

# Aandrijftechniek maan casus

Jelmer Hemstra, 1810225, Flint Wardenaar, 1771881

29 maart 2024

## Samenvatting

In dit document wordt de casus van de aandrijftechniek van de rover behandeld. Hierbij wordt gekeken naar de verschillende aandrijftechnieken en de voor- en nadelen van deze technieken.

## 1 Inleiding

In dit document wordt de casus van de aandrijftechniek van de rover behandeld.

## 2 Analyse

### 2.1 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:

Welke combinatie van motor en overbrenging, van de familie “RE25 1187xx” en “Planetary Gearhead GP xx xx” respectievelijk, is het meest geschikt als aandrijving van de “Euro Moon Rover”?

Deelvragen:

- Wat is de statische last?
- Wat is de dynamische last?
- Wat is de meest voorkomende last?

### 2.2 Eisen

Uit de opdrachtbeschrijving zijn de volgende eisen gehaald:

1. De rover moet een helling van  $20^\circ$  op en af kunnen rijden.
2. De rover moet kunnen versnellen met  $0.7[m/s^2]$  en vertragen met  $0.5[m/s^2]$ .
3. De rover moet een topsnelheid hebben van nistens  $2.1[m/s]$ .
4. De motor moet deel uitmaken van de “RE25 1187xx” familie en heeft een diameter van 25mm.
5. De overbrenging moet deel uitmaken van de “Planetary Gearhead GP xx xx” familie.

### 2.3 Gegevens

Uit de opdracht zijn de volgende gegevens gehaald:

- De massa van de de rover:  $m = 6[kg]$
- De valversnelling op de maan:  $g_m = 1.62[m/s^2]$
- De rolweerstandscoefficiënt:  $\mu_r = 0.1$
- De straal van de wielen:  $r = 0.075[m]$
- De massatraagheid van de wielen:  $J = 0.0021[kg \cdot m^2]$

Ook zijn de eisen genoteerd als gegevens:

- De maximale helling:  $\theta_{max} = 20^\circ$
- De maximale versnelling:  $a_{max} = 0.7[m/s^2]$
- De maximale snelheid:  $v_{max} = 2.1[m/s]$

### 3 Onderzoek

Om te bepalen welk type motor het beste is voor de toepassing wordt er vooral gekeken naar de last die de motor moet verdragen. De last is opgedeeld in statische en dynamische last. De statische last is de last die de motor moet verdragen als de rover een vaste snelheid heeft. De dynamische last is de last die de motor moet verdragen als de rover versnelt of vertraagt.

#### 3.1 Statische last

Er zijn twee onderdelen in de statische last, namelijk de zwaartekracht en de rolweerstand.

##### Zwaartekracht

Met de zwaartekracht wordt de kracht bedoeld die resulteert uit de kracht die de rover omlaag duwt en de normaalkracht van het oppervlakte. Deze resulterende kracht is ervoor verantwoordelijk dat de rover de helling af “wil” rollen. Deze is te berekenen met de formule:

$$F_z = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (1)$$

- $F_z$  is last die de zwaartekracht veroorzaakt in  $[N]$
- $m$  is de massa van de rover in  $[kg]$
- $g$  is de zwaartekracht in  $[m/s^2]$
- $\theta$  is de hoek van de helling in  $[rad]$

##### Rolweerstand

De rolweerstand is de kracht die het rollen tegenwerkt en is een gevolg van de frictie tussen de wielen en de grond. Deze kracht is te berekenen met de formule:

$$F_{rw} = u_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad (2)$$

- $F_{rw}$  is de last die de rolweerstand veroorzaakt in  $[N]$
- $u_r$  is de rolweerstandscoefficiënt
- $g$  is de zwaartekracht in  $[m/s^2]$
- $\theta$  is de hoek van de helling in  $[rad]$

##### Totaal statische last

De totale statische last is dan de som van de zwaartekracht en de rolweerstand:

$$F_{stat} = F_z + F_{rw} \quad (3)$$

Om de motor te selecteren moet er gekeken worden naar de koppel. Om de koppel te berekenen per motor moet de volgende formule gebruikt worden:

$$T_{stat} = \frac{F_{stat} \cdot r}{4} \quad (4)$$

Let hierbij op dat de deze last **per wiel** geldt.

#### 3.2 Dynamische last

De dynamische last volgt uit twee onderdelen: de massa van de rover en de massatraagheid van de wielen.

