

Euro Moon Rover

van Iterson, Arne
Student Nr: 1798423

van Vliet, Stein
Student Nr: 1811402

March 29, 2024

Abstract

In dit document wordt onderzocht of de voorgestelde motor en tandwieloverbrenging voldoet aan de eisen van de rover. De keuze is gevallen op de RE25 118757 motor en de GP 22 A Planetary Gearhead.

1 Inleiding

De Iris was de eerste onbemande maanrover ontwikkeld door NASA. De Hogeschool Utrecht werkt samen met andere hogescholen voor het ontwikkelen van een Europese versie van de Iris; De Euro Moon Rover.



Figure 1: Euro Moon Rover

2 Onderzoek

Voor de Eurorover is een set van motor en tandwieloverbrenging voorgesteld, het gaat om de RE25 1187xx motor en de Planetary Gearhead GP xx xx van de firma Maxon. In dit document wordt onderzocht of dat de voorgestelde motor en tandwieloverbrenging voldoet aan de eisen van de rover.

2.1 Eigenschappen

De kar heeft de volgende eigenschappen:

$$\begin{aligned} m_{rover} &= 6 && [kg] \\ w &= 400 && [mm] \\ l &= 250 && [mm] \\ \theta_{typ} &= 20 && [deg] \\ \theta_{max} &= 30 && [deg] \end{aligned}$$

De wielen hebben de volgende eigenschappen:

$$\begin{aligned} r &= 0.075 && [m] \\ \mu_s &= 0,9 && [-] \\ C_r &= 0,1 && [-] \\ J &= 2.1 \cdot 10^{-3} && [kg \cdot m^2] \end{aligned}$$

2.2 Eisen

Met de aandrijving moeten de volgende eisen worden voldaan:

$$\begin{aligned} v_{max} &= 2.1 && [m/s] \\ a_{acc} &= 0.7 && [m/s^2] \\ a_{dec} &= 0.5 && [m/s^2] \\ \alpha_{acc} &= \frac{a_{acc}}{r} = 9.33 && [rad/s^2] \\ \alpha_{dec} &= \frac{a_{dec}}{r} = 6.66 && [rad/s^2] \end{aligned}$$

3 Lasteisen of -wensen

Om te bepalen wat de maximale lasteisen of -wensen van de motor zijn, worden de eisen van de rover onder verschillende scenario's verdeeld. De rover moet in staat zijn om te versnellen, constant te rijden en te vertragen op:

- een vlakke ondergrond

De rover moet constant de maximum snelheid kunnen rijden op:

- een opgaande helling van 20 graden
- een neergaande helling van 20 graden

De rover heeft de mogelijkheid om grotere hellingen, tot 30 graden, te beklimmen; Maar dit hoeft niet met de gegeven eisen voor versnelling en vertraging.

De rover is in staat om, op elk gegeven oppervlak, het gewicht eerlijk over de wielen te verdelen; Dit maakt het mogelijk om de lasten voor slechts één

wiel te berekenen. In het volgende hoofdstuk worden deze scenario's verder uitgewerkt. Het zwaarste resultaat bepaalt het type motor dat gebruikt zal worden. Omdat het gewicht van de rover wordt verdeeld over de wielen, zal het volgende gewicht worden gebruikt in de berekeningen

$$\begin{aligned} m &= \frac{m_{rover}}{4} \\ &= \frac{6}{4} \\ &= 1.5 \quad [kg] \end{aligned}$$

4 Scenario's

In dit hoofdstuk worden afbeeldingen gebruikt om de verschillende scenario's te visualiseren. Deze afbeeldingen zijn niet op schaal.

F_{eff} is het resultaat van de aandrijving (F_{aand}) min de rolweerstand (F_{rol}) en eventueel een component van de zwaartekracht (F_z). De gewenste versnelling bepaalt de nodige resulterende kracht met de volgende formule:

$$F_{eff} = m \cdot a \quad (1)$$

4.1 Vlakke ondergrond

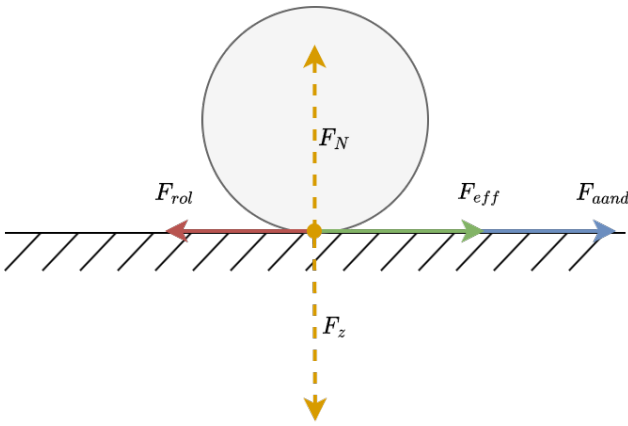


Figure 2: Vlakke ondergrond, bewegingsrichting rechts

4.1.1 Constante snelheid

Voor de constante snelheid geldt dat $a = 0 [ms^{-2}]$ dus $F_{eff} = 0 [N]$. De enige kracht die overblijft is de rolweerstand. De aandrijvingskracht F_{aand} moet gelijk zijn aan de rolweerstand F_{rol} .

