

Joonas Sikanen

Sähköisen ohjaustehostimen suunnittelu ja käyttöönotto eBusissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Auto- ja kuljetustekniikka
Insinöörityö
31.5.2016

| | |
|---|--|
| Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika | Joona Sikanen Sähköisen ohjaustehostimen suunnittelu ja käyttöönotto eBusissa 21 sivua + 3 liitettä 31.5.2016 |
| Tutkinto | Insinööri (AMK) |
| Koulutusohjelma | Auto- ja kuljetustekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Autosähkötekniikka |
| Ohjaaja(t) | Lehtori Sami Ruotsalainen |
| <p>Tämä insinöörityö on tehty osana projektityöskentelyä eBus – tiimissä. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja vaihtaa nykyinen sähköhydraulinen ohjaustehostin täyssähköiseen ohjaustehostimeen. Pyrkimyksenä oli parantaa linja-auton ohjauksen energiatehokkuutta ja reagoimiskykyä etenkin ajettaessa kaupunkiympäristössä.</p> <p>Raportissa esitellään sähköisen ohjaustehostimen suunnittelu ja toteutus. Lisäksi työssä esitellään erilaisten ohjaustehostinvaihtoehtoja perustoimintaperiaatteet.</p> <p>Hankituista komponenteista rakennettiin valmis sähköinen ohjaustehostinyksikkö, joka liitettiin linja-auton jo valmiina olevaan ohjausjärjestelmään ja samalla poistettiin sähköhydraulinen ohjaustehostinyksikkö.</p> | |
| Avainsanat | eBus, ohjaustehostin, sähköauto |

| | |
|--|--|
| Author(s) Title | Joona Sikanen Design and Implementation of Electric Power Steering for eBus |
| Number of Pages Date | 21 pages + 3 appendices 31 May 2016 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Automotive and Transport Engineering |
| Specialisation option | Automotive Electronics Engineering |
| Instructor(s) | Sami Ruotsalainen, Senior Lecturer |
| <p>This Bachelor's thesis was carried out as part of the eBus project. The system was designed and implemented to Kabus bodywork electric conversion bus. The aim of the work was to design and build a functional electrical power steering system. By changing the hydraulic power steering system to electrical system it is expected to make steering feel more adapt to different driving environment and also improve energy efficiency.</p> <p>The study presents the principles about different types of power steering options. The study also presents design and mounting of the electrical power steering system.</p> <p>Electrical power steering system was built from acquired components and it replaced the existing hydraulic power steering system.</p> | |
| Keywords | eBus, electric vehicle, power steering |

Sisällysluettelo

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | eBus | 2 |
| 3 | Insinööriyön tavoitteet | 3 |
| 4 | Ohjaustehostin | 3 |
| 4.1 | Ohjaustehostimen toimintaperiaate | 3 |
| 4.2 | Hydrauliset ohjaustehostimet | 5 |
| 4.3 | Sähköhydraulinen ohjaustehostin | 6 |
| 4.4 | Täyssähköinen ohjaustehostin | 7 |
| 5 | eBussin ohjaustehostimen vaatimukset | 7 |
| 5.1 | Sähkömoottorin vaatimukset | 8 |
| 5.2 | Voimansiirron vaatimukset | 8 |
| 5.3 | Anturoinnin vaatimukset | 8 |
| 5.4 | Apurungon mekaaniset vaatimukset | 9 |
| 6 | Ohjaustehostinyksikön vaaditut komponentit | 9 |
| 6.1 | Alkuperäinen ohjausjärjestelmä | 9 |
| 6.2 | Sähkömoottori | 9 |
| 6.3 | Visedo PowerCombo, taajuusmuuttaja | 10 |
| 6.4 | Kulmavaihde | 10 |
| 6.5 | Anturointi | 10 |
| 7 | Ohjaustehostinyksikön suunnittelu ja toteutus | 11 |
| 7.1 | Momenttianturin kiinnitys | 12 |
| 7.2 | Ohjaustehostin | 13 |
| 7.3 | Ohjauskulma-anturi | 14 |
| 8 | Ohjaustehostimen ohjelmointi | 15 |
| 8.1 | Ohjaustehostimen koodin kirjoitus | 15 |
| 9 | Käyttöönotto | 17 |

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 9.1 | Ohjaustehostimen asentaminen | 19 |
| 10 | Yhteenveto | 20 |
| 11 | Lähteet | 21 |

1 Johdanto

eBus on Metropolia Ammattikorkeakoulussa suunniteltu ja valmistettu sähkölinja-auto-prototyyppi joka pohjautuu jyväskyläläisen Kabusin kevytrakennelinja-auton runkoon. Hanke on toteutettu yhteistyössä VTT:n kanssa.

eBusin tarkoituksena on toimia testiympäristönä eri valmistajien laitteistoille, kuten esimerkiksi akustolle, taajuusmuuttajalle ja lämmönvaihdinjärjestelmille. Tämän hetkiselällä kokoonpanolla eBusista löytyy Visedon ajo- ja generaattoritaajuusmuuttajat, Visedon kestromagneettimoottori sekä European Batteriesin valmistama litiumrautafosfaattiakusto. Ohjausjärjestelmässä oli käytössä sähköhydraulinen tehostinjärjestelmä, jossa toimintaviiveet ovat merkittäviä, mikä johtaa ohjauksen raskaaseen toimintaan hitaissa nopeuksissa. Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia ja toteuttaa täyssähköisen ohjaustehostimen asennus eBusin ohjausjärjestelmään.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli suunnitella, asentaa, testata ja parametroida eBusin kaupunkiajoon soveltuva täyssähköinen tehostinjärjestelmä.

2 eBus

eBus (kuva 1) on vuonna 2012 aloitettu Metropolia Ammattikorkeakoulun ja VTT:n yhteistyöprojekti. Tarkoituksena oli valmistaa sähköinen linja-auto, joka pohjautuu valmiiseen Kabusin kevytrakenteiseen matalalattiarunkoon.

eBusin valmistuksesta vastasi Metropolia Ammattikorkeakoulu ja linja-auton peruserä oli toimia testiympäristönä eri valmistajille, jotka haluavat testata omia komponentteja tai järjestelmiä autossa.

Tällä hetkellä autossa on testattu muun muassa kahden eri valmistajan taajuusmuuttajia. Autossa on myös testikäytössä range-extender, joka rakentuu Deutzin 2,9 litraisesta dieselmoottorista, joka pyörittää Visedon generaattoria, jolla tuotettava sähkö muutetaan Visedon Powermaster-taajuusmuuttajan avulla tasajännitteeksi. Nimensä mukaisesti tämän järjestelmän ideana on kasvattaa ennestään pienehköä toimintasädetä huomattavasti paljon suuremmaksi.

Viimeisimpänä lisäyksenä autoon on sähköhydraulisen ohjaustehostimen korvaus täys-sähköisellä ohjaustehostimella, jolla pyritään pienentämään auton kokonaiskulutusta.



Kuva 1. eBus

3 Insinööriyön tavoitteet

eBusin tämän hetkinen ohjausjärjestelmä koostuu alkuperäisestä ohjausjärjestelmästä, joka koostuu seuraavista komponenteista: ohjauksen pysty- ja vaaka-akseli, kuulamutterityyppinen simpukkaohjausvaihte ja raidetangot, jotka ovat kiinni etuakselin pyöränripustuksissa sekä myös sähköhydraulisesta tehostimesta (kuva 10). Tästä järjestelmästä poistettiin sähköhydraulinen tehostin ja sen komponentit ja simpukkavaiheen hydraulisen tehostimen letkulähdöt reititetään uudestaan, jotta voitelu jää, mutta tehostinominaisuus poistettiin.

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia täyssähköisen ohjaustehostimen toimintaa. Sähköinen ohjaustehostin liitetään ohjauksen vaaka-akselille kulmavaihteen avulla. Ohjaustehostimen tulee toimia luotettavasti ja tukea etenkin hitaissa ajotilanteissa ajoneuvon käsittelyä. Täyssähköisen ohjaustehostimen tavoitteena on myös parantaa ajoneuvon energiatehokkuutta, sillä nykyinen tehostin joutuu tuottamaan jatkuvasti hydrauliiikkapainetta tehostaakseen ohjausta, jolloin sähköä kuluu jatkuvasti turhaan. Täyssähköinen ohjaustehostin toimii ainoastaan kääntäessä, jolloin sähköä ei käytetä turhaan esimerkiksi suoraan ajettaessa.

4 Ohjaustehostin

Koska sähköhydraulinen tehostin poistetaan, jää ainoaksi vaihtoehdoksi täyssähköinen ohjaustehostin, eikä markkinoilta ole vielä saatavilla sopivaa valmista järjestelmää linja-autoon, joten ainoaksi vaihtoehdoksi jää oman valmistaminen komponenteista. On kuitenkin tärkeää ymmärtää erilaisten ohjaustehostimien periaate ennen oman valmistusta, joten niihin on tehty katsaus.

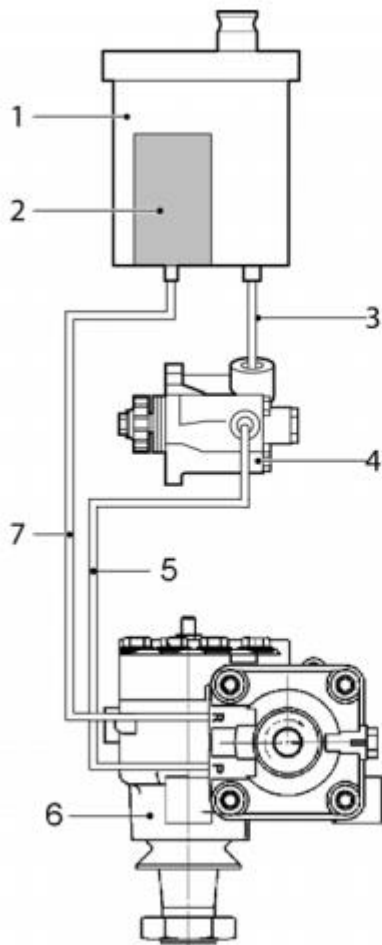
4.1 Ohjaustehostimen toimintaperiaate

Ohjaustehostin nimensä mukaisesti tehostaa kuljettajan tuottamaa ohjauserätettä, kuitenkin poistamatta kokonaan ohjaustuntumaa. Ohjaustehostimella saadaan myös vähennettyä tienpinnasta aiheutuvia ohjauserähteitä, jotka kuljettaja voi kokea häiritsevinä. Tyypillisesti ohjaustehostimen tehostus tuotetaan hydrauliiikkapaineella, mutta nykyään sähköiset ohjaustehostimet ovat tulleet suureen käyttöön henkilöautoissa. [4, s. 14, 17]

4.2 Hydrauliset ohjaustehostimet

Edelleen käytetyin ohjaustehostimen toimintatapa on hydraulinen tehostus, sillä polttomoottoriajoneuvojen määrä on edelleen huomattavasti paljon suurempi kuin sähköajoneuvojen. Hydraulisessa ohjaustehostimessa hydrauliiikkapumppu saa käyttövoimansa polttomoottorilta apulaitehinnan kautta, jolloin hydrauliiikkapumppu tehostaa jatkuvasti ohjausta aina kun polttomoottori on käynnissä. Pumppu on suunniteltu siten, että jo pienillä käyntinopeuksilla pumpun tuotto riittää tehostamaan, joten pumpun tuottoa rajoitetaan virtausventtiileillä jotta suuremmilla käyntinopeuksilla ei tulisi liikaa häviöitä. Tässä järjestelmässä on myös etuna se, että kyseinen kokoonpano ottaa vastaan tiestä aiheutuvia värähtelyjä ja vaimentaa ne jolloin kuljettaja ei tunne kaikkia tien epätasaisuuksia. [1, s. 294.]

Hydraulisessa ohjaustehostimessa ohjaustehostimen (kuva 3) öljy (hydrauliikkaöljy) virtaa säiliöstä (1), imuputkea (3) pitkin ohjaustehostimen pumpulle(4), joka pumppaa hydrauliikkaöljyn paineputkea pitkin (5) ohjaustehostimeen (6). Ohjaustehostimelta öljy palaa paluuputkea (7) pitkin takaisin öljynsuodattimen (2) kautta säiliöön. Hydrauliikkaöljynpaine ohjaustehostimella on riippuvainen siitä, että tapahtuuko ohjauksessa muutoksia, mutta joka tapauksessa hydrauliiikka pumppu joutuu tuottamaan koko ajan painetta ohjaustehostimelle, josta paine ohjataan kanavien avulla ohjaustehostimen läpi takaisin öljysäiliölle. [2, s. 57.]



