

Meting zonnepaneel

Om de beste overbrengingsverhouding te berekenen, moet de diodefactor van het zonnepaneel gekend zijn. Deze wordt bepaald door het zonnepaneel te schakelen aan een weerstand. Een multimeter meet de spanning en de stroom over het paneel voor verschillende weerstandswaarden. Met volgende formules wordt de diodefactor en het vermogen berekend van deze waarden.

Voorbeeld berekening diodefactor:

$$I = I_{sc} - I_s * \left(e^{\frac{U}{m * N * U_T}} - 1 \right)$$

Als voorbeeld wordt deze formule uitgewerkt bij een spanning van 7 V en 0,76 A:

- $0,76 = 0,94 - 10^{-8} * \left(e^{\frac{7}{m * 15 * 0,0254}} - 1 \right)$
- $18 * 10^6 = e^{\frac{7}{m * 15 * 0,0254}} - 1$
- $16,7 = \frac{7}{m * 15 * 0,0254}$
- $m = 1,1$

Berekenen vermogen:

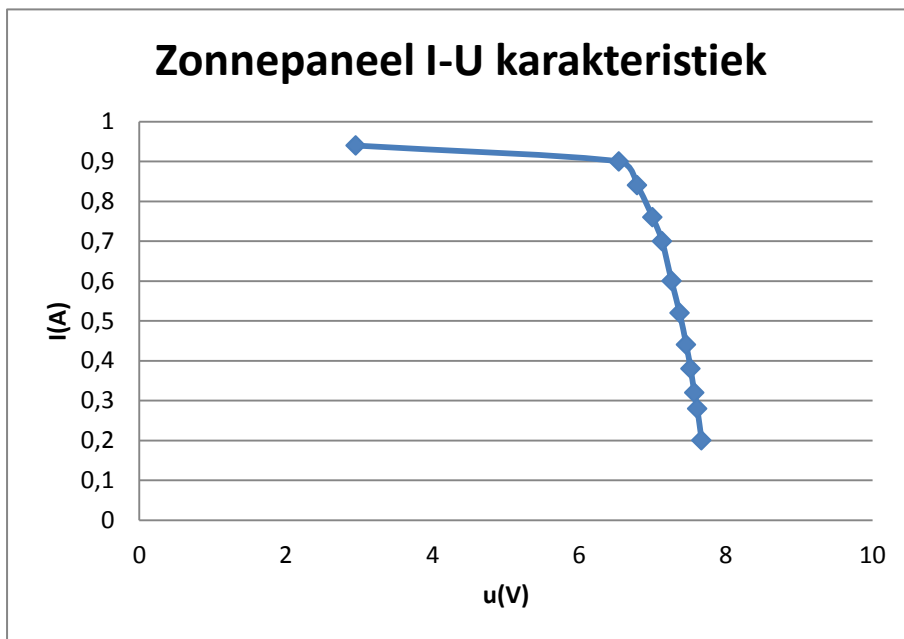
$$P = U * I$$

Resultaten

U (V)	I (A)	m	P(W)
2,95	0,94	/	2,773
6,54	0,9	1,13	5,886
6,79	0,84	1,065	5,7036
7	0,76	1,1	5,32
7,13	0,7	1,1	4,991
7,26	0,6	1,099	4,356
7,37	0,52	1,102	3,8324
7,46	0,44	1,104	3,2824
7,52	0,38	1,106	2,8576
7,57	0,32	1,107	2,4224
7,61	0,28	1,109	2,1308
7,67	0,2	1,111	1,534
Gemiddeld		m=1,103	