De rolweerstand is afhankelijk van de normaalkracht F_N , F_N is in dit geval gelijk aan de

zwaartekracht F_z dus:

$$\begin{aligned} F_N &= F_z \\ g_{maan} &= 1.625 \quad [m/s^2] \\ F_z &= m \cdot g \\ &= 1.5 \cdot 1.625 \\ &= 2.4375 \quad [N] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{rol} &= C_r \cdot F_N \\ &= 0.1 \cdot 2.4375 \\ &= 0.24375 \quad [N] \end{aligned}$$

$$F_{aand} = F_{rol}$$

$$\begin{aligned} T_{as} &= F_{aand} \cdot r \\ &= F_{rol} \cdot r \\ &= 18.28125 \quad [mNm] \end{aligned}$$

4.1.2 Versnellen

Bij het versnellen en vertraging moet rekening worden gehouden met de massa traagheid van het wiel. De massa traagheid wordt bepaald met behulp van de gegeven waarden α_{acc} en α_{dec} en beschreven in het variabel T_{traag} .

$$\begin{aligned} F_{eff} &= m \cdot a \\ &= 1.5 \cdot 0.7 \\ &= 1.05 \quad [N] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{aand} &= F_{eff} + F_{rol} \\ &= 1.05 + 0.24375 \\ &= 1.29375 \quad [N] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{traag} &= J \cdot \alpha_{acc} \\ &= 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot 9.33 \\ &= 19.593 \quad [mNm] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{as} &= F_{aand} \cdot r + T_{traag} \\ &= (F_{eff} + F_{rol}) \cdot r + T_{traag} \\ &= 97.03125 + 19.593 \\ &= 116.62425 \quad [mNm] \end{aligned}$$

4.1.3 Vertragen

$$\begin{aligned}
 F_{eff} &= m \cdot a \\
 &= 1.5 \cdot 0.5 \\
 &= 0.75 \quad [N] \\
 F_{aand} &= F_{eff} - F_{rol} \\
 &= 0.75 - 0.24375 \\
 &= 0.50625 \quad [N] \\
 T_{traag} &= J \cdot \alpha_{dec} \\
 &= 2.1 \cdot 10^{-3} \cdot 6.66 \\
 &= 13.986 \quad [mNm] \\
 T_{as} &= F_{aand} \cdot r + T_{traag} \\
 &= (F_{eff} - F_{rol}) \cdot r + T_{traag} \\
 &= 37.96875 + 13.986 \\
 &= 51.95475 \quad [mNm]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g_{maan} &= 1.625 \quad [m/s^2] \\
 F_z &= m \cdot g \\
 &= 1.5 \cdot 1.625 \\
 &= 2.4375 \quad [N]
 \end{aligned}$$

$$\theta = 20 \quad [deg]$$

$$\begin{aligned}
 F_N &= F_{z1} \\
 F_{z1} &= \cos \theta \cdot F_z \\
 &= \cos 20 \cdot 2.4375 \\
 &= 2.2905 \quad [N]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{z2} &= \sin \theta \cdot F_z \\
 &= \sin 20 \cdot 2.4375 \\
 &= 0.834 \quad [N]
 \end{aligned}$$

De rolweerstand in dit geval is:

$$\begin{aligned}
 F_{rol} &= C_r \cdot F_N \\
 &= 0.1 \cdot 2.2905 \\
 &= 0.22905 \quad [N]
 \end{aligned}$$

Voor een constante snelheid dient F_{eff} nul te zijn dus:

$$\begin{aligned}
 F_{eff} &= F_{aand} + F_{z2} - F_{rol} = 0 \\
 &= F_{aand} + 0.834 - 0.22905 = 0 \\
 F_{aand} &= 0.22905 - 0.834 \\
 &= -0.60495 \quad [N] \\
 T_{as} &= F_{aand} \cdot r \\
 &= -45.37125 \quad [mNm]
 \end{aligned}$$

4.2 Dalende ondergrond

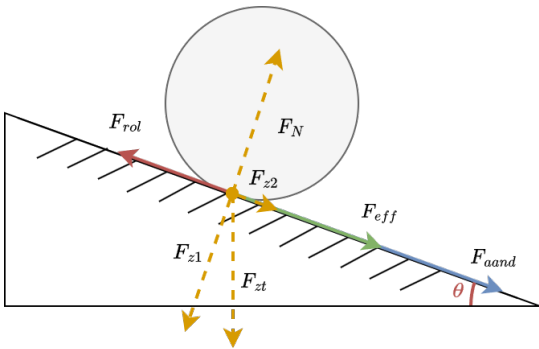


Figure 3: Dalende ondergrond, bewegingsrichting rechts

In dit geval is de zwaartekracht niet haaks aan de ondergrond, de zwaartekracht verdeelt zich in een component loodrecht op de ondergrond en een component parallel aan de ondergrond. De component loodrecht op de ondergrond is gelijk aan de normaalkracht F_N .