IL Ae0062

Kuva 3. Kuvaus ohjaustehostimen hydraulikka järjestelmästä [2, s. 56].

4.3 Sähköhydraulinen ohjaustehostin

Sähköhydraulisessa ohjaustehostimessa hydraulikkapumpun käyttövoiman saanti poltomootorilta on korvattu sähkömoottorilla, joka pyörii jatkuvasti tuottaen hydraulikkapainetta järjestelmään, jotta ohjaustehostin toimisi. Tämä järjestelmä antaa vapauksia ohjauksen suunnittelussa, sillä ohjaustehostimen koko järjestelmä, säiliö, pumppu ja hydraulikkalinjat, voidaan sijoittaa esimerkiksi suoraan ohjausakselin päälle.

Peruseriaate on edelleenkin sama kuin perinteisessä hydraulisessa ohjaustehostimessa, ainoastaan pumppua pyörittävä mekaaninen voiman lähde on korvattu sähköisellä voima lähteellä. Sähköhydraulisen etu edeltävään hydrauliseen ohjaustehostimeen

on se, että sähkömoottorin ohjausta on helpompi säädellä, kuin mekaanisen järjestelmän hihnapyörä järjestelmässä toimivaa pumppua. Tämä taas säästää pitkällä aikavälillä polttoaine kustannuksia. [1, s. 283]

4.4 Täyssähköinen ohjaustehostin

Täyssähköinen on nimensä mukaan täysin sähköinen ohjaustehostin, joka tehostaa ohjausta pelkästään sähkömoottorin avulla joka on liitetty mekaanisesti ohjausakselille. Täyssähköisiä ohjaustehostimia on käytännössä neljä eri tyyppiä: suoraan ohjauspylvääseen kiinnitettävä, hammastankoon kiinnitettävä, jossa ohjauspylväs menee moottorin läpi ja hammastankoon kiinnitettävä jossa moottori on itsenäisesti sekä matovaihteeseen kiinnitettävä [3, s. 2]

Hyötyinä verrattuna hydraulisiin ohjaustehostinjärjestelmiin tällä järjestelmällä on pieni tilantarve, se ei vaadi öljyä toimiakseen, ja ohjaustehostimen moottori pyörii ainoastaan kun on tarve tehostaa ohjausta. Viimeiseksi mainitulla ominaisuudella on suuri merkitys energian kulutuksen kannalta, olkoon kyseessä polttomoottorilla tai sähkömoottorilla varustettu ajoneuvo, verraten perinteiseen hydrauliseen tai sähköhydrauliseen ohjaustehostimeen.

Täyssähköisen ohjaustehostimen toimintaperiaate on jo hieman erilainen, kuin edeltävien hydraulisten ohjaustehostimien. Täyssähköisessä ohjaustehostimessa tarvitaan ainoastaan mekaaninen yhteys ohjausakselille ja sähköinen liitäntä ajoneuvon sähköjärjestelmään. Etuna täyssähköisellä ohjaustehostimella hydraulisiin on se, että sen ei tarvitse pyöriä jatkuvasti ylläpitääkseen tehostus mahdollisuutta, vaan sen tarvitsee ainoastaan pyöriä kun on tarve tehostukselle. Lisäksi etuna hydraulisiin järjestelmiin on suuri muokattavuus ajotuntumassa.

5 eBussin ohjaustehostimen vaatimukset

Koska markkinoilla ei ole saatavilla valmista ohjaustehostin pakettia, joka sopisi linja-auton ohjausjärjestelmään, päätettiin suunnitella ja toteuttaa oma ohjaustehostinjärjestelmä. Ohjaustehostimen vaatimuksina olivat selkeästi tulevien tehostimien komponenttien tilantarve, vaadittu vääntömomentti ja oikosulkumoottorikäyttö.

5.1 Sähkömoottorin vaatimukset

Sähkömoottorin valinnan kannalta rajoittavina tekijöinä olivat fyysiset mitat, riittävä vääntömomentin tuotto yhdessä voimansiirron kanssa sekä yhteensopivuus Visedon PowerCombo-taajuusmuuttajan kanssa.

Mittauksissa tuli selkeästi esille rajoittavin komponentti, joka on tila johon tehostinyksikkö tulisi asentaa, sillä tehostinyksikkö päätettiin asentaa ohjauksen vaaka-akselille, joka sijaitsee kuljettajan alapuolella olevassa huoltoluukussa. Koska tila jouduttiin valitsemaan päätekijäksi moottorin valinnan kanssa, jätettiin vaaditun momentin tuotto voimansiirron tehtäväksi.

5.2 Voimansiirron vaatimukset

Koska voimansiirron vaatimuksissa otettiin huomioon sähkömoottoria rajoittavat tekijät ja päätettiin jättää vaaditun momentin tuottaminen voimansiirron tehtäväksi, mittaus-ten perusteella tultiin siihen tulokseen, että voimansiirto tulee toteuttaa välityssuhteella noin 1:4, jotta tarvittava vääntömomentti saavutettaisiin.

Valitessa voimansiirron tyyppiä tuli esille kaksi mahdollisuutta, kulmavaihde tai hihnapyöräveto. Näistä mahdollisuuksista valittiin kulmavaihde helpon asennustyön ja toimintavarmuuden takia.

5.3 Anturoinnin vaatimukset

Ohjaustehostimen suunnitteluvaiheessa selvitettiin, mitä antureita vaaditaan ohjaustehostimen toiminnan kannalta. Välttämättömimpänä anturina oli momenttianturi, jonka lisäksi lisättiin myös ohjauskulma-anturi ohjausakselille. Mittausten perusteella huomattiin että momenttianturin tulisi kestää noin 100 Nm:n jatkuva rasitus ja tämän mahdollisesti ylittävät dynaamiset voimat, jotka voivat olla jopa 200 Nm. Sen lisäksi molemmilta antureilta vaadittiin mahdollisuutta asentaa ne ohjauksen akseleille helposti ilman suurempia muutostöitä.

5.4 Apurungon mekaaniset vaatimukset

Ohjaustehostimen apurungon tehtävänä on tukea ohjaustehostin auton runkoon tiukasti, jotta suuret momentin vaihdokset eivät aiheuta ohjaukseen häiriöitä, jotka voisivat aiheuttaa ajoneuvon suistumisen pois ajoväylältä. Nämä häiriöt ovat muun muassa mekaanisia värähtelyjä, jotka voivat aiheuttaa epämiellyttävän tuntuman ratissa ja pidemmällä aikajaksolla mahdollisesti murtumia ja katkeamia järjestelmän mekaanisiin osiin.

6 Ohjaustehostinyksikön vaaditut komponentit

Suunnitteluvaiheessa kävi selväksi, että valmista ohjaustehostinta ei tulisi löytymään, joten päädyimme valmistamaan oman yksikön, joka liitettäisiin mekaanisesti valmiiseen ohjausjärjestelmään. Vaaditut komponentit olivat jo selvillä, joten seuraavaksi esitellään valitut komponentit.

6.1 Alkuperäinen ohjausjärjestelmä

Linja-auton alkuperäinen ohjausjärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista: pystyakseli, kulmavaihte, vaaka-akseli, simpukkaohjausvaihte (tehostettu), raidetangot (kuva 2).

Alkuperäisessä ohjausjärjestelmässä kuljettajalta saatu ohjauseräte kulkee pystyakselin, kulmavaihteen ja vaaka-akselin läpi simpukkaohjausvaihteelle, jossa sähköhydraulisen ohjaustehostimen tuottama hydrauliiikkapaine avustaa kuljettajaa kääntämään renkaita haluamaansa suuntaa. Tässä kokoonpanossa ohjausta ei ole anturoitu vaan sähköhydraulinen tehostin pitää jatkuvasti hydrauliiikkapainetta järjestelmässä kun linja-auto on liikkeessä.

6.2 Sähkömoottori

Sähkömoottoriksi valittiin Oemerin HQL 80M -oikosulkuservomoottori. Moottorin vaatima tilantarve oli suhteellisen pieni ja moottori kykenee tuottamaan 15,7 Nm:n nimellisiväännön ja 34 Nm:n maksimi väännön, jotka vastaavat täysin haluttuja arvoja, kun

otetaan huomioon kulmavaihteen välityssuhde. Moottorin mukana toimitettiin Smart-synin BRX-resolveri, joka on välttämätön ohjattaessa sähkömoottoria alhaisilla kierrosnopeuksilla tarkasti.

6.3 Visedo PowerCombo, taajuusmuuttaja

Sähkömoottorin ohjainlaitteeksi tuli Visedon PowerCombo-taajuusmuuttaja, joka on Visedon pienin taajuusmuuttaja. Tämä valittiin ohjaustehostimen taajuusmuuttajaksi, sillä meneillään oli yhteistyökehitysprojekti kyseisen valmistajan kanssa ja taajuusmuuttaja oli sopivan pieni haluttuun tilaan ja muokattavissa käyttökohteeseen suhteellisen vapaasti.

6.4 Kulmavaihde

Kulmavaihteeksi valittiin Bonfigliolin A10 IEC, jonka välityssuhde on 1:5,5, joten kulmavaihteesta saadaan hieman enemmän vääntöä kuin laskelmien perusteella tarvittaisiin.

Kulmavaihde koostuu sisääntuloakselista, jolle asennetaan moottori, ja ulostuloakselista, jonka läpi viedään ohjauksen vaaka-akselille, sekä laakeroinnista jolla tuetaan akselit kulmavaihteen runkoon sekä voiteluöljystä jolla estetään laakereiden ja akseleiden kitkan kasvamista liian suureksi.

6.5 Anturointi

Ohjaustehostimen ohjauslogiikan kannalta tärkeimmän anturin eli vääntömomenttianturin valintaan vaikuttivat seuraavat asiat: riittävä vääntömomentin kesto, kiinnitystapa, saatavuus sekä sähköjärjestelmän kytkennän sopivuus ajoneuvon järjestelmän kanssa. Vääntömomenttianturin signaalialuetta jouduttiin muokkaamaan sopivaksi Visedon PowerCombo-taajuusmuuttajalle, sillä anturilta lähtevän signaalin toiminta-alue oli $-5\text{ V} - +5\text{ V}$, kun taas taajuusmuuttajan analogisisääntulon lukualue oli määritelty alueelle $0\text{ V} - +5\text{ V}$. Jotta anturin lukualue saatiin muutettua, tuli anturin signaalin lähdölle rakentaa elektroniikkapiiri, joka puolittaa luetun arvon ja siirtää sitä $+2,5\text{ V}$ ylöspäin, jolloin saatiin momenttianturin signaalin lähtöarvot haarukkaan $0\text{ V} - +5\text{ V}$.

Vääntömomenttianturin lisäksi asennettiin yksi Knorr-Bremsen ohjauskulma-anturi, jossa vaatimuksina oli sopiva mittausalue linja-auton ohjauksen kanssa. Tämä kyseinen anturi jouduttiin ohjelmoimaan erikseen lukemaan sopivaa ohjauskulma aluetta, alkuperäinen anturi pystyi lukemaan ainoastaan ± 720 astetta, kun tämän linja-auton ratin ohjauskulma oli ± 900 astetta.

Sähkömoottorin mukana toimitettiin myös Smartsynin BRX tyyppinen resolveri, joka oli valmiiksi liitettynä moottorin akselille.

7 Ohjaustehostinyksikön suunnittelu ja toteutus

Ohjaustehostinyksikkö suunniteltiin ohjausjärjestelmän vaaka-akselille, jossa oli eniten tilaa mahdolliselle yksikölle. Suunnittelu aloitettiin tutustumalla linja-auton 3d-malliin ja vertaamalla mallista saatuja mitta-arvoja todellisiin arvoihin, joissa huomattiin pientä eroavaisuutta, minkä takia kaikkien osien sijoittelua ei voitu toteuttaa ainoastaan mallintamalla sähköisesti vaan jouduttiin toteuttamaan tila mallinnusta varten vaahdotuovien avulla.

