		
	Article No.		3.07250. ...				
927 double profile	7.5 - 30	25	0.85	40	12	Isolation pads that are used on shears, rollers, straightening and bending machines, etc. <i>Negative profile</i>	
	Article No.		3.09252. ...				
925 no profile	7.5 - 40	25	0.80	42	15	Extremely level stable, maximum-load isolation pads. Can be used on transfer lines, lathes, tooling centers, special machinery, etc.	
	Article No.		3.09250. ...				
915 no profile	7.5 - 40	15	0.80	57	16		
	Article No.		3.09150. ...				
910 no profile	7.5 - 40	10	0.80	82	20		
	Article No.		3.09100. ...				
				Article No.			
705	10 - 40	5	0.80	3.07050. ...		No profile	
706	5 - 20	5	0.85	3.07051. ...		Single profile	
707	5 - 20	5	0.85	3.07052. ...		Double profile	
903	7.5 - 40	3	0.80	3.09030. ...		No profile	
904	7.5 - 30	3	0.85	3.09031. ...		Single profile, <i>negative</i>	
905	7.5 - 40	5	0.80	3.09050. ...		No profile	



# Overview of Applications for BiLoc Isolation Pads, 400 Series



## Applications:

**BiLoc** pads 400 series (40-45°A Shore) with unique profiles were specifically developed for low-frequency applications.

## They features:

- low natural frequencies
- high coefficient of adhesion
- long life

## Standard sizes:

Length x Width in mm	Article No.
1000 x 500 only 405 / 410 / 425	..... .70
500 x 500 all	..... .71
500 x 250 "	..... .72
250 x 250 "	..... .76
100 x 100 "	..... .86

Other sizes and shapes upon request.

## BiLoc Pads



## Sample order:

Art. No. 2.00132.71  
(**BiLoc** pad B 1, 500 x 500 mm)



## Non-skid and Non-skid shimming pad



BiLoc Pad Type	Load capacity daN/cm <sup>2</sup>	Thickness in mm	Coefficient of adhesion	Natural frequency at optimal load (Hz)		Application
				vert.	horiz.	
B 1 double profile	1 - 5	13	0.90	21	6	For floor of production machinery, measuring equipment, etc.
B 2 double profile	1 - 5	26	0.90	14	5	Like B1, but for sensitive units like laboratory instruments, scales, etc.
B 3 double profile	1 - 5	39	0.90	10	4	Foundation isolation, passive isolation of noise coming from the outside or machines and equipment.
B 4 double profile	1 - 5	52	0.90	9	3.5	
410 no profile	2.5 - 10	10	0.90	50	6	Isolation pads for use in the chemical and food industries, for special machine construction and mounting tables.
425 no profile	2.5 - 7.5	25	0.90	22	4.5	
405 no profile	2.5 - 10	5	0.90			No profile

## AirLoc and BiLoc

### Material Properties:

### Chemical Resistance

**AirLoc** and **BiLoc** pads are largely resistant to oil, emulsions and cleaning agents. When in doubt, please inquire.

### Temperature Resistance

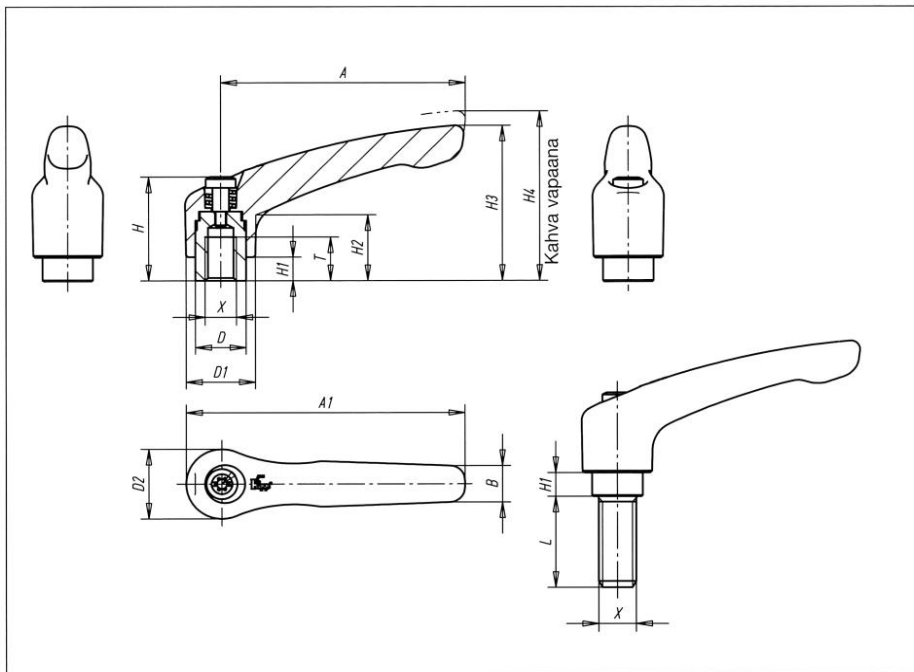
700 Series	from -15°C to +100°C
900 Series	from -20°C to +80°C
400 Series	

### LIITE 3. Kiinnitysvipujen datalehti

# KIPP-kiinnitysvivut malli "K1000"



sisä- tai ulkokiertein (korvaa sarjan 50.)



## Materiaalit:

Kahva sinkkipainevalua DIN 1743 mukaan.  
Teräsozien lujuusluokka 5.8.

## Pintakäsittely:

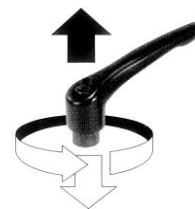
Kahva muovipinnoitettu. Teräsojat sinistetty.  
\*-merkityissä teräsojat saatavana myös ruostu-  
mattomana materiaalina X 10 Cr Ni S 18 9 =  
1.4305

Merkintä N, esim. K1000.310.000.02 N

## Värit:

musta silkkimatta,  
oranssi RAL 2004.  
Muita värejä erikoistilauksesta.

Kahvan vapautus  
nostamalla



## KIPP-kiinnitysvipu malli "K1000", sisäkierteinen

Tilausnumero musta silkkimatta	Tilausnumero oranssi	Koko	Sisä- kierre X*	T	D	D1	D2	H	H1**	H2	H3	H4	A	A1	B	Hammas- luku	Paino n. kg
K1000.104.000.01	K1000.104.000.02	1	M 4	9	10	13	14	24,5	4	14,5	31	34	40	47	7	16	0,040
*K1000.105.000.01	K1000.105.000.02	1	M 5	9	10	13	14	24,5	4	14,5	31	34	40	47	7	16	0,040
*K1000.106.000.01	K1000.106.000.02	1	M 6	9	10	13	14	24,5	4	14,5	31	34	40	47	7	16	0,040
*K1000.206.000.01	K1000.206.000.02	2	M 6	12	13,5	18,5	19	28,5	6,5	17,5	42,5	45,5	65	74,5	9,5	20	0,090
*K1000.208.000.01	K1000.208.000.02	2	M 8	12	13,5	18,5	19	28,5	6,5	17,5	42,5	45,5	65	74,5	9,5	20	0,090
*K1000.308.000.01	K1000.308.000.02	3	M 8	14	16	21	22	37	10	24	54,5	58,5	80	91	11	22	0,130
*K1000.310.000.01	K1000.310.000.02	3	M 10	14	16	21	22	37	10	24	54,5	58,5	80	91	11	22	0,130
*K1000.410.000.01	K1000.410.000.02	4	M 10	17	19	27	27,5	43	10	27	63	67,5	95	109	13	24	0,210
*K1000.412.000.01	K1000.412.000.02	4	M 12	17	19	27	27,5	43	10	27	63	67,5	95	109	13	24	0,210
*K1000.512.000.01	K1000.512.000.02	5	M 12	23	23	31	32	49	12	31,5	73	77,5	110	126	15	26	0,330
*K1000.516.000.01	K1000.516.000.02	5	M 16	23	23	31	32	49	12	31,5	73	77,5	110	126	15	26	0,330

Tilausesimerkki: KIPP-kiinnitysvipu K1000.310.000.02 oranssi

\* Muut sisäkierteet erikoistilauksesta. \*\* Mitta, "H1" muun pituisena saatavana lisähintaan.

## KIPP-kiinnitysvipu malli "K1000", ulkokierteinen

Tilausnumero mutta silkkimatta	Tilausnumero oranssi	Koko	Ulko- kierre X**	H1*	L = ruuvin pituus**													
*K1000.105.***.01	K1000.105.***.02	1	M 5	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50	-	-	-	-	-
*K1000.106.***.01	K1000.106.***.02	1	M 6	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50	-	-	-	-	-
*K1000.206.***.01	K1000.206.***.02	2	M 6	6,5	-	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	-	-	-
*K1000.208.***.01	K1000.208.***.02	2	M 8	6,5	-	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	-	-	-
*K1000.210.***.01	K1000.210.***.02	2	M 10	6,5	-	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	-	-	-
*K1000.308.***.01	K1000.308.***.02	3	M 8	10	-	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	-	-	-
*K1000.310.***.01	K1000.310.***.02	3	M 10	10	-	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	-	-	-
K1000.410.***.01	K1000.410.***.02	4	M 10	10	-	-	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
*K1000.412.***.01	K1000.412.***.02	4	M 12	10	-	-	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
K1000.512.***.01	K1000.512.***.02	5	M 12	12	-	-	-	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
*K1000.516.***.01	K1000.516.***.02	5	M 16	12	-	-	-	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90