4.3 Stijgende ondergrond

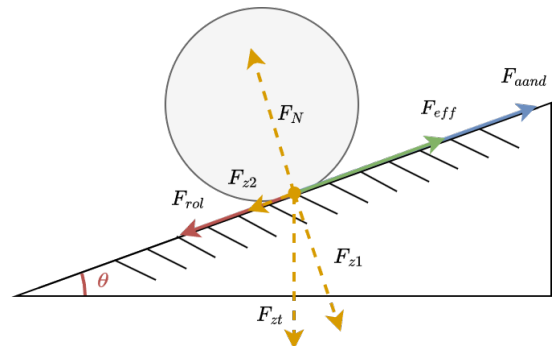


Figure 4: Stijgende ondergrond, bewegingsrichting rechts

In dit scenario werkt de zwaartekracht tegen de aandrijving, de rest blijft hetzelfde als bij de dalende ondergrond. Voor F_{aand} geldt:

$$\begin{aligned}
F_{eff} &= F_{aand} - F_{z2} - F_{rol} = 0 \\
F_{aand} &= F_{z2} + F_{rol} \\
&= 0.834 + 0.22905 \\
&= 1.06305 && [N] \\
T_{as} &= F_{aand} \cdot r \\
&= (F_{z2} + F_{rol}) \cdot r \\
&= 79.72875 && [mNm]
\end{aligned}$$

4.4 Slip

In de eigenschappen van de wielen is de statische wrijvingscoëfficiënt μ_s gegeven. F_{eff} mag niet groter zijn dan de maximale statische wrijvingskracht $F_{s,max}$. De maximale statische wrijvingskracht in dit geval is:

$$\begin{aligned}
F_{s,max} &= \mu_s \cdot F_N \\
&= 0.9 \cdot 2.4375 \\
&= 2.19375 && [N]
\end{aligned}$$

Als F_{eff} groter is dan $F_{s,max}$ zal er slip optreden. In dit geval moet de aandrijvingskracht F_{eff} gelijk zijn aan $F_{s,max}$.

Er is geen van de scenario's sprake van slip.

5 Selectie

Uit de besproken scenario's is gebleken dat de maximale koppel benodigd om aan de eisen te voldoen gelijk is aan 116.62425 [mNm].

De RE25 1187xx Serie van Maxon kent 56 motoren. Deze hebben allemaal dezelfde fysieke maten, maar andere opbouw. Het toerental van deze serie ligt tussen de 4790 en 14700 rpm. Gegeven de benodigde maximale snelheid van 2.1 m/s en de diameter van de wielen van 0.15 m, geeft dit een toerental van;

$$\begin{aligned}
r &= 0.075 && [m] \\
v_{max} &= 2.1 && [m/s] \\
s &= 2\pi \cdot r \\
&= 0.471238898 && [m] \\
n &= \frac{v_{max}}{s} \\
&= \frac{2.1}{0.471238898} \\
&= 4.456 && [rps] \\
&= 267.36 && [rpm]
\end{aligned}$$

We hebben dus een overbrenging nodig, maar dit was al bekend. Wetende de nodige rpm van de wielen kunnen we bepalen wat de grootst mogelijke verandering is;

$$\begin{aligned}
n_{max} &= 14700 && [rpm] \\
\frac{n_{max}}{n} &= \frac{14700}{267.36} \\
&\approx 1 : 55
\end{aligned}$$

Om de motor zo efficiënt mogelijk te laten werken zijn de motorkarakteristieken tegenover de lasteisen geplot voor een aantal verschillende motoren:

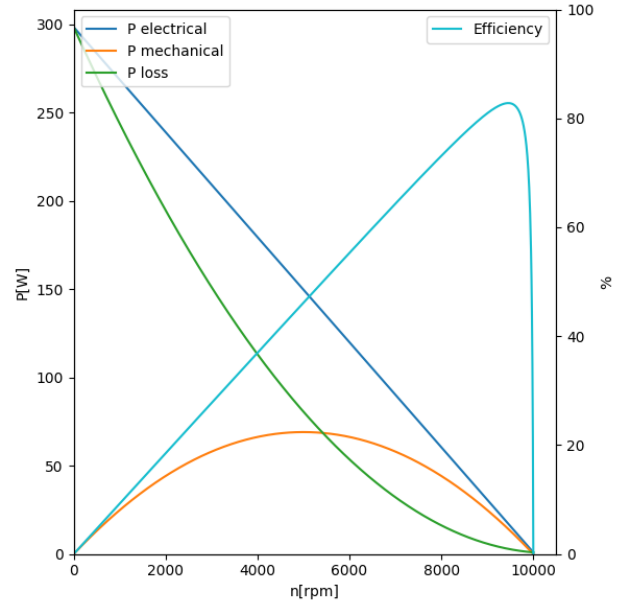


Figure 5: Vermogensgrafiek van xx49 motor

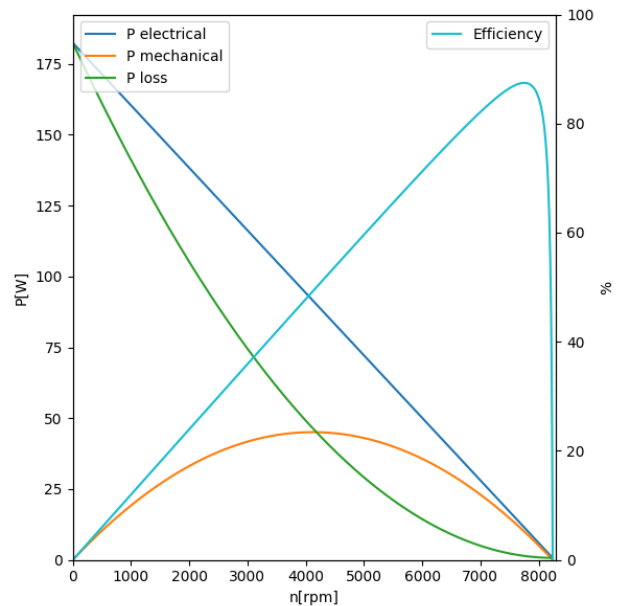


Figure 6: Vermogensgrafiek van xx56 motor

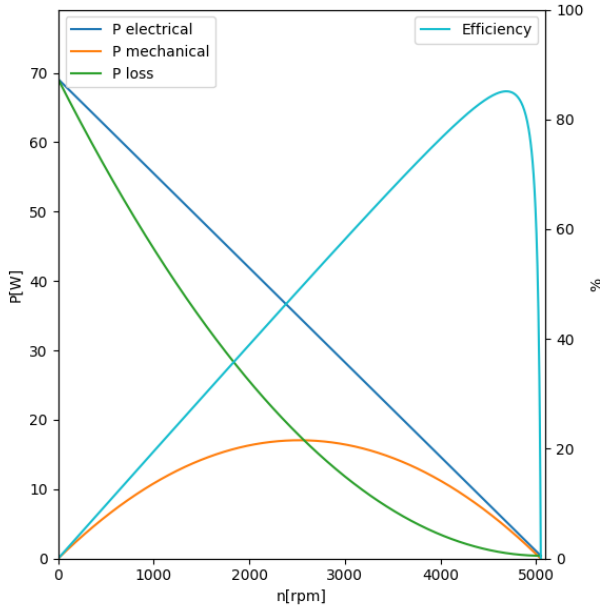


Figure 7: Vermogengrafiek van xx57 motor

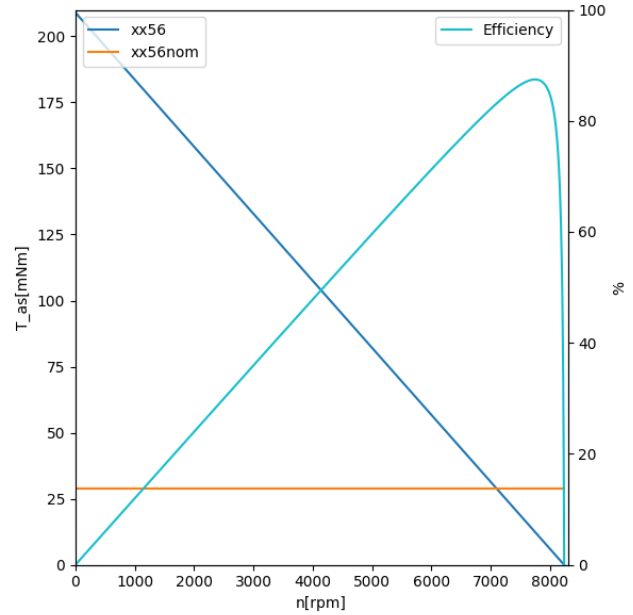


Figure 9: Motorkarakteristiek van xx56 motor

Uit de vermogenskarakteristieken van de motoren valt op dat ze het allemaal beter doen naarmate het toerental toeneemt. Aangezien de rover een maximale rpm van ongeveer 270 moet bereiken, wil dat zeggen dat de xx57 motor minder vertand zal hoeven worden dan de rest. Grotere vertanding zorgt voor een lagere maximale efficiëntie, blijkt uit de datasheets van Maxon. Hieruit valt te concluderen dat de xx57 motor qua vertanding de beste keuze is.