Ohjaustehostinyksikön mallinnus paikalleen aloitettiin lisäämällä ohjaustehostimen moottorin ja voimansiirron komponentit linja-auton 3d-malliin. Näissä mallinuksissa todettiin jo, että tilan kannalta ohjaustehostinyksikön mahtuminen voisi tarkoittaa ohjaustehostimen moottorin tuuletinyksikön irrottamista ja linja-auton paineilmasäiliön vaihtamista kahdeksi pienemmäksi säiliöksi. Taajuusmuuttajasta ja ohjaustehostimesta toteutettiin tilamallit vaahdotuovista (kuva 4) ja mallitettiin omille paikoilleen kuljettajan alapuolella olevaan tilaan, jossa ohjauksen vaaka-akselin komponentti sijaitsee. Tilamallinuksessa huomattiin todella, että ohjaustehostimen viilennykseen tarkoitettu puhallin ei mahdu koteloineen tuohon tilaan.



Kuva 4. Taajuusmuuttajan tilamallinnus

7.1 Momenttianturin kiinnitys

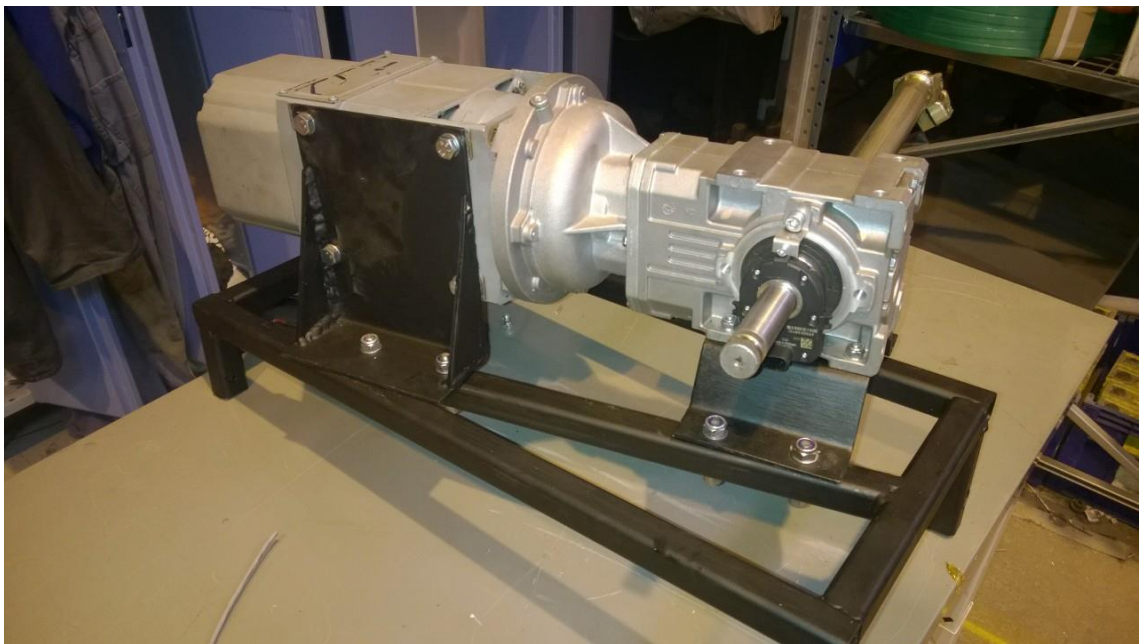
Momenttianturin kiinnitykselle ei käytännössä ollut kuin yksi mahdollinen paikka, joka sijaitsee ohjauksen pystyakselilla. Jotta momenttianturin pystyisi kiinnittämään pystyakselille, tuli pysty akseli katkaista 30 cm:n etäisyydeltä ratista ja samalla jouduttiin lyhentämään putkea, joka on ohjausakselin ympärillä, jotta kojetaulun säädöt toimisivat vielä täysin. Samalla lyhennettiin myös ohjausakselia momenttianturin verran, jotta akselin mitta pysyisi samana kuin ennen.

Momenttianturin kiinnitystä varten jouduttiin akselia koneistamaan, jotta ohjauksen akselista tulisi tarkalleen sama kuin vääntömomenttianturin akselista. Koneistukset jouduttiin tekemään, sillä vääntömomenttianturin kiinnityksessä käytettiin Bonfix M 7000-kiristysholkkia. Tämä holkki edellyttää, että akseleiden tulee olla samankokoiset, sillä muuten liitoksesta ei tule luotettava. Kyseinen kitkaliitos kestää 390 Nm:n aiheuttaman voiman liitoksen läpi, tämä ylittää reilusti mitatut vääntömomentit, jotka ovat noin 130 Nm.

7.2 Ohjaustehostin

Ohjaustehostimen liittämiseksi ohjausakselille vaadittiin itsessään hieman akselin muokkausta. Ohjausakselille jouduttiin koneistamaan 8 mm kiilaura, jotta kulmavaihteen saisi liitettyä siihen. Kokoonpanon aikana jouduttiin kuitenkin ohjausakseli purkamaan osiksi, jotta akseli saataisiin menemään kulmavaihteen läpi. Tähän syynä oli akselin toisessa päässä oleva spoori akselin päästä, joka aiheuttaa että akseli on siitä kohdasta muutaman millimetrin paksumpi kuin akseli itsessään. Ohjausakseli pujotettiin kulmavaihteen ulostulon läpi ja ohjausakseli kasattiin kulmavaihteen ympärille. Tämän jälkeen sähkömoottori liitettiin kulmavaihteen sisääntulo akselille, jossa myös on kiila-akseliliitos.

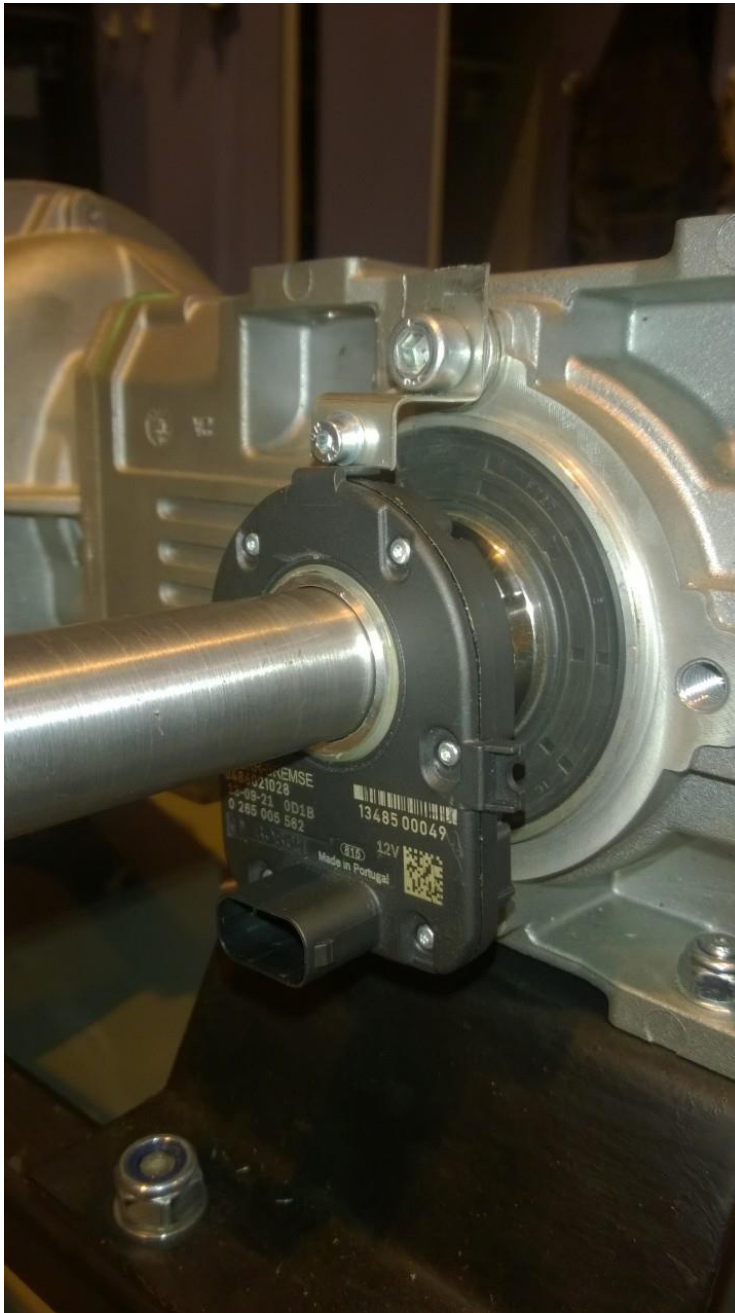
Seuraavaksi ohjaustehostin kiinnitettiin apurunkoon kiinni (kuva 5), ja nostettiin kiinni linja-auton runkoon pultiliitoksin.



Kuva 5. Täyssähköinen ohjaustehostin ja sen apurunko

7.3 Ohjauskulma-anturi

Ohjauskulma-anturin kiinnityspaikkaa suunniteltiin alun perin ratin alapuolelle, mutta helpommaksi kiinnityspaikaksi soveltui ohjauksen vaaka-akseli heti kulmavaihteen jälkeen (kuva 6). Ohjausakselin ja ohjauskulma-anturin välinen kiinnitys toteutettiin suunnittelemalla holkki ohjausakselille, joka kasvatti ohjausakselin halkaisijaa anturin sisähalkaisijan kokoiseksi, holkki sovitettiin anturiin ja liimattiin kiinni, jonka jälkeen holkki ja anturi kiinnitettiin ohjausakselille lukitusruuvien avulla. Ohjauskulma-anturi pujotettiin omalle paikalleen ennen kuin ohjaustehostin nostettiin paikoilleen.



Kuva 6. Ohjauskulma-anturin kiinnitys

8 Ohjaustehostimen ohjelmointi

Ohjelmointi aloitettiin tutustumalla Codesys V3.5 toimintaan, jolla rakennettua koodia käytetään Visedon PowerCombon ohjaukseen. Ohjaustehostimen koodin rungoksi otettiin Visedon tekemä perussovellus, joka sisältää perustoiminnot taajuusmuuttajan ohjauksen kannalta.

Koodin rakentaminen aloitettiin määrittelemällä muuttujat, joita tarvitaan koodin rakentamiseksi, joita ovat:

- momenttianturin analogiluku
- ohjaustehostimen kerroin
- "kuollut alue"
- ohjauskulma rajoitus
- muuttuva (nopeudesta riippuvainen) ohjaustehostimen kerroin
- vuoreferenssin säätö

8.1 Ohjaustehostimen koodin kirjoitus

Ohjaustehostimen koodin kirjoitus aloitettiin lisäämällä jo olemassa olevaan Visedon perusapplikaatioon ohjaustehostimen oma välilehti, Powersteering, jota käytetään moottorinohjaustoiminnon ohjaukseen. Koodin kirjoitus aloitettiin lisäämällä Powersteering – funktioon ennalta valitut muuttujat loogiseen järjestykseen seuraavanlaisesti:

- momenttianturin luku
- momenttianturin arvon muutos jännitteestä vääntöön
- ohjaustehostimen kertoimen muodostaminen
- rajoittimien lisääminen
- rajoitetun väännön suodattaminen
- suodatetun väännön kertominen
- lähetys moottorinohjausfunktioon

Analogilukualueen raja-arvot ovat 0-5 V, josta määriteltiin momenttianturin lukualueeksi 1-4 volttia (kuva 7), jolloin alueen ulkopuolella olevat 0-1 ja 4-5 volttia määrittelevät, onko momenttianturi viallinen tai irronnut liittimestä. Lukualueen ulkopuolella olevat arvot pysäyttävät ohjaustehostimen toiminnon siten, että se estää momentin muodostuksen moottorinohjausfunktioon, mutta ei estä ratin kääntämistä.

Jotta ohjaustehostimen herkkyys olisi muokattavissa, koodiin kirjoitettiin peruskertoimesta ja ajoneuvon nopeudesta riippuva muuttuja "PowersteerSpeedGain". Tämä kyseinen muuttuja hakee CAN-väylästä ajoneuvon nopeuden, jolla muokataan rampin avulla ohjaustehostimen peruskerroin portaattomasti alaspäin ajonopeuden kasvaessa yli tietyn nopeuden, joka perusasetuksilla asetettu 10 km/h.