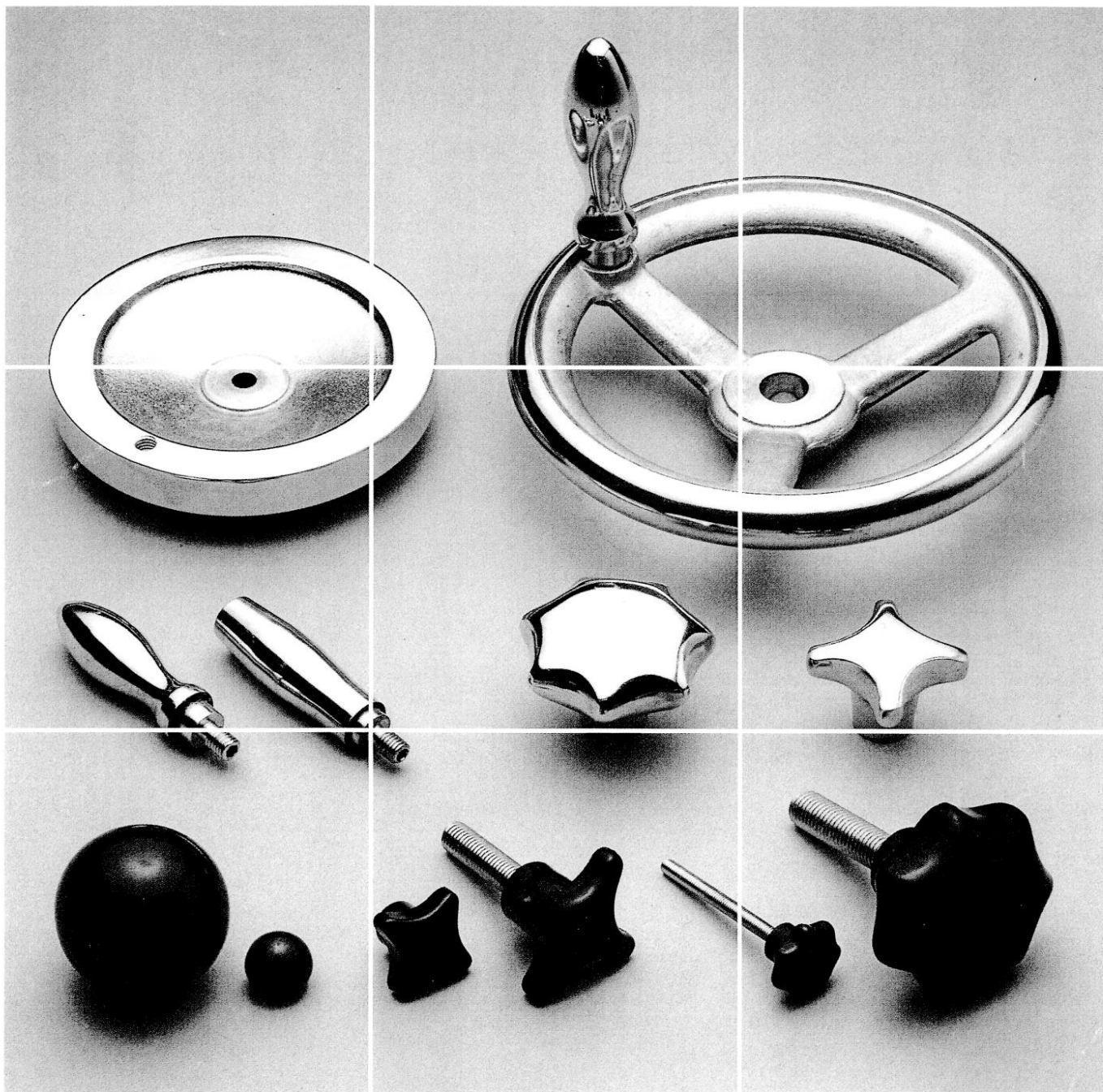
Tilausesimerkki: KIPP-kiinnitysvipu K1000.310.050.02 oranssi  
(Pituus L)

\* Mitta „H1” muun pituisena saatavana eri hintaan.  
\*\*Muut ulkokierteet ja ruuvin pituudet erikoistilauksesta.  
\*\*\* Haluttu ruuvinpituus on lisättävä tilausnumeroon, esim. 050 L = 50 mm.

## LIITE 4. Käsipyörien datalehti

# KÄSIPYÖRÄT JA VÄÄNTIMET

DIN-MUKAISET



## MEKAANISET RAKENNEOSAT

9

SKS-teknikka Oy

Laurinmäenkuja 3, PL 40, 00441 Helsinki, tlx 124577 sks fi, telefax 852 6820, puh. \*852 661

### Etelä-Suomi

Laurinmäenkuja 3  
00440 Helsinki  
Puh. (90) 852 661  
Fax (90) 852 6820

### Länsi-Suomi

Kaskenkatu 9  
20700 Turku  
Puh. (921) 251 2555  
Fax (921) 251 2470

### Keski-Suomi

Hämeenkatu 6 A  
33100 Tampere  
Puh. (931) 223 2223  
Fax (931) 212 8251

### Tavaraosoite

Martinkyläntie 50  
01720 Vantaa  
Puh. (90) 852 661  
Fax (90) 852 6529



# KÄSIPYÖRÄT

## Rakenne:

Kevytmetallivalua.  
Napa koneistettu ja porattu ISA-sovitteen H7 mukaan.  
Reikä toivomuksen mukaan, SKS-varastopyörien esiporaus mitta-  
taulukossa.  
Kehä sorvattu ja kiillotettu.  
Tarkoin keskiöity ja heittämätön pyöräminen alle IT 12.  
Kaikkiin napoihin voidaan valaa sisään teräs- tai messinkiholkki.

## Tilausohjeita:

Periaatteessa ilmoitettava lisäksi reiän halkaisija ja navan pituus  $l_1$  (paitsi DIN-normin mukaisille varastopyörille).  
Navan maksimipituus kohdasta  $l_1$  maks.  
Kaikkia käsipyöriä on saatavana toivomukseenne mukaan joko val-  
miiksi maalattuina tai eloksoituina.

## 1. Tilausesimerkki:

- käsipyörä, jonka halkaisija 200 mm
- reikä 18 H7
- normaali navanpituus
- ura DIN 6885/1
- kiillotettu kehä

## Tilauskaava:

Käsipyörä DIN 950/A3 - 200 x 18

## 2. Tilausesimerkki:

- DIN 950 mukainen käsipyörä halkaisija 200 mm
- reikä 18 H7
- pidennetty napa, pituus 35 mm
- ilman kiilauraa
- kiillotettu kehä
- käsikahvalla DIN 98

## Tilauskaava:

Käsipyörä vast. DIN 950/D4 - 200 x 18 x 35

Tilauskaavaan tarvittavat tiedot: Katso tiedot luettelosta ja muodosta tilauskaava niistä.

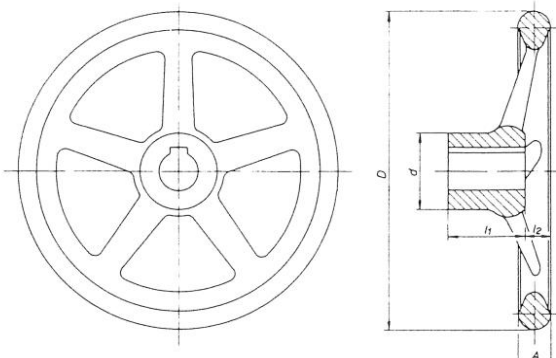
Laji ja tyyppi	Rakenne ja muoto DIN mukaan	Ulko- halkaisija mm	Reikä tai neliöreikä	Pidennetty napa $l_1$ maks.	Käsikahvan tyyppi ja nimike
<b>1. Esim.</b> Käsipyörä DIN 950 muk.	A3	200	18	—	—
<b>2. Esim.</b> Käsipyörä vast. DIN 950	D4	200	18	35	DIN 98, M10

Muoto A1 - A8				Muoto D1 - D8 käsikahva DIN 98				Muoto F1 - F8 käsikahva DIN 39			
Rakenne	Työs- tämä- tön	Kehä kiillo- tettu	Sor- vattu	Rakenne	Työs- tämä- tön	Kehä kiillo- tettu	Sor- vattu	Rakenne	Työs- tämä- tön	Kehä kiillo- tettu	Sor- vattu
uralli- nen ilman uraa	A1 A2	A3 A4	A7 A8	uralli- nen ilman uraa	D1 D2	D3 D4	D7 D8	uralli- nen ilman uraa	F1 F2	F3 F4	F7 F8

# KÄSIPYÖRÄT VN

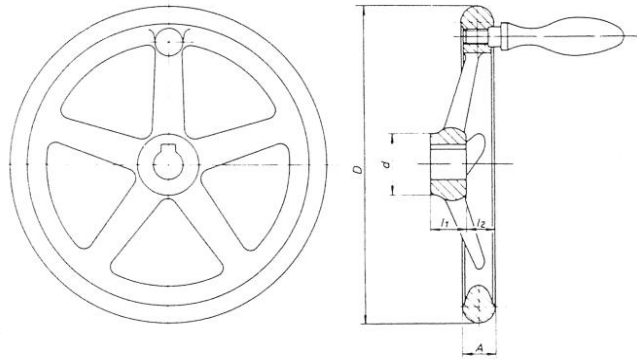
Vahvistettu napa suurempia akselinreikiä varten.

D	d	$l_1$ maks.	$l_2$	A
80	30	20	13	14
100	40	22	16	15
125	50	50	18	16
140	60	50	20	17
160	60	50	20	18
180	60	60	21	20
200	70	60	21	22
225	70	65	22	24
280	90	70	23	26
315	70	50	23	28
360	100	70	24	30
500	160	75	27	34



## KÄSIPYÖRÄT DIN 950

D	d	l <sub>1</sub>	1, maks *	l <sub>2</sub>	A	H7 **
80	24	16	22	13	14	8
100	26	17	30	16	15	10
125	28	18	32	18	16	12
140	30	19	40	20	17	14
160	32	20	50	20	18	14
180	35	22	50	21	20	16
200	38	24	50	21	22	18
225	42	26	52	22	24	20
250	45	28	54	22	26	22
280	50	30	54	23	26	24
315	53	33	70	23	28	26
360	61	35	70	24	30	28
400	65	38	72	25	32	30
500	78	45	75	27	34	34
560	90	50	80	32	36	36



\*Toivomuksen mukaan

\*\* Esiporaus

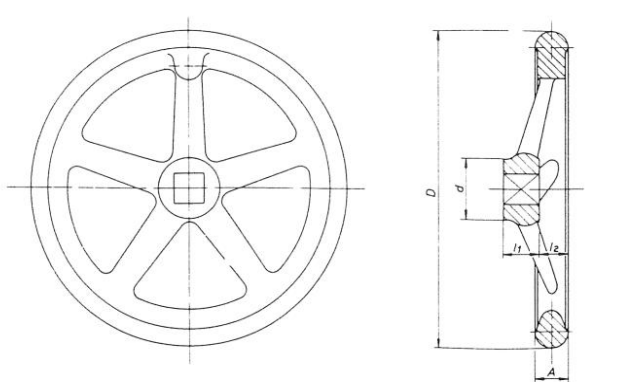
Käsi­pyö­rät toimitetaan joko ilman käsikahvaa tai DIN 39 kiinteällä tai DIN 98 mukaisella pyö­ri­vällä käsikahvalla.

## KÄSIPYÖRÄT DIN 951

Käsi­pyö­rät toimitetaan normaalisti varastosta nelikulmaisella reiällä H11 DIN-normin mukaan.