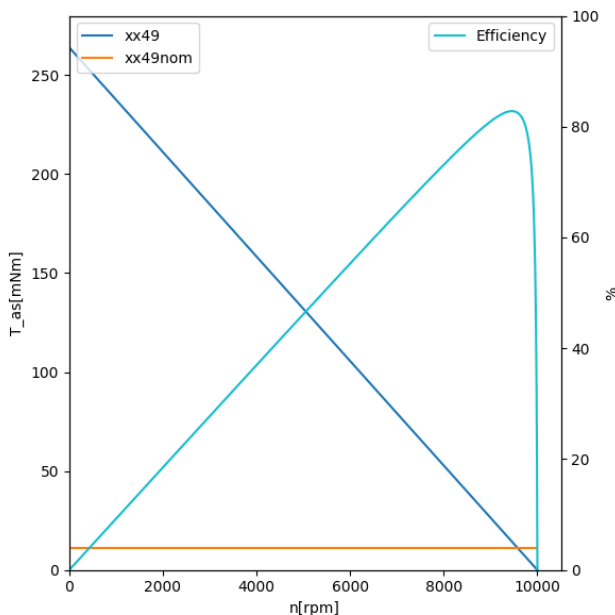


Figure 8: Motorkarakteristiek van xx49 motor

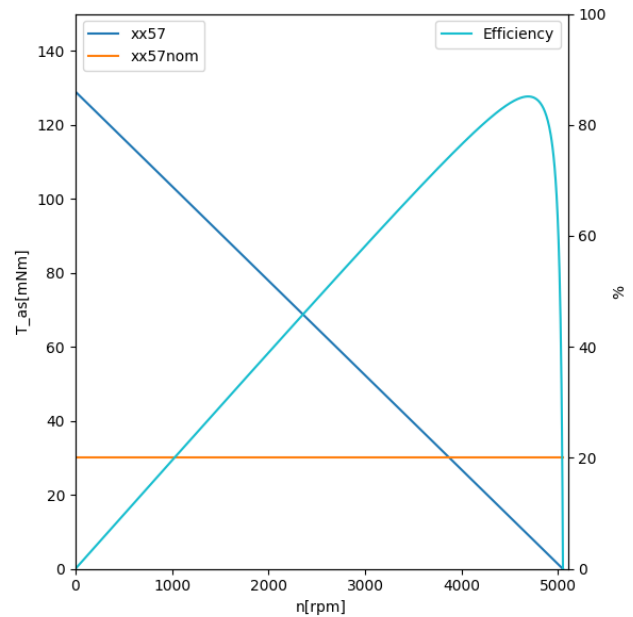


Figure 10: Motorkarakteristiek van xx57 motor

In de karakteristieken valt op hoe de motoren een steeds lagere T_{stall} en n_{no_load} hebben, maar een steeds hogere T_{nom} . De xx49 motor heeft een aanzienlijke vertanding nodig om de hoogst gevraagde last van 116 mNm te kunnen leveren. Zoals eerder benoemd is, is een grote vertanding onwenselijk omdat dit efficiëntie enorm doet dalen.

6 Conclusie

De gekozen motor, overbrenging-combinatie voor de Euro Moon Rover is de RE25 118757 met de Planetary Gearhead GP 22 A (134158). De overbrenging

is een 1:14 overbrenging met een maximale continue koppel van 0.5 Nm. Dit is ruim voldoende voor de bepaalde scenarios. Daarnaast komt het RPM van de motor samen met deze overbrenging op ongeveer 3745

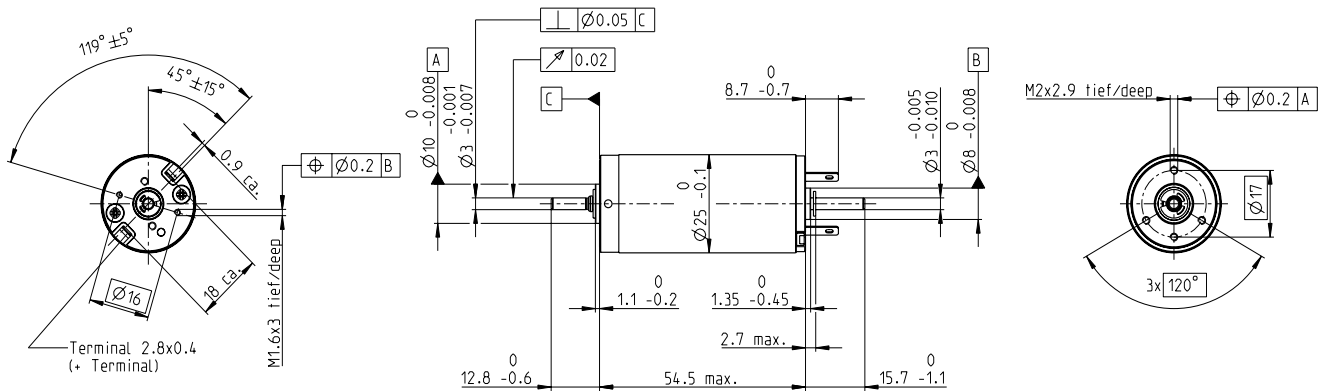
RPM. Bij de 118757 is dit het nominaal toerental en is het rendement het hoogst. Dit rendement komt bij een 75% instelpunt van de motor en een 70% maximale efficiëntie van de Gearhead uit op 52.5%.

7 Bijlagen

1. Maxon Document EN-22-154
RE 25 1187xx
2. Maxon Document EN-21-383
Planetary Gearhead GP 22 A

RE 25 Ø25 mm, graphite brushes, 20 watt

RE



M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

Part Numbers

according to dimensional drawing
shaft length 15.7 shortened to 4 mm

| | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 118749 | 118750 | 118751 | 118752 | 118753 | 118754 | 118755 | 118756 | 118757 |
| 302002 | 302003 | 302004 | 302005 | 302006 | 302007 | 302001 | 302008 | 302009 |