Ohjausjärjestelmän välykset ja ohjausgeometrian muutokset otettiin huomioon lisäämällä koodiin kuolleenkulman tunnistus, jolla haetaan pois ylimääräiset tehostuksen tarpeet kun tehdään pieniä muutoksia ohjauksessa. Tämä poistaa ylitehostuksen pieniltä ohjauskulman muutoksilta, joka taas parantaa ohjaustuntumaa ajoneuvon ohjauksen kanssa. Tämän kuolleenkulman rajoituksen lisäksi koodiin lisättiin myös ohjauskulmaa tulkitseva "SteeringAngleLimit", jonka tehtävänä on rampin avulla ajaa ohjaustehostimen kerrointa alaspäin, kun lähestytään ohjauksen mekaanisia maksimi rajoja. Tämän tehtävänä on rajoittaa ohjausjärjestelmän rikkoutumista tilanteissa, joissa joudutaan ajamaan suurilla ohjauskulmilla.

Kertoimien jälkeen ohjaustehostimen momentin arvo suodatetaan alipäästösuotimella, jotta moottorinohjausjärjestelmään ei menisi häiriösignaalia, johtuen mittauskohinasta. Ilman tätä suodatusta ohjauksesta tulisi tärisevä ja nykivä johtuen juuri mittauskohinasta, joka aiheutuu momenttianturin analogilukemisesta taajuusmuuttajan läheisyydessä vaikkakin johtimet ovat häiriösuojattu metallisella ulkokuorella joka on liitettyä toisesta päästä ajoneuvon maapotentiaaliin.

Lopuksi ohjaustehostimen koodissa rajoitetaan maksimimomentti, jota joudutaan rajoittamaan johtuen sähkömoottorin maksimikyvystä tuottaa momenttia. Tässä on huomioitu mukaan kulmavaihte, jossa on välityssuhteen muutos, joka lisää vääntöä.

```

3
4  (* Torque sensor read and fault detection *)
5  appData.SteeringTorqSensVolt := VSLUSERIOReadAnalog(1);
6  IF appData.SteeringTorqSensVolt < 1.0 OR appData.SteeringTorqSensVolt > 4.0 THEN
7      appData.SteeringTorqSensVolt := appData.SensorOffset;
8      appData.SteeringTorqSensError := TRUE;
9  ELSE
10     appData.SteeringTorqSensError := FALSE;
11  END_IF
12
13  (* Sensor reading convert to torque *)
14  appData.SteeringTorq := (appData.SteeringTorqSensVolt - appData.SensorOffset) * 80;
15  //appData.SteeringWhlTorq := (appData.SteeringTorqSensVolt - appData.SensorOffset) * 80;
16  appData.SteeringWhlTorq := appData.SteeringTorq;
17
18  (*IF NOT(appData.ControlReadyForRef) THEN
19     appData.SteeringTorq := 0;
20  END_IF*)
21
22  (*Vehicle speed & steeringwheel angle from CAN *)
23  VSLCANReadMessage(appData.canArrayRead);
24  VSLCANReadUint(appData.canArrayRead, 0, 8, readValue => appData.VehicleSpeed);
25  VSLCANReadUint(appData.canArrayRead, 8, 16, readValue => appData.PowersteerSteerAngle);
26  VSLSignalWriteUint(appData.signalVehicleSpeed, appData.VehicleSpeed);
27

```

Kuva 7. Esimerkki ohjaustehostimen koodista

9 Käyttöönotto

Ohjaustehostimen käyttöönotto suoritettiin kytkemällä ohjaustehostimen moottori Vi-sedon PowerCombo taajuusmuuttajaan, siten että taajuusmuuttaja oli kytkettynä ajoneuvon sähköjärjestelmään ja tähän oli kytkettynä kaikki anturit, joita tarvitaan ohjaustehostimen käytössä. Tässä vaiheessa sähkömoottori oli vielä kiinnittämättä ajoneuvon ohjaukseen ja oli kiinnitetty ajoneuvon viereen erilliselle tasolle josta sen toimintaa pysytettiin seuraamaan turvallisesti (kuva 8).

Seuraavaksi ryhdyttiin etsimään oikeita parametrejä taajuusmuuttajasta, jolla ajetaan sähkömoottoria. Ensimmäisenä sähkömoottorille suoritettiin ID-ajo, jolla selvitettiin sähkömoottorin sähköiset arvot, jotka syötettiin taajuusmuuttajan oman sovelluksen avulla taajuusmuuttajaan sisälle. Kun oikeat parametrit oli syötetty taajuusmuuttajaan, etsittiin ja säädettiin raja-arvot, joilla estetään sähkömoottorin ja taajuusmuuttajan väärinkäyttö, joka voi pahimmassa tilanteessa rikkoa laitteiston. Raja-arvojen syöttämisen jälkeen hienosäädettiin taajuusmuuttajan moottorinohjausta ja haettiin sopivat arvot tähän käyttöön ja tarkastettiin oikea pyörimissuunta.

Kun taajuusmuuttajan moottorinohjauksen parametrit olivat saatu kohdalleen, siirryttiin pois moottorin manuaaliohjaukselta ja aloitettiin ohjaustehostimen ohjelman testaaminen. Sähkömoottoria ajettiin momentti-anturin ohjauksella ja haettiin sopivat perusarvot, jolla saatiin moottori pyörimään ilman häiriöitä.



Kuva 8. Täyssähköisen ohjaustehostimen testaus



Kuva 9. Paineilmasäiliöiden sijoitus

9.1 Ohjaustehostimen asentaminen

Ohjaustehostimen asentaminen aloitettiin irrottamalla tarvittavat komponentit eli

- sähköhydraulinen ohjaustehostin
- ohjauksen vaaka-akseli
- paineilmasäiliöt.

Sähköisen ohjaustehostimen kiinnittäminen aloitettiin asentamalla pienemmät paineilmasäiliöt (2 x 10 l) samaan tilaan josta irrotettiin yksi iso säiliö (20 l) (kuva 9). Näillä kahdella pienemmällä säiliöllä saavutettiin se, että ohjausjärjestelmään saatiin hieman lisää tilaa ympärille kun säiliöt oli sijoiteltu eri tavalla. Paineilmasäiliöiden asentamisen jälkeen asennettiin sähköinen ohjaustehostin kokonaisena järjestelmänä, joka sisältää

- sähkömoottorin ja kiinnikkeet
- kulmavaihteen ja kiinnikkeet
- ohjauksen vaaka-akselin
- ohjaukskulma anturin
- ohjaustehostimen apurungon.

Tämä liitettiin kokonaisena pakettina ohjauksen kulmavaihteen ja van hydraulisen ohjaustehostimen akselin väliin. Hydraulisen ohjaustehostimen hydraulilinjat täytettiin ja tulpattiin jotta öljy ei valuisi pois järjestelmän sillä vanha ohjaustehostin vaatii silti voitelun vaikkakaan se ei enää ole käytössä



Kuva 10. Sähköhydraulinen ohjaustehostin irrotettuna

10 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli suunnitella ja ottaa käyttöön eBusissa täyssähköinen ohjaustehostin. Työhön sisältyi uuden ohjaustehostimen osien hankkiminen, ohjausjärjestelmän mekaaninen muokkaus, asennus, koodin kirjoittaminen ja parametointi sekä testaus. Työ aloitettiin kesäkuussa 2014 ja toteutettiin seuraavien kuukausien aikana. Alkuperäisen suunnitelman mukaan piti toteuttaa myös toisenlaisen voimansiirron testaus, mutta ajan loppuessa tyydyimme vain kulmavaihteella toteutettuun järjestelmään.

Vanha ohjaustehostin oli toiminut eBussissa suhteellisen moitteettomasti lukuun ottamatta ongelmia alussa, jolloin hydraulikkalinjat olivat liian pitkät ja järjestelmään tuli ongelmia kun tehostin oli ollut hetken pois päältä. Vanha ohjaustehostin oli siirretty samaan tilaan minne uusi täyssähköinen tehostin myös asennettiin, jotta saatiin pitkien linjojen hitaus poistettua. Uuden tehostimen myötä poistuivat öljyn tarve ohjausjärjestelmässä ja järjestelmän toimintanopeus ja muokattavuus muuttui huomattavasti.

Kun verrataan uuden ja vanhan ohjaustehostimen järjestelmiä, niin suurimpina eroina ovat uuden järjestelmän muokattavuus ja monimutkaisuus. Uuden täyssähköisen järjestelmän muokattavuus eroaa huomattavasti vanhasta sähköhydraulisesta järjestelmästä ja uutta järjestelmää pystyy muokkaamaan, kuten käyttäjä itse sen haluaa toimivan, mutta vastapainona järjestelmä on taas huomattavasti monimutkaisempi sähköiseltä puolelta sekä anturoinnilta.

11 Lähteet

- 1 Reimpell, JörnSEN. 2001. The Automotive Chassis: Engineering Principles 2nd Edition. GB: SAE International.
- 2 VDL Bus & Coach. 2014. Citea CLE/SLE/XLE Workshop manual Chapter 7: steering & front axle.
- 3 Peter and R. Gerhard. 1999. "Electric Power Steering - The First Step on the Way to 'Steer by Wire'," SAE, pp. 1–8.
- 4 Marcus Rösh. 2007. Hydraulic Power Steering Design in Road Vehicles.
- 5 D.-Y. Pang. 2005. Steering Wheel Torque Control of Electric Power Steering by PD-Control.

HBM vääntömomenttianturi

Data Sheet

T22

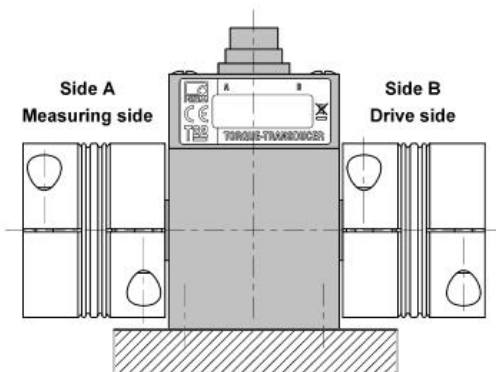
Torque transducer



Special features

- Nominal (rated) torques 5 N·m, 10 N·m, 20 N·m, 50 N·m, 100 N·m, 200 N·m, 500 N·m and 1 kN·m
- Nominal (rated) rotational speeds of 9000 rpm to 16 000 rpm
- Accuracy class: 0.5
- Contactless transmission of measurement signals
- Measurement on rotating or stationary parts
- Cylindrical shaft ends for non-play friction joints
- ± 5 V and 10 ± 8 mA torque output signal

Installation example with two bellows couplings



Specifications

| Type | T22 | | | | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----|----|-----|-----|-----|---|--|
| Accuracy class | 0.5 | | | | | | | | | |
| Torque measuring system | | | | | | | | | | |
| Nominal (rated) torque M_{nom} | N·m | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1 | |
| | kN·m | | | | | | | | | |
| Nominal (rated) sensitivity (span between torque = zero and nominal (rated) torque M_{nom}) | Voltage output | V | 5 | | | | | | | |
| | Current output | mA | 8 | | | | | | | |
| Sensitivity tolerance (deviation of the actual output quantity at M_{nom} from the nominal (rated) sensitivity) | Voltage output | % | ± 0.5 | | | | | | | |
| | Current output | % | ± 0.5 | | | | | | | |
| Output signal at torque = zero | Voltage output | V | 0 ± 0.2 | | | | | | | |
| | Current output | mA | 10 ± 0.2 | | | | | | | |
| Nominal (rated) output signal | Voltage output | | | | | | | | | |
| | at positive nominal (rated) torque | V | +5 | | | | | | | |
| at negative nominal (rated) torque | V | -5 | | | | | | | | |
| Current output | at positive nominal (rated) torque | mA | +18 | | | | | | | |
| | at negative nominal (rated) torque | mA | +2 | | | | | | | |
| Load resistance (Voltage output) | | M Ω | >1 | | | | | | | |
| Burden (current output) | with $U_B = 12$ V | Ω | 250 | | | | | | | |
| | with $U_B = 24$ V | Ω | 500 | | | | | | | |
| Longterm drift over 48h | Voltage output | mV | $\leq \pm 50$ | | | | | | | |
| | Current output | μ A | $\leq \pm 80$ | | | | | | | |
| Cut-off frequency (-3 dB) (volt. output / current output) | | kHz | 1 | | | | | | | |
| Group delay (voltage output / current output) | | μ s | 450 | | | | | | | |
| Residual ripple | Voltage output | mV _{pp} | <100 | | | | | | | |
| | Current output | mA _{pp} | <0.1 | | | | | | | |
| Effect of temperature per 10 K in the nominal (rated) temperature range | on the output signal , related to the actual value of the signal span | % | $\leq \pm 0.2$ | | | | | | | |
| | on the zero signal , relat. to the nominal (rated) sensitivity | % | $\leq \pm 0.5$ | | | | | | | |
| Power supply | Nominal (rated) supply voltage range | V (DC) | 11.5 ... 30 | | | | | | | |
| | Current consumption in measuring mode | A | < 0.2 | | | | | | | |
| | Nominal (rated) power consumption | W | < 2.4 | | | | | | | |
| | Permissible residual ripple of supply voltage | mV _{pp} | 200 | | | | | | | |
| Linearity error including hysteresis , related to the nominal (rated) sensitivity | | % | $\leq \pm 0.3$ | | | | | | | |
| Rel. standard deviation of repeatability per DIN 1319, related to the variation of the output signal | | % | $\leq \pm 0.1$ | | | | | | | |
| Max. level control range ¹⁾ | | % | ≤ 120 | | | | | | | |
| | voltage output / current output | % | ≤ 120 | | | | | | | |

¹⁾ Output signal range in which there is a repeatable correlation between torque and output signal.