Erikoismitat ilmoitettava tilauksessa

D	d	l <sub>1</sub>	1, maks *	l <sub>2</sub>	A
80	24	16	22	13	14
100	26	17	30	16	15
125	28	18	32	18	16
140	30	19	40	20	17
160	32	20	50	20	18
180	35	22	50	21	20
200	38	24	50	21	22
225	42	26	52	22	24
250	45	28	54	22	26
280	50	30	54	23	26
315	53	33	70	23	28
360	61	35	70	24	30
400	65	38	72	25	32
500	78	45	75	27	34
560	90	50	80	32	36

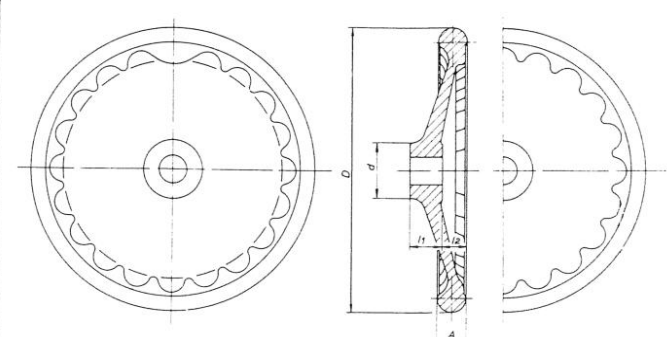


\* Toivomuksen mukaan

## LEVYKÄSIPYÖRÄT SGB

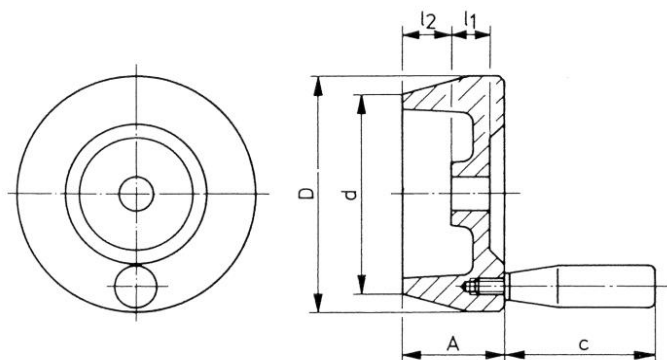
Oteurat edessä ja takana.

D	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	A
200	50	50	21	26
225	50	50	22	28
250	55	50	22	30
280	55	50	23	32
320	55	60	23	32



## LEVYKÄSIPYÖRÄT SDS

D	d	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	A	C *
70	58	11	14	30	50
94	78	15	19	40	50
112	95	18	23	48	75
140	120	24,5	24	57	75



\* Käsikahva DIN 39 mukaan

## KÄSIKAHVAT (DIN 39)

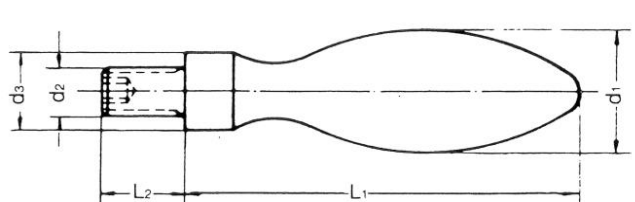
Käsikahvoissa on kiinteä, sisäänvalettu terästappi.

Kierreosan pohjassa on kuusiokolo, joten käsikahva voidaan helposti ruuvata ja kiristää kiinni käsipyörään kuusiokoloavaimella. Kahvaosa on kevytmetallia ja kiillotettu (SKS varastotyyppi) tai eloksoitu.

**Tilausesimerkki:**

Käsikahva DIN 39 E25, kiillotettu.

Tilausnumero	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
DIN 39 E 16	16	M 6	10	50	11
DIN 39 E 20	20	M 8	13	64	13
DIN 39 E 25	25	M 10	16	80	14
DIN 39 E 32	32	M 12	20	100	16
DIN 39 E 36	36	M 16	22	112	26



## KÄSIKAHVAT (DIN 98)

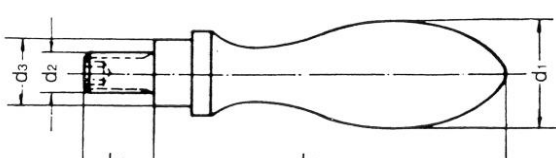
Käsikahvan pyörivä osa on terästä.

Kierreosan pohjassa on kuusiokolo, joten käsikahva voidaan helposti ruuvata ja kiristää kiinni käsipyörään kuusiokoloavaimella. Kahvaosa on kevytmetallia ja kiillotettu (SKS varastotyyppi) tai eloksoitu.

**Tilausesimerkki:**

Käsikahva DIN 98 E16, kiillotettu.

Tilausnumero	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
DIN 98 E 16	16	M 6	10	54	11
DIN 98 E 20	20	M 8	13	67	13
DIN 98 E 25	25	M 10	16	83	14
DIN 98 E32	32	M 12	20	105	16





## KÄSIKAMMET HK

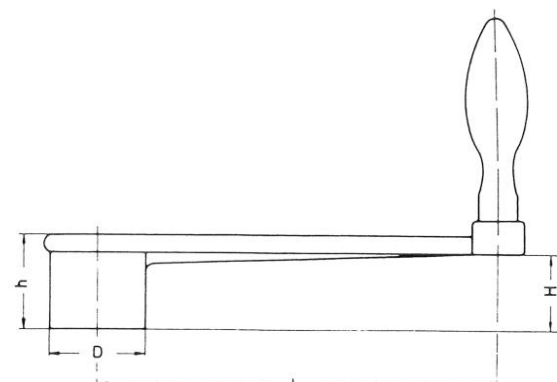
vastaa DIN 469

Tehtaan normi H.

Nämä käsikammet on vahvistettu, jotta rikkoutumisia ei tapahtuisi kovimmassakaan rasituksessa. Reikä voidaan tehdä pohjareikäksi tai läpimeneväksi. Näitä kampia toimitetaan sisäänvalutetulla teräsholkilla varustettuna. Tarvittaessa nämä voidaan toimittaa myös neliöreikäillä varustettuna.

Käsikammet toimitetaan täydellisinä varustettuina niihin soveltuvilla käsikahvoilla DIN 39 tai DIN 98 mukaan. Käsikahva toimitetaan aina kiillotettuna, puhdistettuna tai pyynnöstä myös valmiiksi maalattuna.

Tilausnumero	L	H	h	D	*
HK-DIN 469-100	100	16	28	28	M 8
HK-DIN 469-125	125	22	35	35	M10
HK-DIN 469-160	160	25	40	40	M10
HK-DIN 469-200	200	25	45	45	M12
HK-DIN 469-250	250	28	48	48	M12



\* Käsikahva DIN 39 tai DIN 98

## KÄSIKAMMET HK

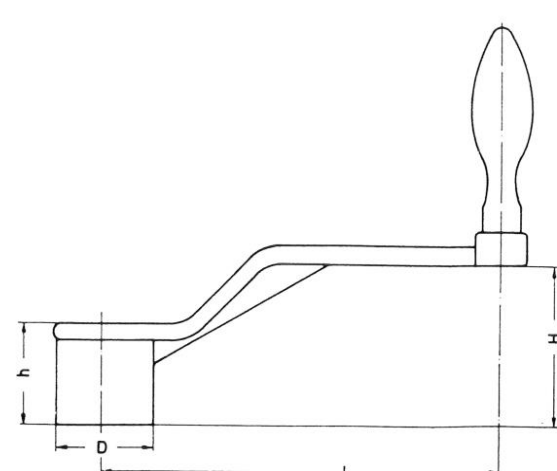
vastaa DIN 468

Tehtaan normi H.

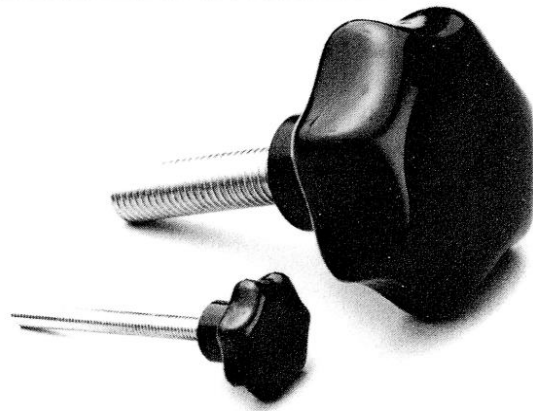
Nämä käsikammet on vahvistettu, jotta rikkoutumisia ei tapahtuisi kovimmassakaan rasituksessa. Reikä voidaan tehdä pohjareikäksi tai läpimeneväksi. Näitä kampia toimitetaan myös sisäänvaletulla teräsholkilla varustettuna. Tarvittaessa nämä voidaan toimittaa myös neliöreikäillä varustettuna.

Käsikammet toimitetaan täydellisinä varustettuina niihin soveltuvilla käsikahvoilla DIN 39 tai DIN 98 mukaan. Käsikahva toimitetaan aina kiillotettuna, kampi sileäksi valettuna ja puhdistettuna, pyynnöstä myös valmiiksi maalattuna.

Tilausnumero	L	H	h	D	*
HK-DIN 468-100	100	48	28	28	M 8
HK-DIN 468-125	125	60	35	35	M10
HK-DIN 468-160	160	70	40	40	M10
HK-DIN 468-200	200	88	45	45	M12
HK-DIN 468-250	250	95	48	48	M12



\* Käsikahva DIN 39 tai DIN 98



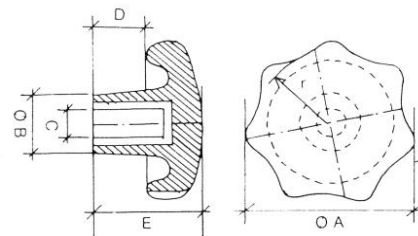
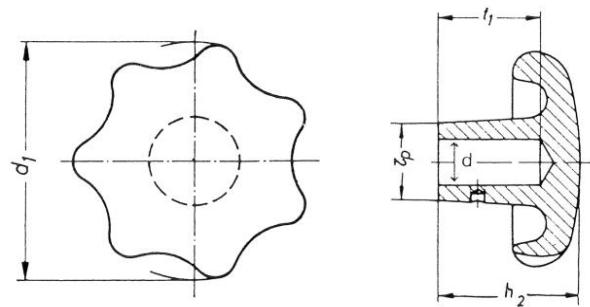
**Tilausesimerkki:**

DIN 6336-63/M12 reiälle  
tai DIN 6336-63/M12 x 50 ruuvilla

**Tilattaessa ilmoitettava lisäksi:**

- toivomuksen mukainen reiän halkaisija
- pohjareiällä vai läpimenevällä reiällä sovite H7
- kierrepohjareiällä vai läpimenevällä kierrereiällä
- kierrettä varten tarkoitetulla teräsistukalla
- sisäänvaletulla terästäpilla

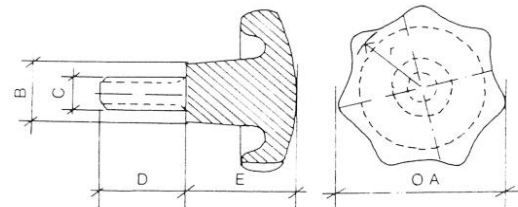
Tilausnumero	d		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	h <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>
DIN 6336-40	8H7	M 6	40	14	25	18
DIN 6336-50	10H7	M10	50	18	32	21
DIN 6336-63	12H7	M12	63	20	40	25
DIN 6336-80	16H7	M16	80	25	50	32
Tilausnumero, ruuvilla						
DIN 6336-40M 6 x 50			40	14	25	18
DIN 6336-50/M10 x 50			50	18	32	21
DIN 6336-63/M12 x 50			63	20	40	25
DIN 6336-80/M16 x 50			80	25	50	32