| Motor Data | | 118749 | 118750 | 118751 | 118752 | 118753 | 118754 | 118755 | 118756 | 118757 |
|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Values at nominal voltage | | | | | | | | | | |
| 1 Nominal voltage | V | 9 | 15 | 18 | 24 | 30 | 42 | 48 | 48 | 48 |
| 2 No load speed | rpm | 10000 | 9660 | 10200 | 9560 | 9860 | 11100 | 10300 | 8240 | 5050 |
| 3 No load current | mA | 110 | 60.8 | 53.9 | 36.9 | 30.5 | 25.2 | 20.1 | 15.2 | 8.52 |
| 4 Nominal speed | rpm | 8970 | 8430 | 8850 | 8330 | 8640 | 9920 | 9160 | 7040 | 3830 |
| 5 Nominal torque | mNm | 11.1 | 20.5 | 22.9 | 26.3 | 26.7 | 27.1 | 27.7 | 28.7 | 30 |
| 6 Nominal current (max. continuous current) | A | 1.5 | 1.5 | 1.46 | 1.16 | 0.968 | 0.784 | 0.653 | 0.536 | 0.343 |
| 7 Stall torque | mNm | 232 | 225 | 220 | 243 | 249 | 283 | 264 | 209 | 129 |
| 8 Stall current | A | 29.1 | 15.8 | 13.5 | 10.4 | 8.72 | 7.94 | 6.03 | 3.81 | 1.44 |
| 9 Max. efficiency | % | 76 | 82 | 83 | 85 | 86 | 87 | 87 | 86 | 84 |
| Characteristics | | | | | | | | | | |
| 10 Terminal resistance | Ω | 0.309 | 0.952 | 1.33 | 2.32 | 3.44 | 5.29 | 7.96 | 12.6 | 33.4 |
| 11 Terminal inductance | mH | 0.028 | 0.088 | 0.115 | 0.238 | 0.353 | 0.551 | 0.832 | 1.31 | 3.48 |
| 12 Torque constant | mNm/A | 7.96 | 14.3 | 16.3 | 23.4 | 28.5 | 35.6 | 43.8 | 55 | 89.6 |
| 13 Speed constant | rpm/V | 1200 | 670 | 586 | 408 | 335 | 268 | 218 | 174 | 107 |
| 14 Speed/torque gradient | rpm/mNm | 46.5 | 44.7 | 48 | 40.3 | 40.4 | 39.8 | 39.6 | 39.8 | 39.7 |
| 15 Mechanical time constant | ms | 5.68 | 4.87 | 4.77 | 4.55 | 4.47 | 4.4 | 4.37 | 4.37 | 4.35 |
| 16 Rotor inertia | gcm ² | 11.7 | 10.4 | 9.49 | 10.8 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | 10.5 | 10.5 |

Specifications

| Thermal data | |
|---------------------------------------|--------------|
| 17 Thermal resistance housing-ambient | 14 K/W |
| 18 Thermal resistance winding-housing | 3.1 K/W |
| 19 Thermal time constant winding | 12.5 s |
| 20 Thermal time constant motor | 612 s |
| 21 Ambient temperature | -30...+100°C |
| 22 Max. winding temperature | +125°C |

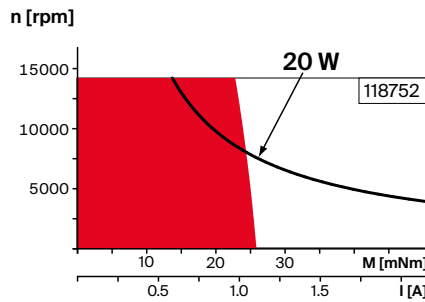
| Mechanical data (ball bearings) | |
|---|----------------|
| 23 Max. speed | 14.000 rpm |
| 24 Axial play | 0.05 - 0.15 mm |
| 25 Radial play | 0.025 mm |
| 26 Max. axial load (dynamic) | 3.2 N |
| 27 Max. force for press fits (static) (static, shaft supported) | 64 N |
| 28 Max. radial load, 5 mm from flange | 800 N |
| | 16 N |

| Other specifications | |
|----------------------------------|-------|
| 29 Number of pole pairs | 1 |
| 30 Number of commutator segments | 11 |
| 31 Weight of motor | 130 g |

Values listed in the table are nominal.
Explanation of the figures on page 90.

Option
Preloaded ball bearings

Operating Range



Comments

- **Continuous operation**
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
= Thermal limit.
- Short term operation**
The motor may be briefly overloaded (recurring).
- **Assigned power rating**

Modular System

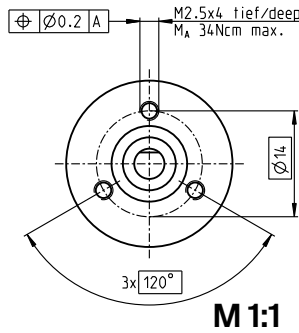
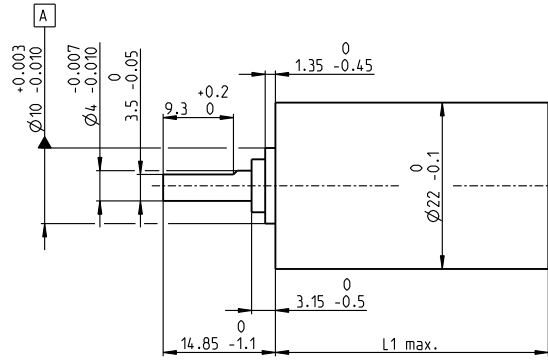
Details on catalog page 44

| Gear | Sensor |
|-----------------|-----------------------------|
| 416_GP 26 A | 510_Encoder MR 128-1000 CPT |
| 418_GP 32 BZ | 515_Encoder Enc 22 |
| 419_GP 32 A | 518_Encoder HEDS 5540 |
| 422_GP 32 C | 520_Encoder HEDL 5540 |
| 429_KD 32 | 527_DC-Tacho DCT 22 |
| 452-460_GP 32 S | |

Accessories
565_Brake AB 28

| Motor Control |
|-------------------------------|
| 532_ESCON Module 24/2 |
| 532_ESCON 36/2 DC |
| 533_ESCON Module 50/5 |
| 535_ESCON 50/5 |
| 541_EPOS4 Micro 24/5 |
| 542_EPOS4 Module 24/1.5 |
| 542_EPOS4 Module 50/5 |
| 543_EPOS4 Compact 24/5 3-axes |
| 544_EPOS4 Compact 24/1.5 |
| 545_EPOS4 Compact 50/5 |
| 547_EPOS4 50/5 |