Specifications (continued)

| Nominal (rated) torque M_{nom} | N-m | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | |
|--|-------------------|-----|--------|-----|-----|-----------------------------|-----|-------|------|
| | kN m | | | | | | | | 1 |
| General data | | | | | | | | | |
| EMC ²⁾ | | | | | | | | | |
| Immunity from interference (DIN EN 61326-1 / EN 61000-6) | | | | | | | | | |
| Enclosure | | | | | | | | | |
| HF line interference | | | | | | | | | |
| 150 kHz - 80 MHz (AM) | V | | | | | 10 / A | | | |
| ESD (electrostatic discharge) | kV | | | | | Air 8 / A | | | |
| | kV | | | | | Contact 4 / A | | | |
| Enclosure | | | | | | | | | |
| Electromagnetic field | | | | | | | | | |
| 80 MHz - 1000 MHz (AM) | V/m | | | | | 10 / A | | | |
| 1400 MHz - 2700 MHz (AM) | V/m | | | | | 3 / A | | | |
| Lines - Connecting cable | | | | | | | | | |
| Burst (fast transients) | kV | | | | | 2 / A | | | |
| Emission (EME) (EN 61326-1 / EN 55011) | | | | | | | | | |
| RFI voltage | - | | | | | Class B (150 kHz - 30 MHz) | | | |
| (interference voltage at DC mains connection) | - | | | | | Class B (30 MHz - 1000 MHz) | | | |
| RFI field strength | | | | | | | | | |
| (Electromagnetic RFI field strength) | | | | | | | | | |
| Degree of protection per EN 60 529 | | | | | | | | | |
| | | | | | | IP 40 | | | |
| Nominal (rated) temperature range | | | | | | | | | |
| | °C [°F] | | | | | +5...+45 [+41...+113] | | | |
| Operating temperature range | | | | | | | | | |
| | °C [°F] | | | | | 0...+60 [+32...+140] | | | |
| Storage temperature range | | | | | | | | | |
| | °C [°F] | | | | | -5...+70 [+23...+158] | | | |
| Impact resistance, test severity level per DIN IEC 68; Part 2-27; IEC 68-2-29-1987 | | | | | | | | | |
| number | n | | | | | 1000 | | | |
| duration | ms | | | | | 3 | | | |
| acceleration (half-sine) | m/s ² | | | | | 650 | | | |
| Vibration resistance, test severity level per DIN IEC 68, Part 2-6; IEC 68-2-6-1982 | | | | | | | | | |
| frequency range | Hz | | | | | 5 ... 65 | | | |
| duration | h | | | | | 1.5 | | | |
| acceleration (amplitude) | m/s ² | | | | | 50 | | | |
| Nominal (rated) rotational speed n_{nom} | | | | | | | | | |
| | min ⁻¹ | | 16 000 | | | 12 000 | | 9 000 | |
| Load limits ³⁾ | | | | | | | | | |
| Limit torque, related to M_{nom} | % | | | | | 200 ⁵⁾ | | | |
| Breaking torque, related to M_{nom} | % | | | | | > 280 | | | |
| Longitudinal limit force | kN | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 4 | 4 |
| Lateral limit force | N | 25 | 45 | 90 | 210 | 420 | 850 | 1400 | 2800 |
| Bending limit moment | N-m | 0.5 | 0.9 | 1.9 | 5.5 | 11 | 22 | 54 | 109 |
| Oscillation width per DIN 50100 (peak-to-peak)⁴⁾ | | | | | | | | | |
| | % | | | | | 80 | | | |

²⁾ Test severity / criterion: Industrial environment, cable length \leq 30 m. Application not outside buildings.

³⁾ Each type of irregular stress (bending moment, lateral or longitudinal force, exceeding nominal (rated) torque) can only be permitted up to its specified static load limit provided none of the others can occur at the same time. If this condition is not met, the limit values must be reduced. If 30% of the bending limit moment and lateral limit force occur at the same time, only 40% of the longitudinal limit force is permissible and the nominal (rated) torque must not be exceeded. The permissible bending moments, longitudinal forces and lateral forces can affect the measurement result by approx. 1 % of the nominal (rated) torque.

⁴⁾ The nominal (rated) torque must not be exceeded.

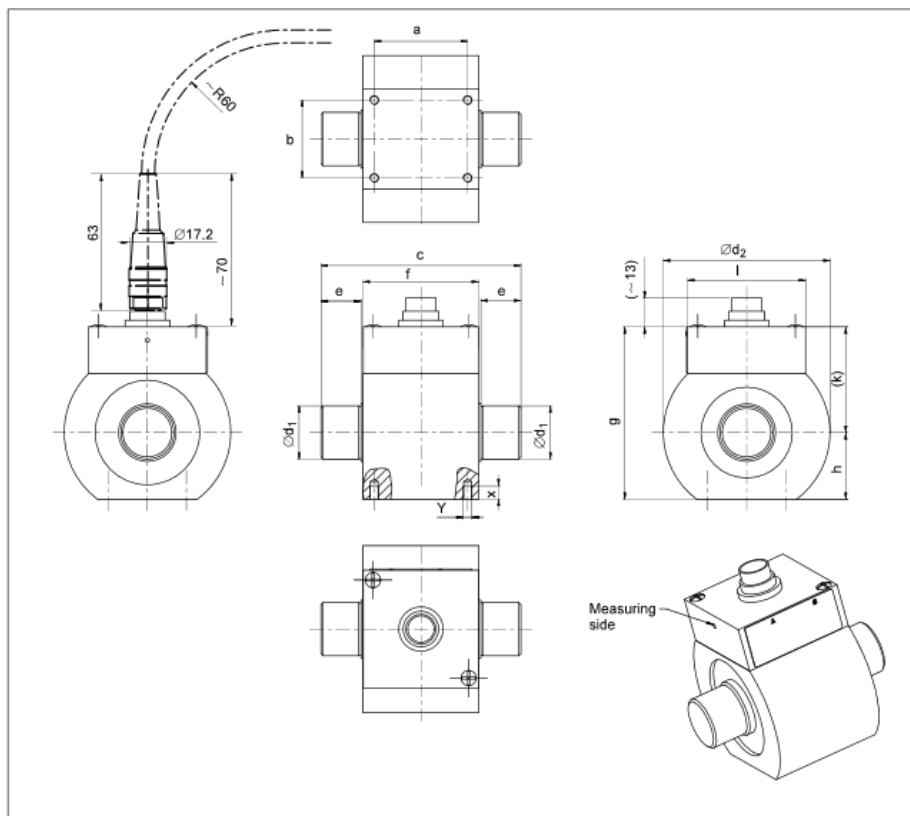
⁵⁾ Please adhere to the maximum torque (T_{max}) of the couplings.

Specifications (continued)

| Nominal (rated) torque M_{nom} | N-m | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | |
|--|---------------------------|--|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | kN-m | | | | | | | | 1 |
| Mechanical values | | | | | | | | | |
| Torsional stiffness c_T | kN-m/ rad | 1.1 | 2.7 | 5.4 | 19.7 | 35.5 | 52.4 | 288.6 | 418.9 |
| Torsion angle at M_{nom} | Deg. | 0.26 | 0.21 | 0.21 | 0.15 | 0.16 | 0.22 | 0.10 | 0.14 |
| Balance quality-level per DIN ISO 1940 | | | | | | | | | |
| G 6.3 | | | | | | | | | |
| Max. limits for relative shaft vibration (peak-to-peak) ⁶⁾ | μm | $s_{max} = \frac{4500}{\sqrt{n}}$ (n in rpm) | | | | | | | |
| Rms value for the vibration velocity of the enclosure designated in VDI 2056 | mm/s | $v_{eff} = \frac{\sqrt{n}}{3}$ (n in rpm) | | | | | | | |
| Mass moment of inertia | | | | | | | | | |
| total | 10^{-3} | 13.4 | 13.5 | 13.6 | 39.8 | 40.5 | 42.4 | 335.0 | 351.9 |
| drive side of shaft | $\text{g}\cdot\text{m}^2$ | 11.6 | 11.7 | 11.7 | 29.2 | 29.6 | 30.5 | 187.9 | 196.3 |
| measuring side of shaft | | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 10.6 | 10.9 | 11.9 | 147.1 | 155.6 |
| Weight | g | 350 | | | 600 | | | 2000 | |

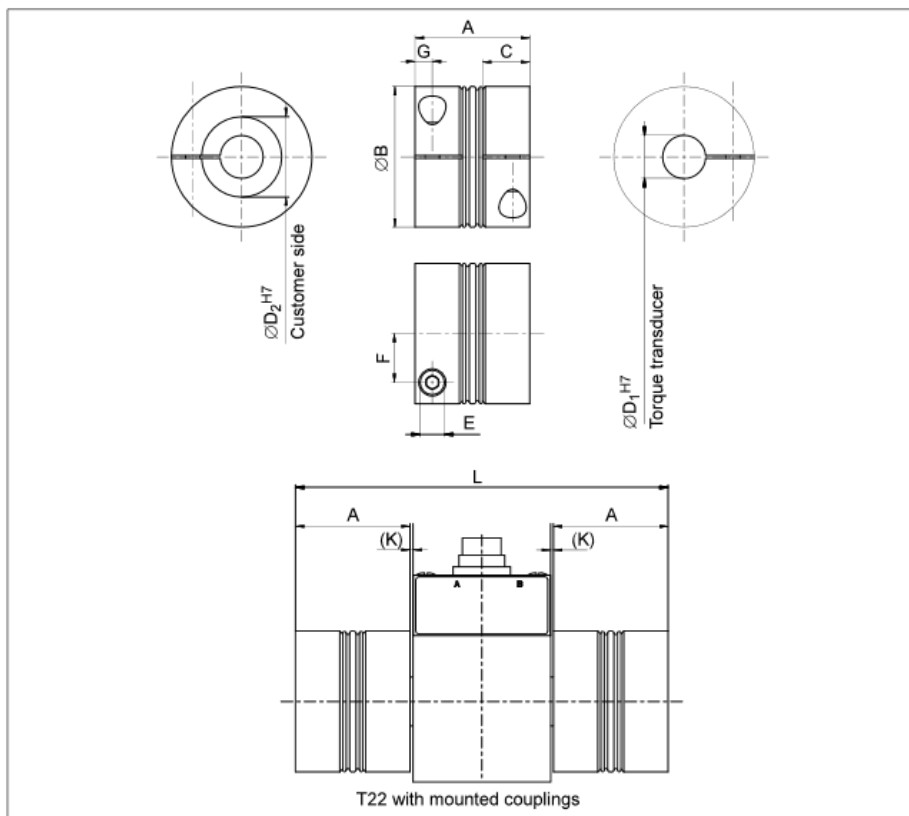
⁶⁾ Relative undulation in the area of the connecting shaft stubs, following DIN 45670/VDI 2059

Dimensions of the T22



| Measuring range (N·m) | Dimensions (in mm) | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|----|-----|----|----|------|----|------|-------|----------------------|---------------------------|----|----|
| | a | b | c | e | f | g | h | (k) | l | $\varnothing d_1$ g6 | $\varnothing d_2 \pm 0,1$ | Y | X |
| 5 | 39 | 31 | 80 | 15 | 48 | 72 | 28 | 44 | 52.75 | 15 | 70 | M4 | 6 |
| 10 | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 42 | 35 | 90 | 18 | 52 | 77.5 | 30 | 47.5 | 53 | 24 | 75 | M4 | 6 |
| 100 | | | | | | | | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | 50 | 55 | 120 | 26 | 65 | 97.5 | 40 | 57.5 | 75.5 | 40 | 105 | M5 | 10 |
| 1k | | | | | | | | | | | | | |

Bellows couplings



Dimensions

| Measuring range (N·m) | Part no. | Dimensions (in mm) | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------|--------------------|-----------------|------|-------------------|--|-----|----|-----|-----|-----|
| | | A | $\varnothing B$ | C | $\varnothing D_1$ | $\varnothing D_2$ variable from-to | E | F | G | L | (K) |
| 5 | 3-4412.0020 | 40 | 49 | 16.5 | 15 | 15-28 | M5 | 17 | 6 | 130 | 1 |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | |
| 100 | 3-4412.0021 | 59 | 66 | 23 | 24 | 24-35 | M8 | 23 | 9.5 | 172 | 1 |
| 200 | | | | | | | | | | | |
| 500 | 3-4412.0022 | 89 | 110 | 34 | 40 | 40-60 | M12 | 39 | 13 | 246 | 1.5 |
| 1k | | | | | | | | | | | |

When ordering, please specify: connection holes D_2 as requested by the customer within specified limits; boring tolerance H7.