**muovia**

Tilausnumero	A	B	C	D	E
R200xM4	20	10	M4	10	17
R250xM5	25	13	M5	8	17
R250xM6	25	13	M6	8	17
R300xM6	30	15	M6	10	20
R300xM8	30	15	M8	10	20
R400xM6	40	16	M6	11	23
R400xM8	40	16	M8	11	23

Tilausnumero	A	B	C	D	E
R500xM8	50	21	M8	19	32
R500xM10	50	21	M10	19	32
R600xM10	60	24	M10	20	40
R600xM12	60	24	M12	20	40
R800xM10	80	34	M10	26	49
R800xM12	80	34	M12	26	49
R800xM16	80	34	M16	26	49



**muovia**

Tilausnumero	A	B	C	D	E
R200xM4x20	20	10	M4	20	17
R250xM5x15	25	13	M5	15	17
R250xM5x20	25	13	M5	20	17
R250xM5x30	25	13	M5	30	17
R250xM5x40	25	13	M5	40	17
R250xM6x50	25	13	M6	50	17
R300xM6x25	30	15	M6	25	20
R400xM8x30	40	16	M8	30	23

Tilausnumero	A	B	C	D	E
R400xM8x50	40	16	M8	50	23
R500xM8x30	50	21	M8	30	32
R500xM8x60	50	21	M8	60	32
R500xM10x30	50	21	M10	30	32
R500xM10x50	50	21	M10	50	32
R600xM10x50	60	24	M10	50	40
R600xM12x50	60	24	M12	50	40
R800xM16x50	80	34	M16	50	49

## RISTIVÄÄNTIMET (DIN 6335)

Tilausesimerkki:  
DIN 6335-50/10 H7

Tilattaessa ilmoitettava lisäksi:

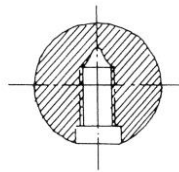
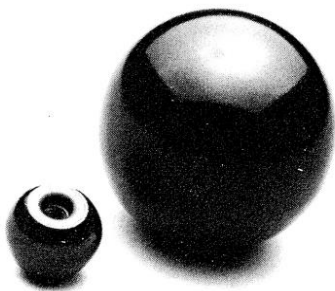
- toivomuksen mukainen reiän halkaisija
- pohjareillä vai läpimenevällä reiällä sovite H7
- kierrepohjareillä vai läpimenevällä kierrereillä
- kierrettä varten tarkoitetulla teräsistukalla



Tilausnumero	d		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	h <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>
DIN 6335-40	8H7	M 6	40	14	25	18
DIN 6335-50	10H7	M10	50	18	32	21
DIN 6335-63	12H7	M12	63	20	40	25
DIN 6335-80	16H7	M16	80	25	50	32
Tilausnumero, ruuvilla						
DIN 6335-40/M6x50			40	14	25	18
DIN 6335-50/M10x50			50	18	32	21
DIN 6335-63/M12x50			63	20	40	25
DIN 6335-80/M16x50			80	25	50	32

## KUULANUPIT (DIN 319)

Tilausesimerkki: kuulanuppi Ø 15 x M4



Kierre	Halkaisija	Väri
M3, M4, M5, M6	Ø 15 mm	Musta
M4, M5, M6, M8	Ø 20 mm	
M6, M8, M10x1	Ø 25 mm	
M6, M8, M8x1, M10,, M10x1, M12,	Ø 30 mm	
M6, M8, M10, M10x1, M12	Ø 35 mm	
M8, M10, M10x1, M12, M16	Ø 40 mm	
M8, M10, M10x1, M12, M16	Ø 45 mm	
M10, M12, M16	Ø 50 mm	

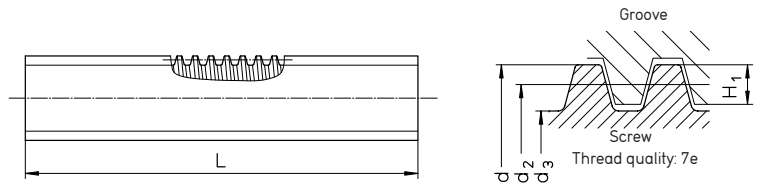
## LIITE 5. Trapetsiruuvien datalehti

## Trapezoidal screws RPTS

### Rolled precision trapezoidal screws RPTS

Standard length 3000 mm, from  $\varnothing$  20 mm up to 6000 mm available.  
Dimension L to customer's specs.

**Material:** 1.0401 (C15).



Type	Outer diameter [mm]	Dimensions [mm]				Accuracy	Straightness			Weight	Planar moment of inertia	Moment of resistance <sup>4)</sup>	Mass moment of inertia	
Lead [mm]	Right/left hand thread	d	d <sub>2 min</sub>	d <sub>2 max</sub>	d <sub>3</sub> <sup>1)</sup>	H <sub>1</sub>	[ $\mu$ m/300 mm]	[mm/300 mm]	$\alpha$ <sup>2)</sup>	$\eta$ <sup>3)</sup>	[kg/m]	[cm <sup>4</sup> ]	[cm <sup>3</sup> ]	[kg m <sup>2</sup> /m]
RPTS Tr 10x2		10	8.739	8.929	6.89	1	300	0.5	4° 2'	0.40	0.500	0.011	0.032	0.51 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 10x3			8.191	8.415	5.84	1.5	300	0.5	6° 24'	0.51	0.446	0.0057	0.020	0.40 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 12x3		12	10.191	10.415	7.84	1.5	300	0.5	5° 11'	0.46	0.68	0.019	0.047	0.94 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 12x6 P3 <sup>5)</sup>		12	10.165	10.415	7.84	1.5	300	0.5	10° 18'	0.62	0.68	0.019	0.047	0.94 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 14x3		14	12.191	12.415	9.84	1.5	300	0.5	4° 22'	0.42	0.96	0.046	0.094	1.88 · 15 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 14x4			11.640	11.905	8.80	2	300	0.5	6° 3'	0.50	0.888	0.029	0.067	1.60 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 16x2		16	14.729	14.929	12.89	1	50	0.1	2° 36'	0.28	1.39	1.36	0.21	3.9 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 16x4		16	13.640	13.905	10.80	2	50	0.1	5° 11'	0.46	1.21	0.067	0.124	2.96 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 16x8 P4 <sup>5)</sup>		16	13.608	13.905	10.80	2	300	0.3	10° 18'	0.62	1.21	0.067	0.124	2.96 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 18x4		18	15.640	15.905	12.80	2	50	0.1	4° 32'	0.43	1.58	0.132	0.206	5.05 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 20x4		20	17.640	17.905	14.80	2	50	0.1	4° 2'	0.40	2.00	0.236	0.318	8.10 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 20x8 P4 <sup>5)</sup>			17.608	17.905	14.80	2	200	0.2	8° 3'	0.57	2.00	0.236	0.318	8.10 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 20x16 P4 <sup>5)</sup>			17.608	17.905	14.80	2	200	0.2	15° 47'	0.71	2.00	0.236	0.318	8.10 · 10 <sup>-5</sup>
RPTS Tr 22x5		22	19.114	19.394	15.50	2.5	50	0.1	4° 39'	0.43	2.34	0.283	0.366	1.11 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 22x24 P4 S <sup>5)6)</sup>			19.140	19.505	16.50	2.5	200	0.2	21° 34'	0.75	2.34	0.364	0.441	1.11 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 24x5		24	21.094	21.394	17.50	2.5	50	0.1	4° 14'	0.41	2.85	0.460	0.526	1.65 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 24x10 P5 <sup>5)</sup>			21.058	21.394	17.50	2.5	200	0.2	8° 25'	0.58	2.85	0.460	0.526	1.65 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 26x5		26	23.094	23.394	19.50	2.5	50	0.1	3° 52'	0.39	3.40	0.710	0.728	2.35 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 28x5		28	25.094	25.394	21.50	2.5	50	0.1	3° 34'	0.37	4.01	1.050	0.976	3.26 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 30x6		30	26.547	26.882	21.90	3	50	0.1	4° 2'	0.40	4.50	1.130	1.030	4.10 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 30x12 P6 <sup>5)</sup>			26.507	26.882	21.90	3	200	0.2	8° 3'	0.57	4.50	1.130	1.030	4.10 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 32x6		32	28.547	28.882	23.90	3	50	0.1	3° 46'	0.38	5.19	1.600	1.340	5.45 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 36x6		36	32.547	32.882	27.90	3	50	0.1	3° 18'	0.35	6.71	2.970	2.130	9.10 · 10 <sup>-4</sup>
RPTS Tr 40x7		40	36.020	36.375	30.50	3.5	50	0.1	3° 29'	0.37	8.21	4.250	2.790	1.37 · 10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 40x14 P7 <sup>5)</sup>			35.978	36.375	30.50	3.5	200	0.2	6° 57'	0.53	8.21	4.250	2.790	1.37 · 10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 44x7		44	40.020	40.275	34.50	3.5	50	0.1	3° 8'	0.34	10.10	6.950	4.030	2.10 · 10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 48x8		48	43.468	43.868	37.80	4	100	0.1	3° 18'	0.35	12.00	10.000	5.300	2.90 · 10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 50x8		50	45.468	45.868	39.30	4	100	0.1	3° 10'	0.34	13.10	11.700	5.960	3.40 · 10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 60x9		60	54.935	55.360	48.15	4.5	200	0.3	2° 57'	0.33	19.00	26.400	11.000	7.30 · 10 <sup>-3</sup>
RPTS Tr 70x10		70	64.425	64.850	57.00	5	200	0.3	2° 48'	0.32	26.00	51.800	18.200	1.40 · 10 <sup>-2</sup>
RPTS Tr 80x10		80	74.425	74.850	67.00	5	200	0.3	2° 25'	0.29	34.70	98.900	29.500	2.40 · 10 <sup>-2</sup>

<sup>1)</sup> For a wider filletting the core diameter is slightly smaller, deviating from DIN 103.

<sup>2)</sup> Lead angle at the flank diameter; → see formula (XVI) p. 52.

<sup>3)</sup> Theoretical efficiency for converting a rotary motion into a linear motion with a coefficient of friction  $\mu = 0.1$ .  
Efficiency for other friction coefficients; → see formula (XVI) p. 52.

<sup>4)</sup> The polar moment of inertia is double the moment of inertia.