Planetary Gearhead GP 22 A Ø22 mm, 0.5–1.0 Nm

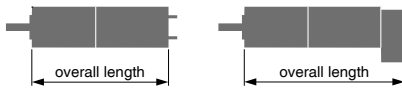


| Technical Data | |
|--|---------------------------|
| Planetary Gearhead | straight teeth |
| Output shaft | stainless steel, hardened |
| Bearing at output | ball bearing |
| Option | sleeve bearing |
| Radial play, 10 mm from flange | max. 0.2 mm |
| Axial play | max. 0.2 mm |
| Max. axial load (dynamic) | 100 N |
| Max. force for press fits | 100 N |
| Direction of rotation, drive to output | = |
| Max. continuous input speed | 6000 rpm |
| Recommended temperature range | -40...+100°C |
| Number of stages | 1 2 3 4 5 |
| Max. radial load, 10 mm from flange | 30 N 50 N 55 N 55 N 55 N |

gear

| Gearhead Data | Part Numbers | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------------|------------------|---------------|
| | 134156 | 134158 | 134163 | 134168 | 134172 | 110340 | 134183 | 134186 | 134190 | 134195 | 134203 |
| 1 Reduction | 3.8:1 | 14:1 | 53:1 | 104:1 | 198:1 | 370:1 | 590:1 | 742:1 | 1386:1 | 1996:1 | 3189:1 |
| 2 Absolute reduction | 15/4 | 225/16 | 3375/64 | 87723/845 | 50625/256 | 10556001/28561 | 59049/100 | 759375/1024 | 158340015/114244 | 285012027/142805 | 1594323/500 |
| 3 Max. motor shaft diameter | mm 4 | 4 | 4 | 3.2 | 4 | 3.2 | 4 | 4 | 3.2 | 3.2 | 4 |
| Part Numbers | 110337 | 134159 | 134164 | 134169 | 134173 | 134178 | 134184 | 134187 | 134193 | 134198 | 134204 |
| 1 Reduction | 4.4:1 | 16:1 | 62:1 | 109:1 | 231:1 | 389:1 | 690:1 | 867:1 | 1460:1 | 2102:1 | 3728:1 |
| 2 Absolute reduction | 57/13 | 855/52 | 12825/208 | 2187/20 | 192375/832 | 263169/676 | 1121931/1625 | 2885625/3328 | 3947535/2704 | 7105563/3380 | 30292137/8125 |
| 3 Max. motor shaft diameter | mm 3.2 | 3.2 | 3.2 | 4 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 | 3.2 |
| Part Numbers | 134157 | 110338 | 134165 | 134170 | 134174 | 134180 | 134185 | 134188 | 134196 | 134200 | 134205 |
| 1 Reduction | 5.4:1 | 19:1 | 72:1 | 128:1 | 270:1 | 410:1 | 850:1 | 1014:1 | 1538:1 | 2214:1 | 4592:1 |
| 2 Absolute reduction | 27/5 | 3249/169 | 48735/676 | 41553/325 | 731025/2704 | 6561/16 | 531441/625 | 10965375/10816 | 98415/64 | 177147/80 | 14348907/3125 |
| 3 Max. motor shaft diameter | mm 2.5 | 3.2 | 3.2 | 4 | 3.2 | 4 | 2.5 | 3.2 | 4 | 4 | 2.5 |
| Part Numbers | | 134160 | 134166 | 134171 | 134176 | 134179 | | 134191 | 110341 | 134199 | |
| 1 Reduction | | 20:1 | 76:1 | 157:1 | 285:1 | 455:1 | | 1068:1 | 1621:1 | 2458:1 | |
| 2 Absolute reduction | | 81/4 | 1215/16 | 19683/125 | 18225/64 | 5000211/10985 | | 273375/256 | 601892057/371293 | 135005697/54925 | |
| 3 Max. motor shaft diameter | | mm 4 | 4 | 2.5 | 4 | 3.2 | | 4 | 3.2 | 3.2 | |
| Part Numbers | | 134161 | 110339 | | 134175 | 134181 | | 134189 | 134194 | 134201 | |
| 1 Reduction | | 24:1 | 84:1 | | 316:1 | 479:1 | | 1185:1 | 1707:1 | 2589:1 | |
| 2 Absolute reduction | | 1539/65 | 18519/2197 | | 2777895/8788 | 124659/260 | | 41668425/35152 | 15000633/8788 | 3365793/1300 | |
| 3 Max. motor shaft diameter | | mm 3.2 | 3.2 | | 3.2 | 3.2 | | 3.2 | 3.2 | 3.2 | |
| Part Numbers | | 134162 | 134167 | | 134177 | 134182 | | 134192 | 134197 | 134202 | |
| 1 Reduction | | 29:1 | 89:1 | | 333:1 | 561:1 | | 1249:1 | 1798:1 | 3027:1 | |
| 2 Absolute reduction | | 729/25 | 4617/52 | | 69255/208 | 2368521/4225 | | 1038825/832 | 373977/208 | 63950067/21125 | |
| 3 Max. motor shaft diameter | | mm 2.5 | 3.2 | | 3.2 | 3.2 | | 3.2 | 3.2 | 3.2 | |
| 4 Number of stages | | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | | 5 | 5 | 5 | |
| 5 Max. continuous torque | Nm | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 6 Max. intermittent torque at gear output | Nm | 0.8 | 0.8 | 1.2 | 1.2 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| 7 Max. efficiency | % | 84 | 70 | 59 | 59 | 49 | 49 | 42 | 42 | 42 | 42 |
| 8 Weight | g | 42 | 55 | 68 | 68 | 81 | 81 | 81 | 94 | 94 | 94 |
| 9 Average backlash no load | ° | 1.0 | 1.2 | 1.6 | 1.6 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| 10 Mass inertia | gcm ² | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 11 Gearhead length L1* | mm | 22.6 | 29.4 | 36.2 | 36.2 | 43.0 | 43.0 | 49.8 | 49.8 | 49.8 | 49.8 |