Specifications

| Measuring range | Torque coupling T_{Kmax} | Mass moment of inertia | Weight | Torsional stiffness | Max. permissible offset | | | Spring stiffness | | Material hub and fixing ring | Tightening torque for clamping bolts (N·m) |
|-----------------|----------------------------|------------------------|--------|---------------------|-------------------------|-------------|------------------|------------------|---------------|------------------------------|--|
| | | | | | axial (mm) | radial (mm) | angular (degree) | axial (N/mm) | radial (N/mm) | | |
| 5 | 20 | 0.05 | 0.13 | 41.9 | 1.0 | 0.06 | 0.5 | 55.8 | 3710 | aluminum | 8 |
| 10 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | |
| 100 | 200 | 0.18 | 0.4 | 138 | 1.0 | 0.08 | 0.5 | 153 | 11000 | aluminum | 40 |
| 200 | | | | | | | | | | | |
| 500 | 1000 | 7.2 | 4.0 | 570 | 1.5 | 0.1 | 0.5 | 148 | 9010 | steel | 130 |
| 1k | | | | | | | | | | | |

General instructions

- Only tighten the clamping bolts of the couplings when the shafts are mounted in the coupling hubs!
- The bellows coupling must not be overstretched beyond the specified permissible flexibility limits.
- Drive and output shafts must be free from grease and burrs.
- Implement a tolerance of j6 for the shaft diameter, to produce the preferred fit of H7/j6.

Mounting position

The T22 torque transducer can be operated with bellows couplings in any mounting position (horizontally, vertically or at an angle). When mounting vertically or at an angle, please make sure that the additional elements are adequately supported.

Delivery condition

The couplings and the torque transducer are delivered as separate items.

Accessories for the T22, to be ordered separately

Transducer connection cable, 5 m long, order no. 3-3301.0158
Transducer connection cable, 10 m long, order no. 3-3301.0159
Cable socket, 12-pin (Binder), order no. 3-3312.0268
Bellows couplings
Junction box, order no. 1-VK20A

Accessories for junction box VK20A, to be ordered separately

Connection cable, 1.5 m long (D-Sub, 15-pin – free ends), order no. 1-Kab151-1.5
Connection cable, 1.5 m long (SUBCON5 – free ends), order no. 1-Kab152-1.5

Modifications reserved.
All details describe our products in general form only. They
are not to be understood as express warranty and do not
constitute any liability whatsoever.

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH

Im Tiefen See 45 · 64293 Darmstadt · Germany
Tel. +49 6151 803-0 · Fax: +49 6151 803-9100
Email: info@hbm.com · www.hbm.com

measure and predict with confidence



Oemer HGL 80M sähkömoottorin datalehti

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

HQL - HQLa - SINCROVERT®

0,55...1.115 kW

Generalità:

I motori asincroni 3-fase ad alte prestazioni della serie HQL - HQLa Sincrovert® costituiscono un concentrato di prestazioni ed innovazioni tecnologiche sviluppate in molti anni di esperienza nel settore dei motori elettrici a velocità variabile tramite alimentazione da inverter. Questi motori sviluppano prestazioni elevatissime nonostante le compatte dimensioni di ingombro ed assicurano un funzionamento dinamico e performante. La struttura del motore di forma quadrangolare è realizzata con statore lamellare che integra i canali di ventilazione direttamente nei lamierini magnetici. Ne consegue una struttura particolarmente robusta, compatta ed estremamente efficiente dal punto di vista termico. Durante lo sviluppo progettuale si è tenuto in particolare considerazione l'inerzia rotorica estremamente contenuta per favorire la dinamica del motore e consentire elevate velocità di funzionamento. La ventilazione è stata ottimizzata ed è integrata nella struttura del motore consentendo l'installazione di molteplici accessori quali trasduttori di velocità/posizione, freni di stazionamento, sensori. Il motore ha una struttura modulare che permette molteplici configurazioni per essere integrato nella struttura della macchina.

Vantaggi dei motori HQL-HQLa Sincrovert®:

- Elevata potenza / coppia resa all'albero
- Design moderno e particolarmente curato.
- Elevata dinamica e velocità di rotazione
- Dimensioni di ingombro molto contenute
- Range esteso di funzionamento a coppia / potenza costante
- Rendimento elevato e rumorosità contenuta
- Vasta gamma di opzioni disponibili

Settori di utilizzo:

I principali settori che utilizzano questa serie di motori sono:

- Alimentare
- Meccanico e lavorazione metalli
- Lavorazione plastica
- Tessile
- Siderurgico
- Sollevamento e trasporto

Campi di impiego tipici:

- Avvolgitori e svolgitori
- Estrusori per plastica, gomma e alimenti
- Impianti di confezionamento ed imballaggio
- Lavorazione filo metallico
- Lavorazione e taglio lamiere
- Linee di produzione carta e cartone
- Macchine utensili e accessori di lavorazione
- Macchine trattamento e lavorazione tessuto
- Macchine da stampa
- Sistemi di sollevamento e stoccaggio
- Sistemi di collaudo motori e trasmissioni

General information

The high-performance 3-phase asynchronous motors of the HQL - HQLa Sincrovert® series offer the best performance and the latest innovative technology, thanks to many years of experience in the variable speed electric motors powered by inverter. These motors have a very high output despite the compact dimensions, and guarantee the very best dynamic performance. The quadrangular shape of the motor is produced with a lamellar stator that has ventilation ducts integrated directly in the magnetic laminations. The result is a particularly strong and compact structure, with excellent thermal efficiency. In the planning stage, particular attention was paid to keep the rotary inertia low to favour the dynamics of the motor and allow high operating speeds. Ventilation has been optimized and integrated in the structure of the motor, allowing the installation of a multitude of accessories such as speed/position transducers, parking brakes, or sensors. The motor has a modular structure so it can be installed in many different configurations to be integrated in the machine.

Advantages of the HQL-HQLa Sincrovert® motors:

- High power/torque at shaft
- Modern and meticulous design
- Dynamic motor with a high rotation speed
- Very compact dimensions
- Extensive operating range at constant torque/power
- High efficiency - low noise
- Wide range of options available

Sectors of use:

The main sectors of use for this series of motors are:

- Foodstuffs
- Mechanical and metalwork
- Working plastics
- Textiles
- Iron and steel
- Lifting and transportation

Typical fields of use:

- Winders and unwinders
- Plastic, rubber and foodstuffs extruders
- Packaging and packing plants
- Metal wire working
- Working and cutting sheet metal
- Paper and cardboard production lines
- Machine tools and accessories
- Machines for treating and working fabrics
- Printing machines
- Lifting and storage systems
- Systems for testing motors and transmissions

Allgemein:

Die Hochleistungs-Drehstrom-Asynchronmotoren der Baureihe HQL - HQLa Sincrovert® bündeln Leistungen und technische Innovationen, die in vielen Jahren Erfahrung im Bereich invertorgesteuerter Elektromotoren mit variablem Drehmoment entwickelt wurden. Diese Motoren entwickeln trotz ihrer kompakten Außenmaße extrem hohe Leistungen und gewährleisten einen dynamischen und leistungsstarken Betrieb. Die viereckige Motorkonstruktion ist mit einem Statorpaket ausgeführt, bei dem die Lüftungskanäle direkt in die Magnetbleche eingearbeitet sind. Daher ist eine besonders robuste, kompakte und von thermischer Seite extrem effiziente Konstruktion möglich. Während der Entwicklung wurde besonderes Augenmerk auf eine äußerst geringe Rotationsträgheit gelegt, um die Motordynamik zu fördern und hohe Betriebsdrehzahlen zu ermöglichen. Die Lüftung wurde optimiert und in die Motorkonstruktion integriert, sodass die Installation diverser Zubehörs, wie Dreh-/Stellungsgeber, Feststellbremsen, Sensoren, möglich ist. Die Motorkonstruktion ist modular, wodurch verschiedene Konfigurationen in die Konstruktion integriert werden können.

Vorteile der Motoren HQL-HQLa Sincrovert®:

- Hohes Leistung / Drehmoment
- Modernes und ausgefeiltes Design
- Hohe Drehdynamik und -zahlen
- Sehr kompakte Außenmaße
- Großer Betriebsbereich bei konstantem Drehmoment/konstanter Leistung
- Hoher Leistungsgrad und geringer Geräuschpegel
- Große Auswahl an verfügbarem Zubehör

Einsatzbranchen:

Diese Motorbaureihe wird hauptsächlich in folgenden Branchen eingesetzt:

- Lebensmittelbranche
- Maschinenbau und Metallbearbeitung
- Kunststoffbearbeitung
- Textilbranche
- Eisen- und Stahlindustrie
- Hebe- und Transportsysteme

Typische Einsatzbereiche:

- Wickel- und Abwickleinrichtungen
- Extruder für Kunststoff, Gummi und Lebensmittel
- Verpackungs- und Packanlagen
- Drahtbearbeitung
- Blechbearbeitung- und schnitt
- Papier- und Kartonfertigungslinien
- Werkzeugmaschinen und Bearbeitungszubehör
- Textilbehandlungs- und -bearbeitungsmaschinen
- Druckmaschinen
- Hebe- u. Lagersysteme
- Prüfstände