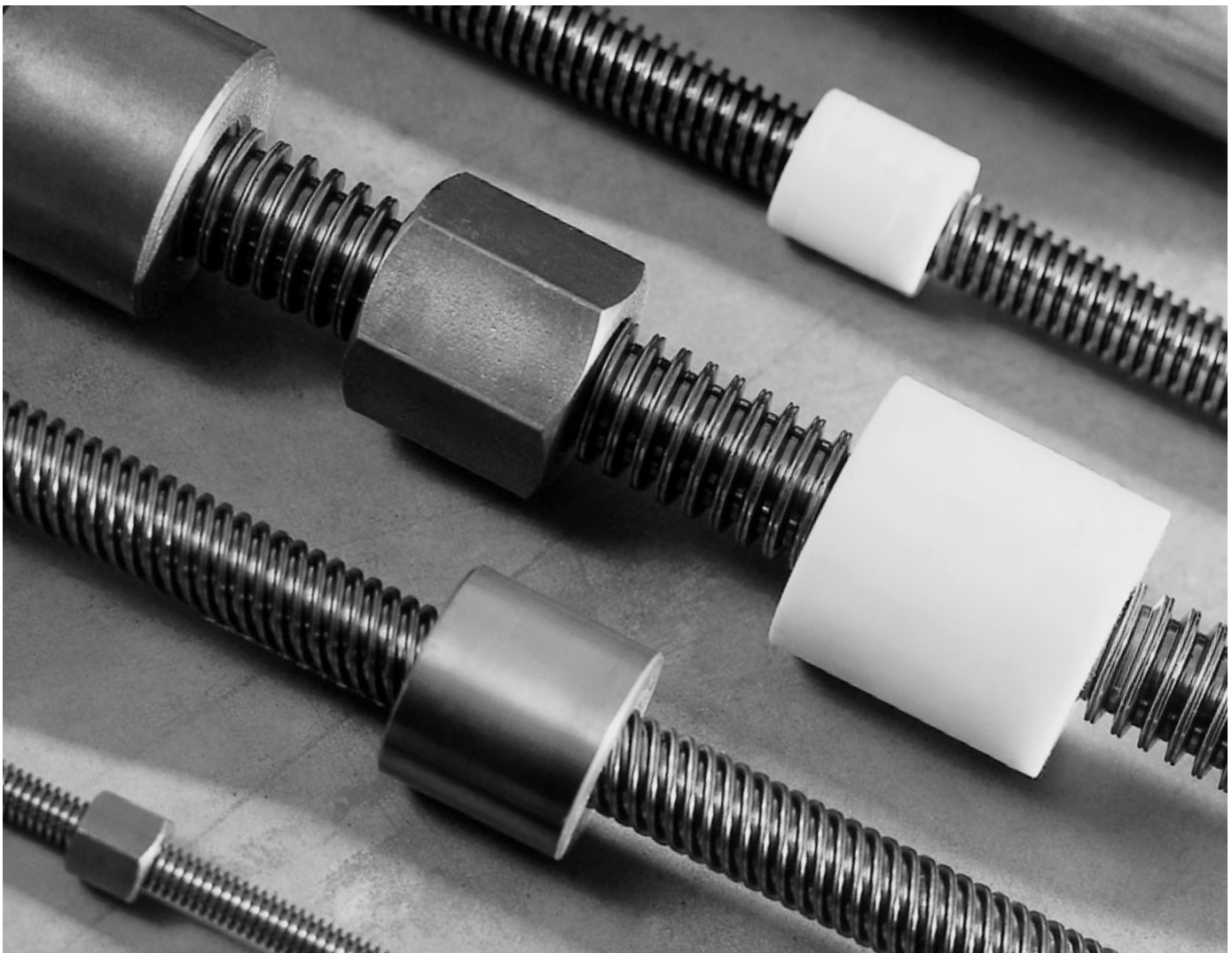
<sup>5)</sup> Only right hand thread.

<sup>6)</sup> Special profile.

## Trapezoidal nuts

Trapezoidal nuts according to DIN 103, tolerance class 7H.

Nuts of  $\varnothing$  18 mm and larger in a chased-thread version are available for all screws.



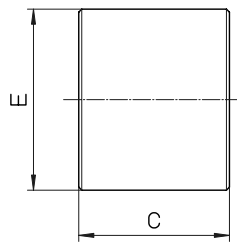
## Trapezoidal nuts

### Short steel nut blank, cylindrical KSM

Suitable for clamping operations, manual positioning and mounting. Not suitable for motion drives because the steel/steel friction tends to seizure.

Further processing: the thread serves as reference for precise machining and assembly.

**Material:** free-cutting steel 1.0718 (9 SMn 28K).



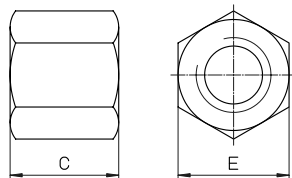
Type	E [mm]	C [mm]	Weight [kg]
KSM Tr 10x2	22	15	0.037
KSM Tr 10x3	22	15	0.036
KSM Tr 12x3	26	18	0.064
KSM Tr 14x3	30	21	0.96
KSM Tr 14x4	30	21	0.96
KSM Tr 16x4	36	24	0.16
KSM Tr 18x4	40	27	0.22
KSM Tr 20x4	45	30	0.31
KSM Tr 22x5	45	33	0.33
KSM Tr 24x5	50	36	0.45
KSM Tr 26x5	50	39	0.47
KSM Tr 28x5	60	42	0.76
KSM Tr 30x6	60	45	0.79
KSM Tr 32x6	60	48	0.81
KSM Tr 36x6	75	54	1.5
KSM Tr 40x7	80	60	1.9
KSM Tr 44x7	80	66	2.7
KSM Tr 48x8	90	72	2.9
KSM Tr 50x8	90	75	2.7
KSM Tr 60x9	100	90	3.7
KSM Tr 70x10	110	105	4.9
KSM Tr 80x10	120	120	6.4

### Hexagonal steel nut blank SKM

For clamping operations, manual positioning and mounting. Not suitable for motion drives because the steel/steel friction tends to seizure.

Further processing: the thread serves as reference for precise machining and assembly.

**Material:** free-cutting steel 1.0718 (9 SMn 28K).



Type	E [mm]	C [mm]	Weight [kg]
SKM Tr 10x2	17	15	0.022
SKM Tr 10x3	17	15	0.022
SKM Tr 12x3	19	18	0.028
SKM Tr 14x3	22	21	0.044
SKM Tr 14x4	22	21	0.044
SKM Tr 16x4	27	24	0.084
SKM Tr 18x4	27	27	0.086
SKM Tr 20x4	30	30	0.17
SKM Tr 22x5	30	33	0.17
SKM Tr 24x5	36	36	0.20
SKM Tr 26x5	36	39	0.20
SKM Tr 28x5	41	42	0.30
SKM Tr 30x6	46	45	0.43
SKM Tr 32x6	46	48	0.42
SKM Tr 36x6	55	54	0.73
SKM Tr 40x7	65	60	1.3
SKM Tr 44x7	65	66	1.2
SKM Tr 48x8	75	72	1.8
SKM Tr 50x8	75	75	1.8
SKM Tr 60x9	90	90	2.8
SKM Tr 70x10	90	105	3.1

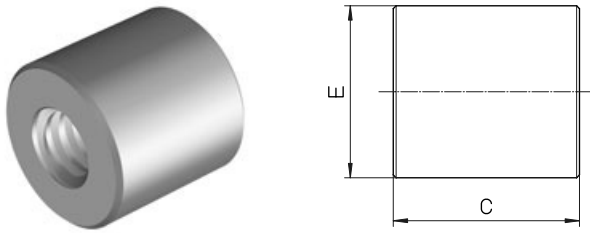
## Trapezoidal nuts

### Long gunmetal nut blank, cylindrical LRM

For motion drives in continuous operation, with particularly good wear characteristics.

Further processing: The thread serves as a reference for precise machining and assembly.

**Material:** 2.1090 (G-CuSn 7Zn Pb (Rg7)), Characteristics → page 40.



Type	E [mm]	C [mm]	Weight [kg]	Bearing surface [mm <sup>2</sup> ]
LRM Tr 10x2	22	20	0.056	200
LRM Tr 10x3	22	20	0.056	190
LRM Tr 12x3	26	24	0.092	280
LRM Tr 12x6 P3 <sup>1)</sup>	26	24	0.092	280
LRM Tr 14x3	30	28	0.14	380
LRM Tr 14x4	30	28	0.14	370
LRM Tr 16x2	36	32	0.25	490
LRM Tr 16x4	36	32	0.25	490
LRM Tr 16x8 P4 <sup>1)</sup>	36	32	0.25	490
LRM Tr 18x4	40	36	0.34	630
LRM Tr 20x4	45	40	0.48	790
LRM Tr 20x8 P4 <sup>1)</sup>	45	40	0.45	790
LRM Tr 22x5	45	40	0.46	850
LRM Tr 22x24 P4S <sup>1) 2)</sup>	45	40	0.46	880
LRM Tr 24x5	50	48	0.69	1130
LRM Tr 24x10 P5 <sup>1)</sup>	50	48	0.65	1130
LRM Tr 26x5	50	48	0.58	1240
LRM Tr 28x5	60	60	1.2	1680
LRM Tr 30x6	60	60	1.2	1780
LRM Tr 30x12 P6 <sup>1)</sup>	60	60	1.2	1780
LRM Tr 32x6	60	60	1.2	1910
LRM Tr 36x6	75	72	2.2	2610
LRM Tr 40x7	80	80	2.8	3210
LRM Tr 40x14 P7 <sup>1)</sup>	80	80	2.8	3210
LRM Tr 44x7	80	80	2.6	3560
LRM Tr 48x8	90	100	4.3	4840
LRM Tr 50x8	90	100	4.2	5060
LRM Tr 60x9	100	120	5.7	7320
LRM Tr 70x10	110	140	7.6	10000
LRM Tr 80x10	120	160	9.7	13200

<sup>1)</sup> Only right hand thread.

<sup>2)</sup> Special profile; nominal diameter 21.5.



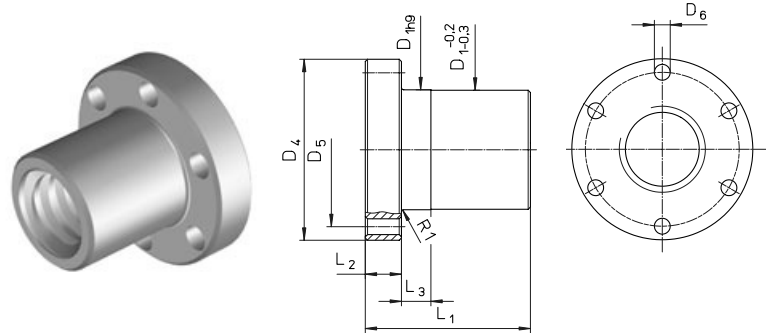
## Trapezoidal nuts

### Complete bronze nut EFM

For motion drives in continuous operation, with particularly good wear characteristics. Suitable for use as a safety nut.