## Massa

De last die volgt uit de massa van de rover is te berekenen met de formule:

$$T_m = m \cdot a \cdot r \quad (5)$$

- $T_m$  is het koppel die nodig is om de rover te versnellen [Nm]
- $m$  is de massa van de rover in [kg]
- $a$  is de versnelling van de rover in [ $m/s^2$ ]
- $r$  is de straal van het wiel in [m]

## massatraagheid

De massatraagheid van de wielen is te berekenen met de formule:

$$T_{inertiawielen} = \frac{I_{wielen} \cdot a}{r_{wiel}}$$

- $T_{inertiawielen}$  is de koppel die het kost om het wiel te versnellen [Nm]
- $I_{wielen}$  is het traagheidsmoment van de wielen in [ $kg \cdot m^2$ ]
- $a$  is de versnelling van de rover in [ $m/s^2$ ]
- $r_{wiel}$  is de straal van het wiel in [m]

De totale dynamische koppel per wiel is dan de som van de massatraagheid van de rover en de massatraagheid van de wielen:

$$T_{dynamischperwiel}[Nm] = \frac{T_{inertiarover}[Nm]}{4} + T_{inertiawielen}[Nm] + T_{statischperwiel}[Nm]$$

## 3.3 Analyse van de motoren

### 3.3.1 gearbox?

## 4 Resultaten

Uitkomsten van de analyse, het onderzoek worden gepresenteerd. max 2 A4tjes

### 4.1 last

De statische en dynamische lasten zijn berekend voor verschillende hellingen. Uit deze berekeningen zijn de volgende resultaten gekomen:

Helling	-20°	-8.5°	0°	8.5°	20°
Statisch [mNm]	-45.20	-8.91	18.22	44.96	79.45
Dynamisch [mNm]	53.13	89.43	116.57	143.31	177.81

Tabel 1: Helling - Koppel

Dit is gedaan met de volgende formules:

$$T_{statisch} = \frac{r_{wiel}(m \cdot g \cdot \sin(\theta) + u_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta))}{4} = \frac{0.075(9.72 \cdot \sin(\theta) + 0.972 \cdot \cos(\theta))}{4}$$
$$T_{dynamisch} = T_{statisch} + \frac{m \cdot a \cdot r_{wiel}}{4} + \frac{I_{wielen} \cdot a}{r_{wiel}} = T_{statisch} + \frac{0.315}{4} + 0.0196$$

Deze formules zijn toegelicht in hoofdstuk 2.1.

### 4.2 Motor

De motor is gekozen aan de hand van de tabel in 3.1. Ook is er gekeken naar de gearbox daar geldt namelijk dat hoe minder verandering de gearbox hoeft te doen hoe efficiënter deze is. Hierdoor is er gekozen voor een so traag mogelijke motor binnen de RE25 1187 serie. De motor die gekozen is is de RE25 118745. Deze motor heeft een No-load speed van 4790 [rpm], een maximale efficiëntie van 90 procent en een nominale koppel van 28.7 [mNm]. De nominale snelheid van de motor is 3710 [rpm].

### 4.3 gearhead

De gearbox is gekozen aan de hand van de motor. In de datasheet van de motor worden namelijk een aantal gearboxes aangeraden. Een daarvan is degende die wij gekozen hebben, namelijk de GP 26A 406757. Deze gearbox heeft een vertanding van 5.2:1. dit zorgt voor een Nominale snelheid van 710 [rpm] en een nominale koppel van 150 [mNm]. Dit is meer dan genoeg koppel om met een constante snelheid van 2.1 [m/s] te rijden op een helling van 20 graden.

## 5 Advies

De

## RE



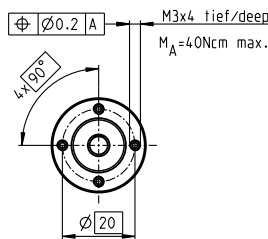
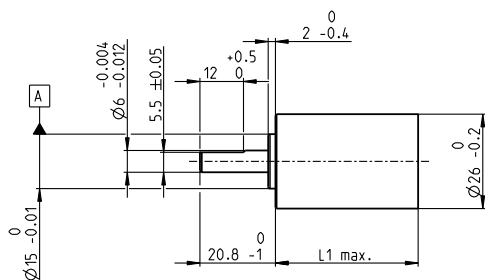
- ## Part Numbers

Specifications	Operating Range	Comments
<b>Thermal data</b> 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 -20...+85°C 22 Max. winding temperature +100°C	<b>n [rpm]</b> 	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div> <b>Continuous operation</b>            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.         </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></div> <div> <b>Short term operation</b>            The motor may be briefly overloaded (recurring).         </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="width: 20px; height: 2px; background-color: black; margin-right: 5px;"></div> <div> <b>Assigned power rating</b> </div> </div>
<b>Mechanical data (ball bearings)</b> 23 Max. speed 5500 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 800 N 28 Max. radial load, 5 mm from flange 16 N	<b>M [mNm]</b> <b>I [A]</b>	