*for EC 32fl. L1 is +7.1 mm



| maxon Modular System | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|----------------|---------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| + Motor | Page | + Sensor/Brake | Page | Overall length [mm] = Motor length + gearhead length + (sensor/brake) + assembly parts | | | | | | | |
| A-max 19 | 163/164 | | | 51.6 | 58.4 | 65.2 | 65.2 | 72.0 | 72.0 | 78.8 | 78.8 |
| A-max 19, 1.5 W | 164 | MR | 475/476 | 56.7 | 63.5 | 70.3 | 70.3 | 77.1 | 77.1 | 77.1 | 83.9 |
| A-max 19, 1.5 W | 164 | Enc 22 | 483 | 66.0 | 72.8 | 79.6 | 79.6 | 86.4 | 86.4 | 86.4 | 93.2 |
| A-max 19, 2.5 W | 165/166 | | | 54.2 | 61.0 | 67.8 | 67.8 | 74.6 | 74.6 | 81.4 | 81.4 |
| A-max 19, 2.5 W | 166 | MR | 475/476 | 58.5 | 65.3 | 72.1 | 72.1 | 78.9 | 78.9 | 85.7 | 85.7 |
| A-max 19, 2.5 W | 166 | Enc 22 | 483 | 68.6 | 75.4 | 82.2 | 82.2 | 89.0 | 89.0 | 95.8 | 95.8 |
| A-max 22 | 167-170 | | | 54.6 | 61.4 | 68.2 | 68.2 | 75.0 | 75.0 | 81.8 | 81.8 |
| A-max 22 | 168/170 | MR | 475/476 | 59.6 | 66.4 | 73.2 | 73.2 | 80.0 | 80.0 | 86.8 | 86.8 |
| A-max 22 | 168/170 | Enc 22 | 483 | 69.0 | 75.8 | 82.6 | 82.6 | 89.4 | 89.4 | 96.2 | 96.2 |
| EC-max 22, 12 W | 248 | | | 57.4 | 64.2 | 71.0 | 71.0 | 77.8 | 77.8 | 84.6 | 84.6 |
| EC-max 22, 12 W | 248 | MR | 477 | 67.0 | 73.8 | 80.6 | 80.6 | 87.4 | 87.4 | 94.2 | 94.2 |
| EC-max 22, 12 W | 248 | AB 20 | 532 | 93.0 | 99.8 | 106.6 | 106.6 | 113.4 | 113.4 | 120.2 | 120.2 |
| EC-max 22, 25 W | 249 | | | 73.9 | 80.7 | 87.5 | 87.5 | 94.3 | 94.3 | 101.1 | 101.1 |
| EC-max 22, 25 W | 249 | MR | 477 | 83.5 | 90.3 | 97.1 | 97.1 | 103.9 | 103.9 | 110.7 | 110.7 |
| EC-max 22, 25 W | 249 | AB 20 | 532 | 109.5 | 116.3 | 123.1 | 123.1 | 129.9 | 129.9 | 136.7 | 136.7 |
| EC 20 flat, 3 W, A | 287 | | | 33.1 | 39.9 | 46.7 | 46.7 | 53.5 | 53.5 | 60.3 | 60.3 |
| EC 20 flat, 3 W, B | 287 | | | 32.5 | 39.3 | 46.1 | 46.1 | 52.9 | 52.9 | 59.7 | 59.7 |
| EC 20 flat, 5 W | 288 | | | 36.7 | 43.5 | 50.3 | 50.3 | 57.1 | 57.1 | 63.9 | 63.9 |
| EC 20 flat, IE, IP 00 | 289 | | | 39.7 | 46.5 | 53.3 | 53.3 | 60.1 | 60.1 | 66.9 | 66.9 |
| EC 20 flat, IE, IP 40 | 289 | | | 40.8 | 47.6 | 54.4 | 54.4 | 61.2 | 61.2 | 68.0 | 68.0 |
| EC 20 flat, IE, IP 00 | 290 | | | 43.7 | 50.5 | 57.3 | 57.3 | 64.1 | 64.1 | 70.9 | 70.9 |
| EC 20 flat, IE, IP 40 | 290 | | | 44.8 | 51.6 | 58.4 | 58.4 | 65.2 | 65.2 | 72.0 | 72.0 |
| EC 32 flat, 6 W | 291 | | | 39.8 | 46.6 | 53.4 | 53.4 | 60.2 | 60.2 | 67.0 | 67.0 |