EFM nuts can be installed with the KON an KAR adapters (→ page 41 – 42)

**Material:** 2.1090 (G-CuSn 7Zn Pb (Rg7)), Characteristics → page 40



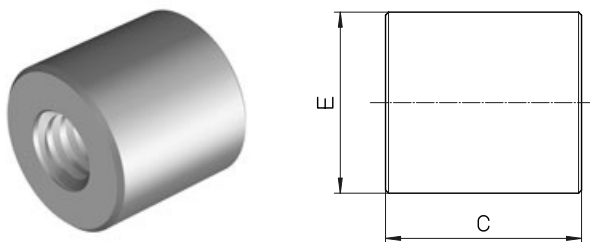
Type	Dimensions [mm]							Weight [kg]	Bearing surface [mm <sup>2</sup> ]
	D <sub>1</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	6xD <sub>6</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>		
EFM Tr 16x4	28	48	38	6	44	12	8	0.25	670
EFM Tr 18x4	28	48	38	6	44	12	8	0.25	770
EFM Tr 20x4	32	55	45	7	44	12	8	0.30	870
EFM Tr 24x5	32	55	45	7	44	12	8	0.30	1040
EFM Tr 30x6	38	62	50	7	46	14	8	0.40	1370
EFM Tr 36x6	45	70	58	7	59	16	10	0.60	2140
EFM Tr 40x7	63	95	78	9	73	16	10	1.70	2930
EFM Tr 50x8	72	110	90	11	97	18	10	2.60	4900
EFM Tr 60x9	85	125	105	11	99	20	10	3.70	6040
EFM Tr 70x10	95	140	180	17	100	30	16	7.80	8250
EFM Tr 80x10	105	150	190	17	110	30	16	8.90	10890

### Long plastic nut blank, cylindrical LKM

For low-noise motion drives with higher speeds and longer operation time. Especially recommended in combination with rolled trapezoidal screws. Good emergency running characteristics.

**Material:** PETP, Characteristics → page 40.


Lubrication: synthetic oil-based gear grease FUCHS LUBRITEC, URETHYN EM 1



Type	E [mm]	C [mm]	Weight [kg]	Bearing surface [mm <sup>2</sup> ]
LKM Tr 12x3	26	24	0.012	280
LKM Tr 12x6 P3	26	24	0.012	280
LKM Tr 16x4	36	32	0.032	490
LKM Tr 16x8 P4	36	32	0.032	490
LKM Tr 20x4	45	40	0.06	790
LKM Tr 20x8 P4	45	40	0.06	790
LKM Tr 24x5	50	48	0.088	1130
LKM Tr 30x6	60	60	0.15	1780
LKM Tr 30x12 P6	60	60	0.15	1780
LKM Tr 36x6	75	72	0.30	2610
LKM Tr 40x7	80	80	0.37	3210
LKM Tr 50x8	90	100	0.55	5060

Only right hand thread, with left hand thread on request.

## LIITE 6. Tuloste hammashihnakäytön valintaohjelmasta

<b>To :</b>		<b>From :</b>	Ville Salo
<b>Attn :</b>		<b>Dept:</b>	
<b>Date :</b>	2007-2-15	<b>Tel/Fax :</b>	-
<b>Subject :</b>		<b>DesignFlex 2K(v2.65)_0.155</b>	
			

**Application:**

<b>Input DesignFlex data :</b>	<b>DriveR</b>	<b>DriveN</b>
Pulley diameter [grooves]	64	64
Shaft diameter [mm]	-----	-----
DriveR Power	40,8 kW	
Service Factor	2,2	
DriveR Speed [rpm]	2000,00	2000,00
<b>Belt width [mm]</b>	<b>50,0</b>	
Belt type	PowerGrip GT3 / GT3 1800 8MGT 50	

**Calculated Gates belt drive system :**

Dp [mm]	162,97	162,97
Pulley Identification/Bush	64 -8M- 50/2517	64 -8M- 50/2517
Belt identification, (Product Number)	PowerGrip GT3 / GT3 1800 8MGT 50	
Over Design Ratio		1,22
Max. System Power		109,1 kW
Belt Speed [m/s]		17,07
Speed ratio		1,00
Calculated centre distance [mm]		644,00
Min. required centre distance range [mm]		611,00 - 646,00
Nominal shaft load [N]		3379,0

**Gates Tensioning Information**

Static tension per belt/rib[N]	1536,1
Belt Deflection [mm]	6,4
Min. Deflection force at installation [N]	61,4
Max. Deflection force at installation [N]	67,6

**Warnings**

- **For used Synchronous belts, the belt tension should be measured and recorded before removal so that the belt can be reinstalled at the same tension.**
- The calculation is based on the input data. Designs are done at licensees own risk.
- This calculation is done for -25°C to +100°C ambient temperature.
- DR-Pulley is existing as standard pulley.
- No restriction for DR-Pulley, no checks done.
- DN-Pulley is existing as standard pulley
- No restriction for DN-Pulley, no checks done.
- Shaft load calculation does not take pulley weight into account.

Kind Regards,

---

Ville Salo

## LIITE 7. Hammashihnan datalehti

**5MGT**  
Pitch: 5 mm

Length and pitch designation	Pitch length mm	Number of teeth
200-5MGT	200	40
225-5MGT	225	45
250-5MGT	250	50
265-5MGT	265	53
275-5MGT	275	55
280-5MGT	280	56
285-5MGT	285	57
300-5MGT	300	60
325-5MGT	325	65
330-5MGT	330	66
340-5MGT	340	68
350-5MGT	350	70
360-5MGT	360	72
375-5MGT	375	75
400-5MGT	400	80
410-5MGT	410	82
415-5MGT	415	83
425-5MGT	425	85
450-5MGT	450	90
460-5MGT	460	92
475-5MGT	475	95
490-5MGT	490	98
500-5MGT	500	100
510-5MGT	510	102

**8MGT**  
Pitch: 8 mm

Length and pitch designation	Pitch length mm	Number of teeth
384-8MGT	384	48
480-8MGT	480	60
560-8MGT	560	70
600-8MGT	600	80
640-8MGT	640	80
720-8MGT	720	90
800-8MGT	800	100
840-8MGT	840	105
880-8MGT	880	110
920-8MGT	920	115
960-8MGT	960	120
1040-8MGT	1040	130
1064-8MGT	1064	133
1080-8MGT	1080	135
1120-8MGT	1120	140
1160-8MGT	1160	145
1200-8MGT	1200	150
1280-8MGT	1280	160
1440-8MGT	1440	180
1512-8MGT	1512	189
1584-8MGT	1584	198
1600-8MGT	1600	200
1760-8MGT	1760	220
1800-8MGT	1800	225
2000-8MGT	2000	250
2400-8MGT	2400	300
2600-8MGT	2600	325
2800-8MGT	2800	350
3048-8MGT	3048	381
3280-8MGT	3280	410
3600-8MGT	3600	450
4400-8MGT	4400	550

Available in widths of 20 mm, 30 mm, 50 mm and 65 mm.

[www.gates.com/europe/GT3](http://www.gates.com/europe/GT3)  
[industrial@gates.com](mailto:industrial@gates.com)

Your distributor:



**14MGT**  
Pitch: 14 mm

Length and pitch designation	Pitch length mm	Number of teeth
966-14MGT	966	69
1190-14MGT	1190	85
1400-14MGT	1400	100
1610-14MGT	1610	115
1750-14MGT	1750	125
1778-14MGT	1778	127
1890-14MGT	1890	135
2100-14MGT	2100	150
2310-14MGT	2310	165
2450-14MGT	2450	175
2590-14MGT	2590	185
2800-14MGT	2800	200
3150-14MGT	3150	225
3360-14MGT	3360	240
3500-14MGT	3500	250
3850-14MGT	3850	275
4326-14MGT	4326	309
4578-14MGT	4578	327
4956-14MGT	4956	354
5320-14MGT	5320	380
5740-14MGT	5740	410
6160-14MGT	6160	440
6860-14MGT	6860	490

Available in widths of 40 mm, 55 mm, 65 mm, 115 mm and 170 mm.

Dimensions in bold are available from stock.

PowerGrip® GT3 ordering code is composed as follows:

PGGT3 501-3MGT-6

PGGT3  
501 - PowerGrip® GT3  
3MGT - Pitch 3 mm  
6 - Belt width (mm)



MADE IN UK  
MADE IN UK  
MADE IN UK  
530  
530

**NEW**

# POWERGRIP® GT3

**Expands the limits of your power transmission solutions**

Today's industries require high quality products. Gates stands for an innovative and top performing product range that can be used for a wide range of applications. Gates' latest development in synchronous rubber belts is PowerGrip® GT3.

The PowerGrip® GT3 product range is a major leap in synchronous rubber belt technology. It is available in five pitches, small 2MGT, 3MGT and 5MGT as well as large 8MGT and 14MGT pitches and covers the widest range of industrial applications.



**POWERGRIP® GT3**  
**Outperforms all other synchronous rubber belts!**

The PowerGrip® GT3 synchronous belt transmits up to 30% more power than previous generation belts. This entire belt range is designed to run on existing drives and does not require any adaptation of the system.

The small 2MGT, 3MGT and 5MGT pitches are ideal for compact drives on hand tools, business machines, domestic appliances, high precision servomotor drives and multiaxis applications. The larger 8MGT and 14MGT pitches are the optimum choice for high performance drives in the machine tool, paper and textile industries where durability and low maintenance are required. They are a perfect replacement for HTD® and GT type drives.

PowerGrip® GT3 8MGT and 14MGT pitches are standard static conductive to ISO 9563 and can be used in hazardous explosive areas. Certificates delivered on request.

They can also be supplied in a silicone-free construction and are therefore ideal for painting processes. As contamination risks are excluded, it is the ideal belt for the automotive industry.

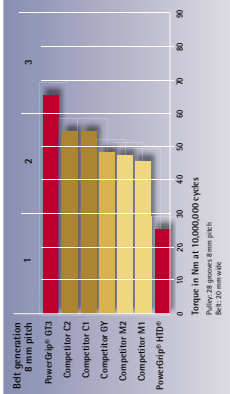
**Construction**

- Technologically advanced compound with fibreglass tensile cord, elastomeric teeth and nylon facing.
- Elastomeric backing protects the cords from environmental pollution and frictional wear.
- Helically wound tensile member gives enormous strength, flex life and elongation resistance.
- Low friction nylon facing protects the tooth surfaces against wear.
- Precision-formed and accurately spaced elastomeric teeth.

**Advantages**

- Substantially increased power ratings: up to 30% more than previous constructions.
- Compact, light-weight and cost-effective drives.
- Improved tooth jump resistance.
- High capacity belt with reduced noise levels.
- No lubrication needed.