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

HQL - HQLa - SINCROVERT®

0,55...1.115 kW

HQL - HQLa



Motore Asincrono 3-fase ad alte prestazioni per inverter
AC 3-phase high performances inverter duty motor
3-Phasen Asynchronmotor für Umrichterbetrieb

| Motore | Motor | Motor | AC 3-phase square frame asynchronous motor |
|---------------------------|-----------------------|------------------------|--|
| Esecuzione | Execution | Ausführung | High power induction motor |
| Altezza d'asse | Shaft height | Wellenhöhe | 80, 100, 132, 160, 180, 225, 280, 355mm |
| Potenza | Power | Leistung | 0,55...1.115kW |
| Coppia | Torque | Drehmoment | 7...6.700Nm |
| Peso | Weight | Gewicht | 20...3100kg |
| Nr. di poli | Nr. of poles | Anzahl Pole | 4 , 6 ¹⁾ |
| Velocità base | Base speed | Nennrehzahl | 500, 580, 750, 1000, 1250, 1500, 1800, 2200, 2600rpm |
| Tensione di alimentazione | Supply voltage | Versorgungsspannung | 330 - 400...460Vac - 690Vac on request only for size 280/355 |
| Collegamento | Connection | Anschluss | Star, delta, delta/star, ²⁾ |
| Collegamenti elettrici | Electrical connection | Elektrischer Anschluss | Nr.3 or 6 terminals, (delta/star connection available only for some sizes) into aluminium / steel terminal box. |
| Classe di isolamento | Insulation class | Isolationklasse | F, temperature rise cl.F |
| Termoprotettori | Thermal protectors | Thermikschutz | PTO (klixon) as standard, PTC*, KTY84-130*, PT100* on request |
| Forma costruttiva | Mounting construction | Bauform | B3, B5, B35, + other vertical and horizontal mountings |
| Grado di protezione | Protection degree | Schutzart | HQL: IP 54, IP 55* - HQLa: IP 23S - HQLaW IP 55 |
| Tipo di raffreddamento | Type of cooling | Art der Kühlung | HQL size 80...160: IC 416 axial fan 1-ph 230V 50/60Hz HQL size 180...355: IC 416 radial fan 3-ph 400/440V 50/60Hz HQLa: IC 06 radial fan 3-ph 400/440V 50/60Hz with filter |
| Grado di vibrazione | Vibration degree | Vibrationsgrad | R, S* |
| Metodo di equilibratura | Balancing method | Auswuchtmethode | Half key, full* key or without* key on request |
| Temperatura ambiente | Ambient temperature | Raumtemperatur | -20...+40°C |
| Colore | Color | Farbe | RAL 7037 (grey) |
| Materiale statore | Stator material | Statormaterial | Magnetic steel |
| Materiale coperchi | Covers material | Deckelmaterial | Frame 80...160 aluminium, frame 180...355 cast iron |
| Materiale flangia | Flange material | Flanschmaterial | Frame 80...160 aluminium, frame 180...355 cast iron |
| Albero | Shaft | Welle | Steel C45 - 39NiCrMo on request |
| Posizione morsettiere | Terminal box position | Klemmenkastenposition | Standard position top mounted, side* mounted on request |
| Opzioni disponibili | Options available | Mögliche Optionen | Encoder, PTC, KTY84-130, PT100, radial fan, parking brake, insulated bearings, high speed bearings, space heaters, UL omologation available. |
| Disponibilità | Availability | Verfügbarkeit | 1500rpm B35 normally ready in stock |
| Tempo di consegna | Delivery time | Lieferzeit | From ready in stock up to 12 weeks size and options depending. |

* A richiesta con sovrapprezzo - On request with price increase -

1) 6 poli solo per grandezza 355 - 6 poles only for size 355

2) In base alla grandezza del motore - motor size depending

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

| DATI GENERALI | GENERAL DATA | ALLGEMEINE DATEN | HQL | HQLa |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|---|--------|
| Serie | Series | Typ | HQL | HQLa |
| Protezione motore | Motor Protection | Schutzart | IP 54 (IP 55) ²⁾ | IP 23S |
| Raffreddamento | Cooling System | Kühlung | IC 416 | IC 06 |
| Forma costruttiva | Mounting | Bauformen | Size 80...160 IM 2001 (B35) – Size 180...355 IM 1001 (B3) IM 2001 (B35) ²⁾ | |
| Equilibratura | Balancing | Schwinggüte | grado R – R degree – grad R | |
| Isolamento | Insulation | Isolation | classe F – F class – F Klasse | |
| Protezione termica | Thermal Protection | Thermischschutz | PTO (Klixon) – PTC ²⁾ – KTY ²⁾ – PT100 ²⁾ | |
| Rumore L _w | Noise L _w | Geräuschpegel L _w | L _w < 85 dB (A) | |
| Sollecitazione max | Max adm. shock | Max schuss | V eff 4.5 mm/s 6.3...63Hz – acc. 2.55 m/s ² | |
| Installazione | Ambient | Umgebungstem. | - 20 / + 40°C – 1000 m ASL | |

| VENTILATORE | ELECTRIC FAN | ELEKTROLÜFTER | QL - HQL (axial fan) | | | | HQLa (radial fan) | | | | HQL - HQLa (radial fan) | | | | |
|------------------|--------------|-----------------|----------------------|-----------------------|--------|-------------------|-------------------|--|-------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|
| Serie | Series | Typ | 80 | 100 | 132 | 160 ⁹⁾ | 80 | 100 | 132 | 160 ⁹⁾ | 180 ⁹⁾ | 225 ⁹⁾ | 280 ⁹⁾ | 355 ⁹⁾ | |
| Grandezza Motore | Motor size | Motoren | Size | 1-ph 220/230V 50/60Hz | | | | 3-ph 400Vac 50Hz / 460Vac 60Hz ⁹⁾ | | | | | | | |
| Alimentazione | Power supply | Versorgung | V | | | | | | | | | | | | |
| Corrente max | Max current | Strom | A | 0.30 | 0.37 | 0.66 | 1.55 | 0.27 | 0.27 | 0.73 | 2.5 | 2.5 | 4.4 | 8.5 | 15 |
| Potenza | Power | Leistung | kW | 0.048 | 0.07 | 0.15 | 0.35 | 0.07 | 0.07 | 0.25 | 1.1 | 1.1 | 2.2 | 4 | 7.5 |
| Portata max | Air flow max | Volumen | m ³ /min | 6.3 | 9.5 | 15 | 62 | 3.5 | 6 | 15 | 30 | 30 | 48 | 75 | 130 |
| Pressione max | Max pressure | Pression | Pa | 120 | 250 | 310 | 200 | 380 | 470 | 800 | 1400 | 1400 | 1800 | 2200 | 2300 |
| Rumorosità | Noise level | Gerauschent | dB (A) | 53 | 69 | 74 | 76 | 68 | 72 | 81 | 84.5 | 84.5 | 85 | 85 | < 90 |
| Tipo ventilatore | Fan type | Typ des ventil. | | W2S130 | RB-175 | M2E068 | A2E300 | 56A/2 | 56A/2 | 63B/2 | 80B/2 | 80E/2 | 90L/2 | 112M/4 | 132M/4 |

| FRENO ²⁾ | BRAKE ²⁾ | BREMSE ²⁾ | Alimentazione - Power supply | | Inerzia (J) | Velocità max. | Tempi - Times | | Lavoro ammissibile |
|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|------------------|---------------|---------------|---------|---------------------|
| Motor | Freno Brake | Coppia statica Static torque | Rectifier | Coil | inertia (J) | Max. speed | sw. ON | sw. OFF | Max admissible work |
| Size | Type | Nm (max) | Input Vac – Hz | Vdc W | Kgm ² | rpm | ms | ms | kJ Q max |
| 80 | R 30 (K4) | 30 (20) | 230 - 50/60 | 96 24 (30) | 0,0003 | 6000 (3600) | 35 | 90 | 12 |
| 100 ²⁾ | R 50 ²⁾ | 50 | 230 - 50/60 | 96 25 | 0,0006 | 6000 | 70 | 110 | 24 |
| 100 | K 6 (BFK-E14) | 60 (80) | 230 - 50/60 | 96 50 | 0,0007 | 5000 (3600) | 80 | 150 | 30 |
| 132 | K 8 (K8 D) | 150 (300) | 230 - 50/60 | 96 60 | 0,0028 (0,0060) | 4000 (3500) | 150 | 300 | 60 |
| 132 | BFK-E18 (E20) | 200 (400) | 230 - 50/60 | 96 85 (100) | 0,0029 (0,0073) | 3600 (3600) | 190 | 400 | 60 (80) |
| 160...180 | K9 (K9 D) | 200 (400) | 230 - 50/60 | 96 65 | 0,004 (0,0085) | 3000 (2500) | 190 | 400 | 80 |
| 160...225 | BFK 25 | 600 | 230 - 50/60 | 96 110 | 0,0200 | 3000 | 250 | 500 | 120 |
| 225...280 | Rr 360 (Rr360 D) | 900 (1800) | 230 - 50/60 | 96 190 | 0,0180 (0,0360) | 2000 (1500) | 330 | 600 | 160 |

Serie K-BFK. Coppia regolabile, disponibile anche con bobina a 24Vdc e leva di sblocco manuale - Adjustable braking torque, available also with 24Vdc coil and hand release (K8D, K9D, Rr360D) Versione a doppio disco, non è consentito il funzionamento in verticale - Double disk version, the vertical mounting is not permitted.
Motori HQLa con freno disponibili solo con declassamento delle prestazioni. - HQLa motors with brake available only with performances de-rating. pls. Contact our technical office.

| CUSCINETTI | BEARINGS | WÄLZLAGER | Max. speed ⁶⁾ | Distance X mm | Max rad. load Fr N 1500rpm | Max axial load Fa N 1500rpm | Radial load diagram |
|-------------------|--|--|--------------------------|---------------|---|-----------------------------|---------------------|
| Motor type | Drive-end side Bearing code | Non drive-end side Bearing code | rpm | | | | |
| 80 | 6306 ZZ NJ 306 EC ²⁾ | 6205 ZZ | 9000 8000 | 30 / 60 | 1000 / 800 1800 / 1500 | 800 | |
| 100 ⁷⁾ | 6209ZZC3 (TBH) ²⁾ NJ 209 EC ²⁾ | 6207 ZZ | 7500 (9000) 6700 | 40 / 80 | 1700 / 1500 3100 / 2700 | 1100 | |
| 132 | 6309ZZC3 (TBH) ²⁾ NU 309 EC ²⁾ | 6209ZZC3 (TBH) ²⁾ 6209ZZ (INS) ²⁾ | 6700 (8000) 6300 | 55 / 110 | 2800 / 2200 4900 / 4300 | 1500 | |
| 160 | 6312ZZC3 (TBH) ²⁾ NU 312 EC ²⁾ | 6311ZZC3 (TBH) ²⁾ 6311ZZC3 (INS) ²⁾ | 5300 (7500) 4800 | | 4300 / 3800 7000 / 6000 | 1800 | |
| 180 | 6314ZZC3 (TBH) ²⁾ NU 314 C3 ²⁾ | 6214ZZC3 (TBH) ²⁾ 6214ZZC3 (INS) ²⁾ | 4300 (6300) 3800 | 70 / 140 | 6600 / 5600 9800 / 7000 | 2000 | |
| 225 | 6318 C3 (TBH) ²⁾ NU 318 | 6315 (TBH) ²⁾ 6315 (INS) ²⁾ | 3400 (5000) 2800 | | 7000 / 6000 12000 / 11000 | 3000 | |
| 280 | 6222 C3 7222 TBH ²⁾ NU 222 EC ²⁾ | 6222 C3 (INS) ²⁾ 7222 TBH ²⁾ 6222 C3 (INS) ²⁾ | 3000 4500 2800 | 105 / 210 | 7600 / 7000 5000 / 4400 15000 / 13000 | 4000 | |
| 355 | 6226C3+NU226EC 2x7226 TBH ²⁾ | NU 226 EC 6324 C3 (INS) ²⁾ NN3026 TBH ²⁾ | 2200 2200 3200 | | 28000 / 25000 28000 / 25000 13000 / 10000 | 5000 | |

NJ-NU (Cuscinetto a rulli, Roller bearing, Rollenlager)²⁾ - TBH (Cuscinetto alta velocità, High speed bearing, Hochtourige Wälzlager)²⁾
INS (Cuscinetto isolato elettricamente - Electrically insulated bearing – Elektrisch isoliertes Rollenlager)²⁾
²⁾ Opzione disponibile a richiesta – Option available on request – Verfügbares Sonderzubehör
³⁾ Vedere paragrafo condizioni di montaggio raccomandate – See recommended mounting positions page - Beachten Sie bitte die Bedingungen der Montage
⁴⁾ Per ventilazione assiale vedere pagina dimensioni di ingombro - For axial fan see overall dimensions page.
⁵⁾ Per alimentazione a 60Hz è richiesta la flangia di riduzione della bocca di aspirazione - For 60Hz supply a intake hole reduction flange is required.
⁶⁾ La velocità massima continuativa è limitata al 70% del valore indicato - The max continuous operation speed is limited to the 70% of the indicated value.
⁷⁾ Cuscinetti per motori serie HQL 100, per serie QL 100 vedere pagina successiva. Bearings for motors HQL 100 series, for motors QL 100 series see next page.
⁸⁾ Solo per serie QL, non disponibile x HQL/HQLa – Only for QL serie, not available for HQL/HQLa series. -