152 maxon DC motor

# Planetary Gearhead GP 26 A Ø26 mm, 0.75–4.5 Nm

gear



M 1:2

## Technical Data

Planetary Gearhead	straight teeth
Output shaft	stainless steel, hardened
Bearing at output	preloaded ball bearings
Radial play, 5 mm from flange	max. 0.1 mm
Axial play at axial load	< 6 N 0 mm
	> 6 N max. 0.4 mm
Max. axial load (dynamic)	120 N
Max. force for press fits	120 N
Direction of rotation, drive to output	=
Max. continuous input speed	8000 rpm
Recommended temperature range	-30...+100°C
Extended range as option	-40...+100°C
Number of stages	1 2 3
Max. radial load, 12 mm from flange	70 N 110 N 140 N

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

## Part Numbers

	406757	406762	406764	406767	406128	406769	406770	406771	406092
<b>Gearhead Data</b>									
1 Reduction	5.2:1	19:1	27:1	35:1	71:1	100:1	139:1	181:1	236:1
2 Absolute reduction	57/11	359/187	3249/121	1539/44	226233/3179	204687/2057	185193/1331	87723/484	41553/176
3 Max. motor shaft diameter mm	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4 Number of stages	1	2	2	2	3	3	3	3	3
5 Max. continuous torque Nm	0.75	2.25	2.25	2.25	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
6 Max. intermittent torque at gear output Nm	1.1	3.2	3.2	3.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
7 Max. efficiency %	90	80	80	80	70	70	70	70	70
8 Weight g	53	77	77	77	93	93	93	93	93
9 Average backlash no load °	0.5	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
10 Mass inertia gcm <sup>2</sup>	0.96	0.54	0.54	0.54	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
11 Gearhead length L1 mm	23.4	32.9	32.9	32.9	39.5	39.5	39.5	39.5	39.5
13 Max. transmittable power (continuous) W	60	35	35	35	20	20	20	20	20
14 Max. transmittable power (intermittent) W	90	50	50	50	30	30	30	30	30



maxon Modular System											
+ Motor	Page	+ Sensor/Brake	Page	Overall length [mm] = Motor length + gearhead length + (sensor/brake) + assembly parts							
RE 25	144/146			78.0	87.5	87.5	87.5	94.1	94.1	94.1	94.1
RE 25	144/146	MR	478	89.0	98.5	98.5	98.5	105.1	105.1	105.1	105.1
RE 25	144/146	Enc 22	483	92.1	101.6	101.6	101.6	108.2	108.2	108.2	108.2
RE 25	144/146	HED_ 5540	486/488	98.8	108.3	108.3	108.3	114.9	114.9	114.9	114.9
RE 25	144/146	DCT 22	495	100.3	109.8	109.8	109.8	116.4	116.4	116.4	116.4
RE 25, 20 W	145			66.5	76.0	76.0	76.0	82.6	82.6	82.6	82.6
RE 25, 20 W	145	MR	478	77.5	87.0	87.0	87.0	93.6	93.6	93.6	93.6
RE 25, 20 W	145	HED_ 5540	487	87.3	96.8	96.8	96.8	103.4	103.4	103.4	103.4
RE 25, 20 W	145	DCT 22	495	88.8	98.3	98.3	98.3	104.9	104.9	104.9	104.9
RE 25, 20 W	145	AB 28	535	100.6	110.1	110.1	110.1	116.7	116.7	116.7	116.7
RE 25, 20 W	145	HED_5540/AB 28	487/535	117.8	127.3	127.3	127.3	133.9	133.9	133.9	133.9
RE 25, 20 W	146	AB 28	535	112.1	121.6	121.6	121.6	128.2	128.2	128.2	128.2
RE 25, 20 W	146	HED_ 5540/AB 28	488/535	129.3	138.8	138.8	138.8	145.4	145.4	145.4	145.4
A-max 26	171-174			68.2	77.7	77.7	77.7	84.3	84.3	84.3	84.3
A-max 26	171-174	MR	478	77.0	86.5	86.5	86.5	93.1	93.1	93.1	93.1
A-max 26	171-174	Enc 22	483	82.6	92.1	92.1	92.1	98.7	98.7	98.7	98.7
A-max 26	171-174	HED_ 5540	487/489	86.6	96.1	96.1	96.1	102.7	102.7	102.7	102.7