**PowerGrip® GT3 versus competitors' belts**



**POWERGRIP® GT3**  
**Belt range**

**2MGT**  
Pitch: 2 mm

Length and pitch designation	Pitch length mm	Number of teeth
74-2MGT	74	37
76-2MGT	76	38
80-2MGT	80	40
90-2MGT	90	45
100-2MGT	100	50
112-2MGT	112	56
124-2MGT	124	62
130-2MGT	130	65
132-2MGT	132	66
134-2MGT	134	67
140-2MGT	140	70
142-2MGT	142	71
152-2MGT	152	76
158-2MGT	158	79
164-2MGT	164	82
168-2MGT	168	84
172-2MGT	172	86
178-2MGT	178	89
180-2MGT	180	90
184-2MGT	184	92
186-2MGT	186	93
192-2MGT	192	96
194-2MGT	194	97
202-2MGT	202	101
208-2MGT	208	104
210-2MGT	210	105
212-2MGT	212	106
216-2MGT	216	108
220-2MGT	220	110
224-2MGT	224	112
232-2MGT	232	116
240-2MGT	240	120
242-2MGT	242	121
250-2MGT	250	125
252-2MGT	252	126
264-2MGT	264	132
274-2MGT	274	137
280-2MGT	280	140
284-2MGT	284	142
286-2MGT	286	143
288-2MGT	288	144
304-2MGT	304	152

**3MGT**  
Pitch: 3 mm

Length and pitch designation	Pitch length mm	Number of teeth
105-3MGT	105	35
120-3MGT	120	40
135-3MGT	135	45
144-3MGT	144	48
150-3MGT	150	50
165-3MGT	165	55
174-3MGT	174	58
180-3MGT	180	60
186-3MGT	186	62
192-3MGT	192	64
195-3MGT	195	65
201-3MGT	201	67
204-3MGT	204	68
210-3MGT	210	70
216-3MGT	216	72
225-3MGT	225	75
231-3MGT	231	77
234-3MGT	234	78
240-3MGT	240	80
243-3MGT	243	81
246-3MGT	246	82
252-3MGT	252	84
255-3MGT	255	85
267-3MGT	267	89
270-3MGT	270	90
276-3MGT	276	92
282-3MGT	282	94
285-3MGT	285	95
288-3MGT	288	96
294-3MGT	294	98
300-3MGT	300	100
303-3MGT	303	101
309-3MGT	309	103
312-3MGT	312	104
324-3MGT	324	108
330-3MGT	330	110
339-3MGT	339	113
354-3MGT	354	118
357-3MGT	357	119

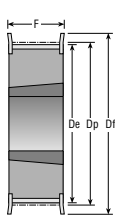
**5MGT**  
Pitch: 5 mm

Length and pitch designation	Pitch length mm	Number of teeth
310-5MGT	310	155
318-5MGT	318	159
320-5MGT	320	160
322-5MGT	322	161
330-5MGT	330	165
332-5MGT	332	166
336-5MGT	336	168
342-5MGT	342	171
356-5MGT	356	178
364-5MGT	364	182
370-5MGT	370	185
380-5MGT	380	190
386-5MGT	386	193
392-5MGT	392	196
400-5MGT	400	200
406-5MGT	406	203
412-5MGT	412	206
420-5MGT	420	210
428-5MGT	428	214
430-5MGT	430	215
436-5MGT	436	218
466-5MGT	466	233
474-5MGT	474	237
480-5MGT	480	240
488-5MGT	488	244
502-5MGT	502	251
516-5MGT	516	258
534-5MGT	534	267
544-5MGT	544	272
576-5MGT	576	288
580-5MGT	580	290
600-5MGT	600	300
660-5MGT	660	330
690-5MGT	690	345
816-5MGT	816	408
930-5MGT	930	465
1032-5MGT	1032	516
1164-5MGT	1164	582
1386-5MGT	1386	693
1700-5MGT	1700	850
1830-5MGT	1830	915

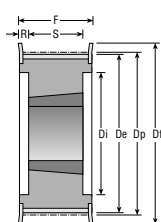
Available in widths of 6 mm, 9 mm and 15 mm.

Available in widths of 3 mm, 6 mm and 9 mm.

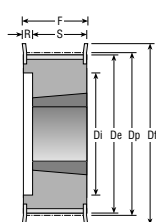
## LIITE 8. Hammaspyörien datalehti



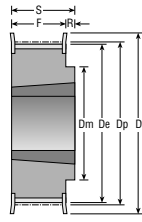
Figur 3F



Figur 4F



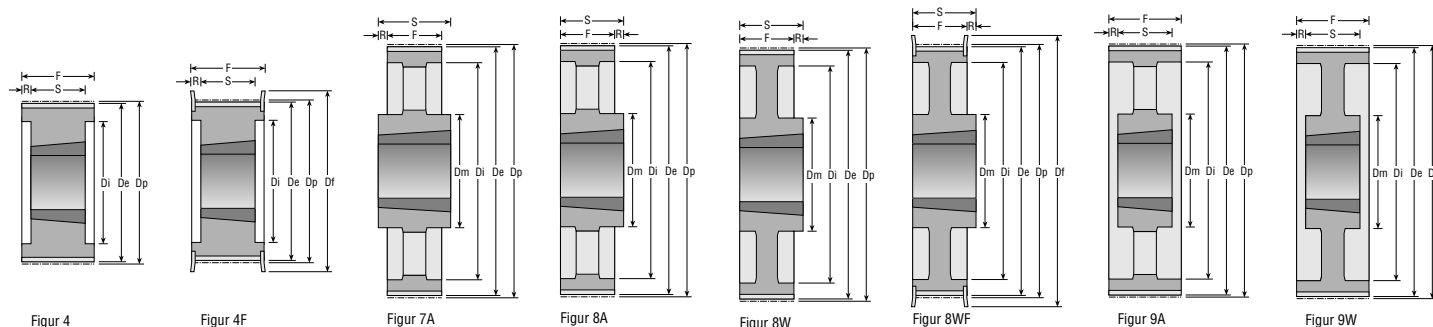
Figur 5F



Figur 8F

Z	Rembr. Belt w. Riemenbr.	Mat.	Fig.	Best. nr. Part No. Best. Nr.	Bush	Dp	De	Df	Dm	Di	F	S	R	Vægt Weight Gewicht
22	20	GG	5F	0228M020T	1008	56,02	54,65	60,0	-	41	28	22	6,0	0,24
	30	GG	5F	0228M030T	1008	56,02	54,65	60,0	-	41	38	22	16,0	0,29
24	20	GG	5F	0248M020T	1108	61,12	59,75	66,0	-	42	28	22	6,0	0,30
	30	GG	5F	0248M030T	1108	61,12	59,75	66,0	-	42	38	22	16,0	0,38
26	20	GG	5F	0268M020T	1108	66,21	64,84	71,0	-	46	28	22	6,0	0,36
	30	GG	5F	0268M030T	1108	66,21	64,84	71,0	-	46	38	22	16,0	0,45
28	20	GG	5F	0288M020T	1108	71,30	70,08	75,0	-	50	28	22	6,0	0,44
	30	ST	5F	0288M030T	1210	71,30	70,08	75,0	-	50	38	25	13,0	0,50
	50	ST	5F	0288M050T	1210	71,30	70,08	75,0	-	50	60	25	35,0	0,60
30	20	GG	5F	0308M020T	1108	76,39	75,13	83,0	-	58	28	22	6,0	0,53
	30	ST	3F	0308M030T	1615	76,39	75,13	83,0	-	-	38	38	-	0,55
	50	ST	5F	0308M050T	1615	76,39	75,13	83,0	-	58	60	38	22,0	0,65
32	20	GG	5F	0328M020T	1610	81,49	80,16	87,0	-	62	28	25	3,0	0,42
	30	GG	3F	0328M030T	1615	81,49	80,16	87,0	-	-	38	38	-	0,59
	50	GG	5F	0328M050T	1615	81,49	80,16	87,0	-	62	60	38	22,0	0,82
34	20	GG	5F	0348M020T	1610	86,58	85,22	91,0	-	65	28	25	3,0	0,55
	30	GG	3F	0348M030T	1615	86,58	85,22	91,0	-	-	38	38	-	0,77
	50	GG	5F	0348M050T	1615	86,58	85,22	91,0	-	65	60	38	22,0	1,06
	85	GG	4F	0348M085T	1615	86,58	85,22	91,0	-	65	95	38	28,5	1,43
36	20	GG	5F	0368M020T	1610	91,67	90,30	98,5	-	68	28	25	3,0	0,68
	30	GG	3F	0368M030T	1615	91,67	90,30	98,5	-	-	38	38	-	0,96
	50	GG	5F	0368M050T	1615	91,67	90,30	98,5	-	68	60	38	22,0	1,30
	85	GG	4F	0368M085T	1615	91,67	90,30	98,5	-	68	95	38	28,5	1,87
38	20	GG	5F	0388M020T	1610	96,77	95,39	103,0	-	72	28	25	3,0	0,80
	30	GG	3F	0388M030T	1615	96,77	95,39	103,0	-	-	38	38	-	1,15
	50	GG	3F	0388M050T	1615	96,77	95,39	103,0	-	72	60	38	22,0	1,60
	85	GG	4F	0388M085T	1615	96,77	95,39	103,0	-	72	95	38	28,5	2,20
40	20	GG	5F	0408M020T	1610	101,86	100,49	106,0	-	76	28	25	3,0	1,00
	30	GG	3F	0408M030T	1615	101,86	100,49	106,0	-	-	38	38	-	1,34
	50	GG	4F	0408M050T	2012	101,86	100,49	106,0	-	82	60	32	14,0	1,71
	85	GG	4F	0408M085T	2012	101,86	100,49	106,0	-	82	95	32	31,5	1,80
44	20	GG	8F	0448M020T	2012	112,05	110,67	119,0	93	-	28	32	4,0	1,20
	30	GG	4F	0448M030T	2012	112,05	110,67	119,0	-	91	38	32	3,0	1,33
	50	GG	4F	0448M050T	2012	112,05	110,67	119,0	-	91	60	32	14,0	1,78
	85	GG	4F	0448M085T	2012	112,05	110,67	119,0	-	91	95	32	31,5	2,30
48	20	GG	8F	0488M020T	2012	122,23	120,86	127,0	96	-	28	32	4,0	1,60
	30	GG	4F	0488M030T	2012	122,23	120,86	127,0	-	95	38	32	3,0	1,78
	50	GG	4F	0488M050T	2012	122,23	120,86	127,0	-	96	60	32	14,0	2,30
	85	GG	4F	0488M085T	2517	122,23	120,86	127,0	-	100	95	45	25,0	2,66
56	20	GG	8F	0568M020T	2012	142,60	141,23	148,0	110	-	28	32	4,0	2,40
	30	GG	4F	0568M030T	2012	142,60	141,23	148,0	-	117	38	32	3,0	3,76
	50	GG	4F	0568M050T	2517	142,60	141,23	148,0	-	116	60	45	7,5	3,40
	85	GG	4F	0568M085T	2517	142,60	141,23	148,0	-	117	95	45	25,0	4,45