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

7.1 HQL - HQLa

| DATI ELETTRICI E PRESTAZIONI | | | | ELECTRICAL DATA AND PERFORMANCES | | | | ELEKTRISCHE DATEN UND LEISTUNGEN | | | | HQL - IP 54 - IC 416 | | | | |
|------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------------------------|------------------------|-----------------------|---------|
| HQL | n _n 580 rpm f _n 19,3 Hz Un 400V | | n _n 1000 rpm f _n 33,3 Hz Un 400V | | n _n 1500 rpm f _n 50 Hz ¹⁾ Un 400V | | n _n 1800 rpm f _n 60 Hz Un 400V | | n _n 2200 rpm f _n 73,3 Hz Un 400V | | n _n 2600 rpm f _n 86,6 Hz Un 400V | | n _{max} ⁵⁾ Rpm | M _{max} Nm | J Kgm ² | W Kg |
| | Motor Type | P _n Kw M _n Nm | In A η % | P _n Kw M _n Nm | In A η % | P _n Kw M _n Nm | In A η % | P _n Kw M _n Nm | In A η % | P _n Kw M _n Nm | In A η % | P _n Kw M _n Nm | | | | |
| 80S | 0,6 10,5 | 1,6 73,7 | 1,0 10,0 | 2,3 80,3 | 1,5 9,5 | 3,3 82,8 | 1,8 9,5 | 3,9 83,0 | 2,1 9,0 | 4,5 83,2 | 2,3 8,6 | 5,0 83,4 | 25 | 0,0060 | | 23 |
| 80M | 0,9 15,4 | 2,3 75,0 | 1,5 14,7 | 3,4 81,8 | 2,2 14,0 | 4,7 84,3 | 2,6 14,0 | 5,6 84,6 | 3,1 13,3 | 6,5 84,7 | 3,4 12,6 | 7,3 84,9 | 35 | 0,0076 | | 27 |
| 80L | 1,3 20,9 | 3,0 76,1 | 2,1 20,0 | 4,5 82,9 | 3,0 19,0 | 6,3 85,5 | 3,6 19,0 | 7,5 85,8 | 4,2 18,1 | 8,7 85,9 | 4,7 17,1 | 9,8 86,1 | 48 | 0,0102 | | 31 |
| 80P | 1,7 38,5 | 4,0 78,1 | 2,8 36,8 | 6,0 85,1 | 4,0 35,0 | 8,4 87,7 | 4,8 35,0 | 10,0 88,0 | 5,6 33,3 | 11,6 88,1 | 6,2 31,5 | 12,9 88,3 | 65 | 0,0137 | | 37 |
| 80X | 2,3 38,5 | 5,4 78,1 | 3,8 36,8 | 8,2 85,1 | 5,5 35,0 | 11,3 87,7 | 6,6 35,0 | 13,5 88,0 | 7,7 33,3 | 15,7 88,1 | 8,6 31,5 | 17,5 88,3 | 88 | 0,0163 | | 45 |
| 100S | 2,3 38,5 | 5,4 78,1 | 3,8 36,8 | 8,2 85,1 | 5,5 35,0 | 11,3 87,7 | 6,6 35,0 | 13,5 88,0 | 7,7 33,3 | 15,7 88,1 | 8,6 31,5 | 17,5 88,3 | 80 | 0,0229 | | 44 |
| 100M | 3,2 52,3 | 7,3 78,9 | 5,2 49,9 | 11,0 86,0 | 7,5 47,5 | 15,2 88,7 | 9,0 47,5 | 18,2 89,0 | 10,4 45,1 | 21,1 89,1 | 11,6 42,8 | 23,5 89,3 | 120 | 0,0298 | | 53 |
| 100L | 3,9 64,4 | 8,9 78,9 | 6,4 61,4 | 13,5 86,0 | 9,2 58,5 | 18,7 88,7 | 11,0 58,5 | 22,4 89,0 | 12,8 55,6 | 25,9 89,1 | 14,3 52,7 | 29,0 89,3 | 150 | 0,0350 | | 60 |
| 100P | 4,7 77,0 | 10,6 79,9 | 7,7 73,5 | 16,0 87,1 | 11,0 70,0 | 22,1 89,8 | 13,2 70,0 | 26,5 90,1 | 15,3 66,5 | 30,7 90,2 | 17,2 63,0 | 34,3 90,4 | 180 | 0,0418 | | 70 |
| 100X | 5,7 94,6 | 13,0 79,9 | 9,5 90,3 | 19,6 87,1 | 13,5 86,0 | 27,2 89,8 | 16,2 86,0 | 32,5 90,1 | 18,8 81,7 | 37,7 90,2 | 21,1 77,4 | 42,1 90,4 | 220 | 0,0556 | | 82 |
| 132S | 6,4 105 | 12,6 86,0 | 10,5 100 | 20,3 89,0 | 15,0 95,5 | 28,1 91,8 | 18,0 95,5 | 33,6 92,1 | 20,9 90,7 | 39,0 92,3 | 23,4 86,0 | 43,5 92,4 | 200 | 0,075 | | 94 |
| 132M | 8,1 133 | 16,0 86,0 | 13,3 127 | 26,1 89,9 | 19,0 121 | 36,1 92,7 | 22,8 121 | 43,2 93,0 | 26,5 115 | 50,1 93,2 | 29,6 109 | 56,0 93,3 | 240 | 0,093 | | 109 |
| 132L | 9,4 154 | 18,5 86,0 | 15,4 147 | 29,7 90,1 | 22,0 140 | 41,2 92,9 | 26,4 140 | 49,3 93,2 | 30,6 133 | 57,1 93,4 | 34,3 126 | 63,8 93,6 | 280 | 0,109 | | 122 |
| 132P | 10,6 175 | 21,0 86,0 | 17,5 167 | 33,8 91,1 | 25,0 159 | 46,9 93,9 | 30,0 159 | 56,1 94,2 | 34,8 151 | 65,0 94,4 | 39,0 143 | 72,6 94,6 | 320 | 0,123 | | 135 |
| 132X | 13,2 217 | 26,1 86,0 | 21,7 207 | 40,7 90,8 | 31,0 198 | 56,3 93,6 | 37,2 198 | 67,4 93,9 | 43,2 188 | 78,1 94,1 | 48,4 178 | 87,3 94,3 | 400 | 0,151 | | 157 |
| 160S | 15,3 252 | 29,5 88,0 | 25,2 240 | 47,8 91,8 | 36,0 229 | 66,2 94,6 | 43,2 229 | 79,2 94,9 | 50,1 218 | 91,8 95,1 | 56,1 206 | 103 95,3 | 450 | 0,255 | | 201 |
| 160M | 17,9 294 | 34,5 88,0 | 29,4 281 | 55,8 91,8 | 42,0 268 | 77,3 94,6 | 50,4 268 | 92,5 94,9 | 58,5 254 | 107 95,1 | 65,5 241 | 120 95,3 | 520 | 0,290 | | 220 |
| 160L | 20,8 343 | 40,2 88,0 | 34,3 328 | 62,7 92,0 | 49,0 312 | 86,9 94,8 | 58,8 312 | 104 95,1 | 68,3 296 | 120 95,3 | 76,4 281 | 135 95,5 | 600 | 0,341 | | 247 |
| 160P | 23,4 385 | 45,1 88,0 | 38,5 368 | 71,1 92,0 | 55,0 350 | 98,6 94,8 | 66,0 350 | 118 95,1 | 76,6 333 | 137 95,3 | 85,8 315 | 153 95,5 | 700 | 0,387 | | 276 |
| 180S | 25,5 420 | 48,7 89,0 | 42,0 401 | 77,7 92,0 | 60,0 382 | 108 94,8 | 72,0 382 | 129 95,1 | 77,4 336 | 138 95,3 | | | 730 | 0,490 | | 390 |
| 180M | 34,0 560 | 64,9 89,0 | 56,0 535 | 103 92,1 | 80,0 510 | 143 94,9 | 96,0 510 | 172 95,2 | 103 448 | 184 95,4 | | | 1000 | 0,690 | | 480 |
| 180L | 38,3 630 | 73,0 89,0 | 63,0 602 | 116 92,2 | 90,0 573 | 161 95,0 | 108 573 | 193 95,3 | 116 504 | 207 95,5 | | | 1200 | 0,810 | | 535 |
| 225S | 44,8 737 | 85,4 89,0 | 73,7 89,0 | 136 92,0 | 105 670 | 189 94,8 | 126 670 | 226 95,1 | | | | | 1200 | 1,26 | | 730 |
| 225M | 53,4 880 | 102 89,0 | 88,0 840 | 162 92,1 | 126 800 | 225 94,9 | 151 800 | 269 95,2 | | | | | 1500 | 1,46 | | 810 |
| 225L | 58,8 968 | 112 89,0 | 96,8 924 | 179 92,1 | 138 880 | 248 94,9 | 166 880 | 296 95,2 | | | | | 1800 | 1,65 | | 890 |
| 225P | 68,8 1133 | 131 89,0 | 113 1082 | 209 92,2 | 162 1030 | 290 95,0 | 194 1030 | 346 95,3 | | | | | 2300 | 1,91 | | 1020 |
| 225X | 85,2 1403 | 163 89,0 | 140 1339 | 259 92,2 | 200 1275 | 358 95,0 | 240 1275 | 429 95,3 | | | | | 2600 | 2,27 | | 1175 |
| 280S | 97,9 1612 | 185 90,0 | 161 1538 | 298 92,0 | 230 1465 | 413 94,8 | 276 1465 | 494 95,1 | | | | | 2700 | 3,68 | | 1230 |
| 280M | 119 1964 | 225 90,0 | 196 1874 | 362 92,1 | 280 1785 | 502 94,9 | 336 1785 | 601 95,2 | | | | | 3200 | 4,34 | | 1420 |
| 280L | 140 2310 | 265 90,0 | 231 2205 | 426 92,1 | 330 2100 | 591 94,9 | 396 2100 | 707 95,2 | | | | | 4200 | 5,25 | | 1680 |
| 280P | 153 2519 | 289 90,0 | 252 2405 | 465 92,2 | 360 2290 | 644 95,0 | 432 2290 | 770 95,3 | | | | | 4500 | 5,75 | | 1830 |

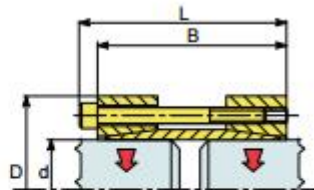
¹⁾ 400V 50Hz 1500rpm: velocità ed avvolgimento standard - standard speed and winding - Standard Geschwindigkeit und Windung
HQL/HQLa 80 diversi da 400V 1500rpm, quantitativo minimo di ordine richiesto. - HQL/HQLa 80 different from 400V 1500rpm, minimum order quantity required.
Cuscinetti, Bearings, Wälzlager: (sfere, ball, sphäre) ¹⁾ - (alta velocità, high speed, Hochtourige Wälzlager) ²⁾ - (rulli, roller, Rollentager) ³⁾
HQL 180 Disponibile a richiesta con ventilatore assiale e riduzione delle prestazioni del 10% - HQL 180 Available on request with axial fan, performances derating 10%
⁵⁾ La velocità massima continuativa è limitata al 70% del valore indicato - The max continuous operation speed is limited to the 70% of the indicated value.

Bonfix M7000



**KAHDEN SAMANKESKEISEN
AKSELIN KIINNITYKSEEN**

**FOR CONNECTION OF
COAXIAL SHAFTS**



| d mm | D mm | B mm | L mm | M mm | Ms Nm | M Nm | F kN |
|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
| 15 | 45 | 50 | 56 | M6 | 17 | 150 | 18 |
| 16 | 45 | 50 | 56 | M6 | 17 | 160 | 18 |
| 18 | 50 | 50 | 56 | M6 | 17 | 180 | 18 |
| 19 | 50 | 50 | 56 | M6 | 17 | 190 | 18 |
| 20 | 50 | 50 | 56 | M6 | 17 | 200 | 18 |
| 24 | 55 | 60 | 66 | M6 | 17 | 360 | 27 |
| 25 | 55 | 60 | 66 | M6 | 17 | 380 | 27 |
| 28 | 60 | 60 | 66 | M6 | 17 | 370 | 24 |
| 30 | 60 | 60 | 66 | M6 | 17 | 400 | 24 |
| 35 | 75 | 75 | 83 | M8 | 41 | 640 | 32 |
| 40 | 75 | 75 | 83 | M8 | 41 | 730 | 32 |
| 45 | 85 | 85 | 93 | M8 | 41 | 1200 | 48 |
| 50 | 90 | 85 | 93 | M8 | 41 | 1340 | 48 |
| 60 | 100 | 85 | 93 | M8 | 41 | 2200 | 64 |
| 70 | 115 | 100 | 110 | M10 | 83 | 3200 | 80 |