

Abstract

In dit document wordt de casus van de aandrijftechniek van de “Euro Moon Rover” behandeld. Hierbij zullen de nominale en maximale lasten in kaart worden gebracht. Op basis van het onderzoek zal er een keuze worden gemaakt in het te gebruiken motor en overbrenging.

1 Analyse

1.1 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?

1.2 Eisen

Uit de opdrachtsbeschrijving zijn de volgende eisen gehaald:

1. De rover moet een helling van 20° 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 minstens $2.1[m/s]$.
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.

1.3 Gegevens

Uit de opdracht zijn de volgende gegevens gehaald:

- De massa van de rover: $m = 6[kg]$
- De valversnelling op de maan: $g_m = 1.62[m/s^2]$
- De rolweerstandcoëfficiënt: $\mu_r = 0.1$
- 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: $v_{max} = 2.1[m/s]$

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 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.

$$T_{tot} = T_{stat} + T_{dyn} \quad (1)$$

2.1 Statistische 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:

$$F_z = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (2)$$

- F_z is last die de zwaartekracht veroorzaakt in $[N]$
- m is de massa van de rover in $[kg]$
- g is de zwaartekracht in $[m/s^2]$
- θ 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:

$$F_{rw} = u_r \cdot m \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad (3)$$

- F_{rw} is de last die de rolweerstand veroorzaakt in $[N]$
- u_r is de rolweerstandscoefficiënt
- g is de zwaartekracht in $[m/s^2]$
- θ 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:

$$F_{stat} = F_z + F_{rw} \quad (4)$$

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:

$$T_{stat} = \frac{F_{stat} \cdot r}{4} \quad (5)$$

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

2.2 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:

$$T_m = m \cdot a \cdot r \quad (6)$$

- 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 **per wiel** is te berekenen met de formule:

$$T_J = \frac{J \cdot a}{r} \quad (7)$$

- T_J is het koppel dat nodig is voor de hoekversnelling van het wiel, in $[Nm]$
- J is het traagheidsmoment van de wielen, in $[kg \cdot m^2]$
- a is de versnelling van de rover, in $[m/s^2]$
- r is de straal van het wiel, in $[m]$

Totaal dynamische last

De totale dynamische last koppel **per wiel** is beschreven met de formule:

$$T_{dyn} = \frac{T_m}{4} + T_J \quad (8)$$

2.3 Meest voorkomende last

Omdat de rover op zonne energie zal gaan rijden, is het belangrijk dat de energie efficiënt gebruikt wordt. Door te onderzoeken welke last het meeste voorkomt, kan de motor en overbrenging zo worden gekozen om het meest efficiënt te werken voor die last. In lastberekeningen zijn maar drie variabelen: snelheid, versnelling en hellingshoek.

Dynamiek

We gaan ervan uit dat de rover altijd probeert om zijn maximale snelheid te rijden. De rover zal op zijn langst 7 seconden in versnelling zijn. 4 seconden vertragen en dan 3 seconden versnellen. We maken de aanname dat de gemiddelde reistijd van de rover vele malen groter zal zijn dan die 7 seconden. Om deze reden optimaliseren we de efficiëntie enkel op de statische last.

Terein

Om een inschatting te maken over het terrein op de maan is er een schriftelijk onderzoek gedaan. Uit dit onderzoek is een publicatie van NASA gevonden uit 1969 (nasa sp-8023, 1969), waarin de eigenschappen van het maanlandschap worden beschreven. In de grafiek in figuur 1 is te zien hoe groot de gemiddelde helling is op de maan. Door te kijken naar de kleinste hellinglengte en het nominale landschap, zien we dat de gemiddelde helling zo'n 8.5° is.

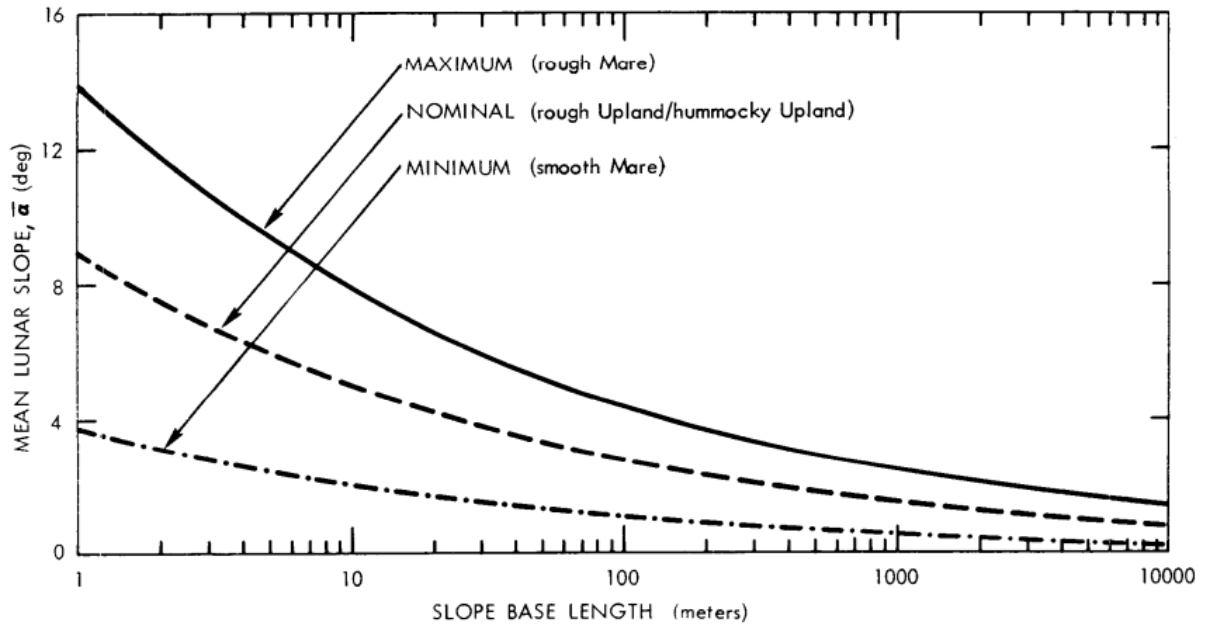


Figure 1: Variatie gemiddelde maanhelling

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

Table 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

4 Advies

Aan de hand van het onderzoek en de bijbehorende resultaten wordt een onderbouwd advies uitgebracht. max 1 A4tje