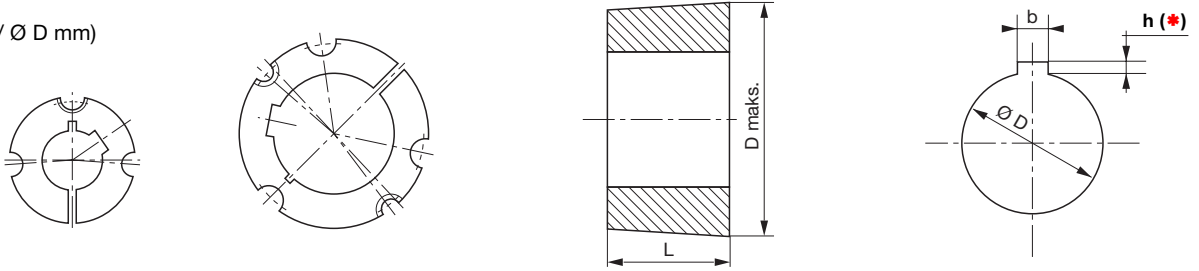
Z	Rembr. Belt w. Riemenbr.		Fig.	Best. nr. Part No. Best. Nr.		Bush	Dp	De	Df	Dm	Di	F	S	R	Vægt Weight
		Mat.													Gewicht
64	20	GG	8WF	0648M020T	2012	162,97	161,60	168,0	110	137	28	32	4,0	2,70	
	30	GG	8F	0648M030T	2517	162,97	161,60	168,0	125	-	38	45	7,0	4,20	
	50	GG	4F	0648M085T	2517	162,97	161,60	168,0	-	137	60	45	7,5	5,00	
	85	GG	4F	0648M085T	2517	162,97	161,60	168,0	-	137	95	45	25,0	6,20	
72	20	GG	8WF	0728M020T	2012	183,35	181,97	192,0	110	158	28	32	4,0	3,30	
	30	GG	8WF	0728M030T	2517	183,35	181,97	192,0	125	158	38	45	7,0	4,30	
	50	GG	4F	0728M050T	2517	183,35	181,97	192,0	125	158	60	45	7,5	6,70	
	85	GG	4F	0728M085T	3020	183,35	181,97	192,0	-	158	95	51	22,0	8,00	
80	20	GG	8W	0808M020T	2012	203,72	202,35	-	110	180	28	32	4,0	3,50	
	30	GG	8W	0808M030T	2517	203,72	202,35	-	125	180	38	45	7,0	4,60	
	50	GG	4	0808M050T	3020	203,72	202,35	-	-	180	60	51	4,5	8,80	
	85	GG	4	0808M085T	3020	203,72	202,35	-	-	180	95	51	22,0	10,00	
90	20	GG	8A	0908M020T	2012	229,18	227,81	-	110	204	28	32	4,0	3,65	
	30	GG	8A	0908M030T	2517	229,18	227,81	-	125	204	38	45	7,0	5,00	
	50	GG	9W	0908M050T	3020	229,18	227,81	-	170	204	60	51	4,5	10,00	
	85	GG	9W	0908M085T	3020	229,18	227,81	-	170	204	95	51	22,0	10,80	
112	30	GG	8A	1128M030T	2517	285,21	283,83	-	125	260	38	45	7,0	6,20	
	50	GG	9W	1128M050T	3020	285,21	283,83	-	170	260	60	51	4,5	12,00	
	85	GG	9W	1128M085T	3020	285,21	283,83	-	170	260	95	51	22,0	15,00	
144	30	GG	8A	1448M030T	2517	366,69	365,32	-	125	341	38	45	7,0	9,00	
	50	GG	9A	1448M050T	3020	366,69	365,32	-	170	341	60	51	4,5	15,20	
	85	GG	9A	1448M085T	3525	366,69	365,32	-	190	341	95	65	15,0	20,00	
168	50	GG	7A	1688M050T	3525	427,81	426,44	-	190	402	60	65	2,5	16,40	
	85	GG	9A	1688M085T	3525	427,81	426,44	-	190	402	95	65	15,0	23,00	
192	50	GG	7A	1928M050T	3525	488,92	487,55	-	190	460	60	65	2,5	21,80	
	85	GG	9A	1928M085T	3525	488,92	487,55	-	190	460	95	65	15,0	28,50	

## LIITE 9. Kartioholkkien datalehti



## Tilauseimerkki:

1610 / 22  
(Holkki malli A / Ø D mm)

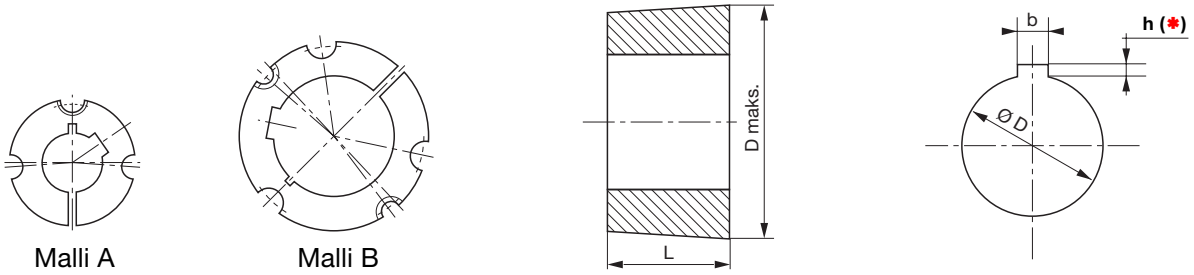


Malli		1008	1108	1210	1215	1310	1610	1615	2012	2517	2525	3020	3030	3525	3535	4040	4545	5050
		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B
Paino Ø D	kg	0,12	0,16	0,28	0,39	0,32	0,42	0,61	0,75	1,10	2,25	2,61	3,80	3,90	5,25	7,80	12,80	15,30
D maks.	mm	35,0	38,0	47,5	47,5	50,5	57,0	57,0	70,0	85,5	85,5	108,0	108,0	127,0	127,0	146,0	162,0	177,5
L	mm	22,3	22,3	25,4	38,1	25,4	25,4	38,1	31,8	44,5	63,5	50,8	76,2	63,5	88,9	101,6	114,3	127,0
Kuusiokoloruuvi	in.	1/4 x 1/2	1/4 x 1/2	3/8 x 5/8	3/8 x 5/8	3/8 x 5/8	3/8 x 5/8	3/8 x 5/8	7/16 x 7/8	1/2 x 1	1/2 x 1	5/8 x 1 1/4	5/8 x 1 1/4	1/2 x 1 1/2	1/2 x 1 1/2	5/8 x 1 3/4	3/4 x 2	7/8 x 2 1/4
Kuusiokoloavain	nro	3	3	5	5	5	5	5	6	6	6	8	8	10	10	12	14	14
Kiristysmomentti	Nm	5,7	5,7	20	20	20	20	20	31	49	49	92	92	115	115	172	195	275

Ø D mm	b mm	h (*) mm	1008	1108	1210	1215	1310	1610	1615	2012	2517	2525	3020	3030	3525	3535	4040	4545	5050
9	3	1,4	•	•															
10	3	1,4	•	•															
11	4	1,8	•	•	•	•													
12	4	1,8	•	•	•	•	•	•	•										
14	5	2,3	•	•	•	•	•	•	•	•									
15	5	2,3	•	•	•	•	•	•	•	•									
16	5	2,3	•	•	•	•	•	•	•	•									
18	6	2,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•								
19	6	2,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
20	6	2,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
22	6	2,8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
24	8	3,3 (1,3)	(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
25	8	3,3 (1,3)	(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
28	8	3,3 (1,3)		(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
30	8	3,3			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
32	10	3,3			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
35	10	3,3 (1,3)					(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
38	10	3,3						•	•	•	•	•	•	•	•	•			
40	12	3,3 (1,3)						•	(*)	•	•	•	•	•	•	•	•		
42	12	3,3 (1,3)						•	(*)	•	•	•	•	•	•	•	•		
45	14	3,8								•	•	•	•	•	•	•	•		
48	14	3,8								•	•	•	•	•	•	•	•		
50	14	3,8								•	•	•	•	•	•	•	•		
55	16	4,3									•	•	•	•	•	•	•	•	
60	18	4,4									•	•	•	•	•	•	•	•	
65	18	4,4									•	•	•	•	•	•	•	•	
70	20	4,9										•	•	•	•	•	•	•	•
75	20	4,9										•	•	•	•	•	•	•	•
80	22	5,4													•	•	•	•	•
85	22	5,4													•	•	•	•	•
90	25	5,4													•	•	•	•	•
95	25	5,4														•	•	•	•
100	28	6,4															•	•	•
105	28	6,4																•	•
110	28	6,4																	•
115	32	7,4																	•
120	32	7,4																	•
125	32	7,4																	•

**Tilauseimerkki:**

1610 / 7/8  
(Holkki malli A / Ø D in.)



Ø D in.	b in.	h (*) in.	1008	1108	1210	1215	1310	1610	1615	2012	2517	2525	3020	3030	3525	3535	4040	4545	5050	
3/8	1/8	1/16	•	•																
7/16	1/8	1/16	•	•																
1/2	1/8	1/16	•	•	•	•	•	•	•											
9/16	3/16	3/32	•	•	•	•	•	•	•											
5/8	3/16	3/32	•	•	•	•	•	•	•											
11/16	3/16	3/32	•	•	•	•	•	•	•											
3/4	3/16	3/32	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
13/16	1/4	1/8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•								
7/8	1/4	1/8	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
15/16	1/4	1/8 (1/16)	(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
1	1/4	1/8 (1/16)	(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
1 1/16	5/16	1/8 (5/64)		(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
1 1/8	5/16	1/8 (5/64)		(*)	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
1 3/16	5/16	1/8			•	•	•	•	•	•	•	•	•							
1 1/4	5/16	1/8			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•					
1 5/16	3/8	1/8					•	•	•	•	•	•	•	•	•					
1 3/8	3/8	1/8					•	•	•	•	•	•	•	•	•					
1 7/16	3/8	1/8						•	•	•	•	•	•	•	•					
1 1/2	3/8	1/8						•	•	•	•	•	•	•	•	•				
1 5/8	7/16	5/32 (1/8)						•	(*)	•	•	•	•	•	•	•				
1 3/4	7/16	5/32								•	•	•	•	•	•	•	•			
1 7/8	1/2	5/32								•	•	•	•	•	•	•	•	•		
2	1/2	5/32								•	•	•	•	•	•	•	•	•		
2 1/8	5/8	7/32									•	•	•	•	•	•	•	•		
2 1/4	5/8	7/32									•	•	•	•	•	•	•	•	•	
2 3/8	5/8	7/32									•	•	•	•	•	•	•	•	•	
2 1/2	5/8	7/32									•	•	•	•	•	•	•	•	•	
2 5/8	3/4	1/4											•	•	•	•	•	•	•	
2 3/4	3/4	1/4												•	•	•	•	•	•	•
2 7/8	3/4	1/4												•	•	•	•	•	•	•
3	3/4	1/4												•	•	•	•	•	•	•
3 1/8	7/8	5/16													•	•	•	•	•	•
3 1/4	7/8	5/16													•	•	•	•	•	•
3 3/8	7/8	5/16													•	•	•	•	•	•
3 1/2	7/8	5/16 (1/4)													(*)	(*)	•	•	•	•
3 3/4	1	3/8 (1/4)															(*)	•	•	•
4	1	3/8 (1/4)															(*)	•	•	•
4 1/4	1 1/4	7/16 (1/4)																(*)	•	•
4 1/2	1 1/4	7/16 (1/4)																(*)	•	•
4 3/4	1 1/4	7/16																	•	•
5	1 1/4	7/16 (5/16)																		(*)