

Aandrijftechniek maan casus

Jelmer Hemstra, 1810225, Flint Wardenaar, 1771881

29 maart 2024

Samenvatting

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

2 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 opgedeelt in statische en dynamische last. De statische last is de last die de motor moet verdragen als de maanlander een vaste snelheid heeft. De dynamische last is de last die de motor moet verdragen als de maanlander versnelt of vertraagt.

Beschrijf de aanpak en methoden die gebruikt zijn voor het onderzoek en de evaluatie van de motoren en transmissiesystemen. Duidelijke formulering van de vraag waarop door middel van analyse/onderzoek een antwoord wordt gezocht. (max 6 A4'tjes)

2.1 Analyse van de Last

Om de last die de motor moet kunnen verdragen te bepalen wordt er gekeken naar de eisen die aan de maanlander worden gesteld. Uit de opdracht die ons gegeven is hebben we de volgende eisen opgesteld:

- De maanlander moet kunnen rijden op een helling van 20° .
- de maanlander moet versnellen met $0.7[m/s]$ en vertragen met $0.5[m/s]$.
- De maanlander moet een top snelheid kunnen halen van $2.1[m/s]$.

Ook hebben we uit de opdracht de volgende gegevens gehaald:

- De maanlander heeft een massa van $6[kg]$.
- De zwaartekracht op de maan is $1.62[m/s^2]$.
- De rolweerstandcoëfficiënt is 0.1 .
- De straal van de wielen is $0.075[m]$.
- De massatraagheid van de wielen is $0.0021[kg \cdot m^2]$.

Deze last is op te delen in een statische en dynamische last. De statische last is de last die de motor moet verdragen als de maanlander een vaste snelheid heeft. De dynamische last is de last die de motor moet verdragen als de maanlander versnelt of vertraagt.

2.1.1 Statische last

Er zijn twee onderdelen in de statische last namelijk de zwaartekracht en de rolweerstand. De zwaartekracht is te berekenen met de formule:

$$F_{\text{zwaartekracht}} = m \cdot g \cdot \sin(\theta)$$

- $F_{\text{zwaartekracht}}$ is last die de zwaartekracht veroorzaakt in $[N]$
- m is de massa van de maanlander in $[kg]$
- g is de zwaartekracht in $[m/s^2]$
- θ is de hoek van de helling in $[rad]$

De rolweerstand is te berekenen met de formule:

$$F_{rolweerstand} = u_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta)$$

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

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

$$F_{statisch}[N] = F_{zwaartekracht}[N] + F_{rolweerstand}[N]$$

Maar 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:

$$T_{statischperwiel}[Nm] = \frac{F_{statisch}[N] \cdot r_{wiel}[m]}{4}$$

2.1.2 Dynamische last

De dynamische last is de last die de motor moet verdragen als de maanlander versnelt of vertraagt. Deze last bestaat uit twee onderdelen: de massatraagheid van de maanlander en de massatraagheid van de wielen. De massatraagheid van de maanlander is te berekenen met de formule:

$$T_{inertiamaanlander} = m \cdot a \cdot r_{wiel}$$

- $T_{inertiamaanlander}$ is koppel die het kost om de maanlander te versnellen $[Nm]$
- m is de massa van de maanlander in $[kg]$
- a is de versnelling van de maanlander in $[m/s^2]$
- r_{wiel} is de straal van het wiel in $[m]$

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 maanlander 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 maanlander en de massatraagheid van de wielen:

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

2.2 Analyse van de motoren

2.2.1 gearbox?

3 Resultaten

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

3.1 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.

3.2 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 veranding 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].

3.3 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 veranding 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.

4 Advies

De

RE



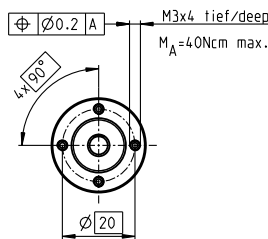
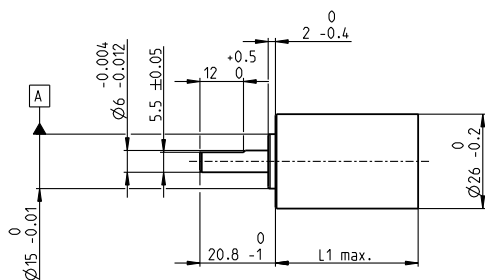
- ## Part Numbers

| Specifications | Operating Range | Comments |
|--|--------------------------------|--|
| 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 -20...+85°C 22 Max. winding temperature +100°C | n [rpm] | <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div> 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. </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> Short term operation 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> Assigned power rating </div> </div> |
| Mechanical data (ball bearings) 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 | M [mNm] I [A] | |

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 |
|--|--------|---------|----------|---------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| Gearhead Data | | | | | | | | | |
| 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 ² | 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 |
| RE 25 | 144/146 | MR | 478 | 89.0 | 98.5 | 98.5 | 98.5 | 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 |
| RE 25 | 144/146 | HED_ 5540 | 486/488 | 98.8 | 108.3 | 108.3 | 108.3 | 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 |
| RE 25, 20 W | 145 | | | 66.5 | 76.0 | 76.0 | 76.0 | 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 |
| RE 25, 20 W | 145 | HED_ 5540 | 487 | 87.3 | 96.8 | 96.8 | 96.8 | 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 |
| RE 25, 20 W | 145 | AB 28 | 535 | 100.6 | 110.1 | 110.1 | 110.1 | 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 |
| RE 25, 20 W | 146 | AB 28 | 535 | 112.1 | 121.6 | 121.6 | 121.6 | 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 |
| A-max 26 | 171-174 | | | 68.2 | 77.7 | 77.7 | 77.7 | 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 |
| A-max 26 | 171-174 | Enc 22 | 483 | 82.6 | 92.1 | 92.1 | 92.1 | 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 |