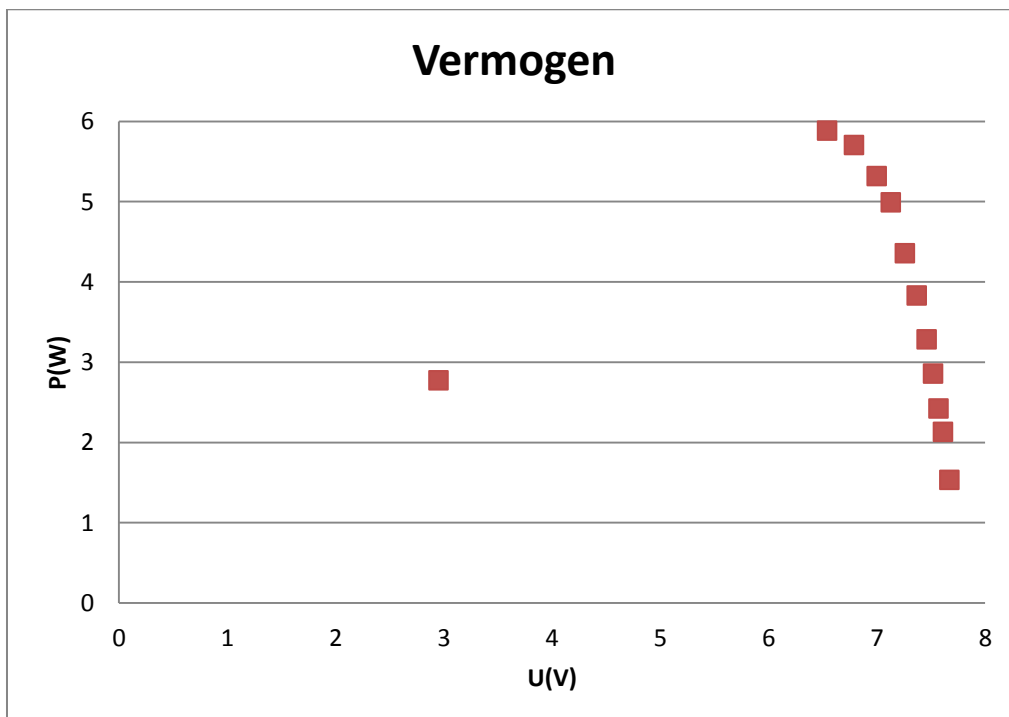
Tabel 1: Resultaten van de metingen op het zonnepaneel

Met deze gegevens is de I-U karakteristiek van het zonnepaneel opgesteld.



Grafiek 1: I-U karakteristieken

Het maximale vermogen bedraagt 5,886 W. Dit wordt bereikt bij een stroom van 0,9 A en een spanning van 6,54 V.



Grafiek 2: Vermogen van het zonnepaneel in functie van de spanning

De diodefactor van het zonnepaneel bedraagt 1,103. Het maximale vermogen van het zonnepaneel bedraagt 5,886 W.

Optimale overbrengingsverhouding

De maximale overbrengingsverhouding wordt op twee verschillende manieren bepaald, via het simulatieprogramma Matlab en via een numerieke benadering met Excel.

Methode 1: Mat-lab simulatie

Om de overbrengingsverhouding van het wagentje te berekenen is er gestart met de gegeven parameters in de energy_func.m aan te passen (zie figuur 3).

```
1      %%% x is position
2
3      function dx = f(t,x)
4
5      a=0.1244;
6      M=1;
7      g=9.81;
8      Ce=8.9285e-4;
9      r=0.04;
10     Crr=0.005;
11     ratio=7;
12     Cw=0.5;
13     A=0.02;
14     p=1.293;
15     Isc=0.94;
16     Is=1e-8;
17     Ur=0.0257;
18     m=1.1;
19     N=15;
20     R=3.32;
21
```

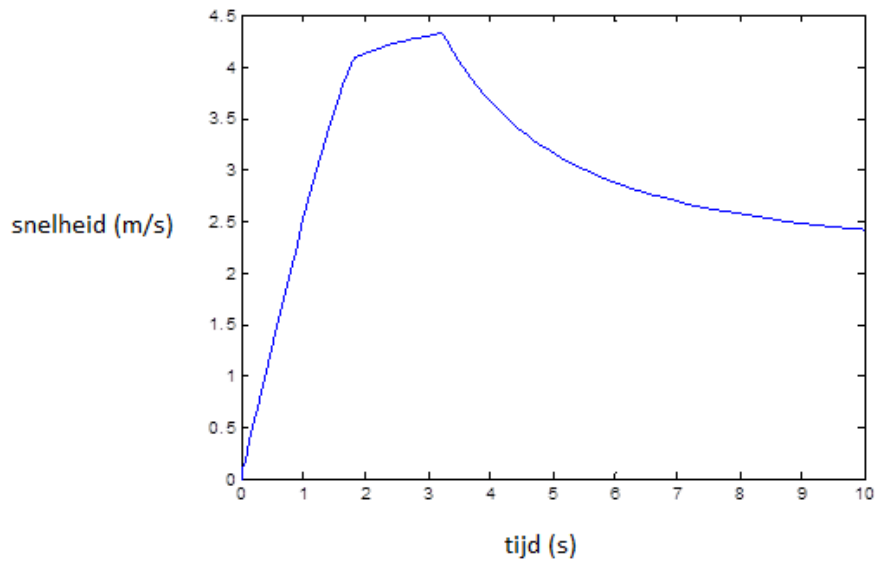
Figuur 1: Parameters in het Matlabbestand energy_func.m

In het bestand func.m zijn ook de nodige parameters aangepast (zie figuur 4).

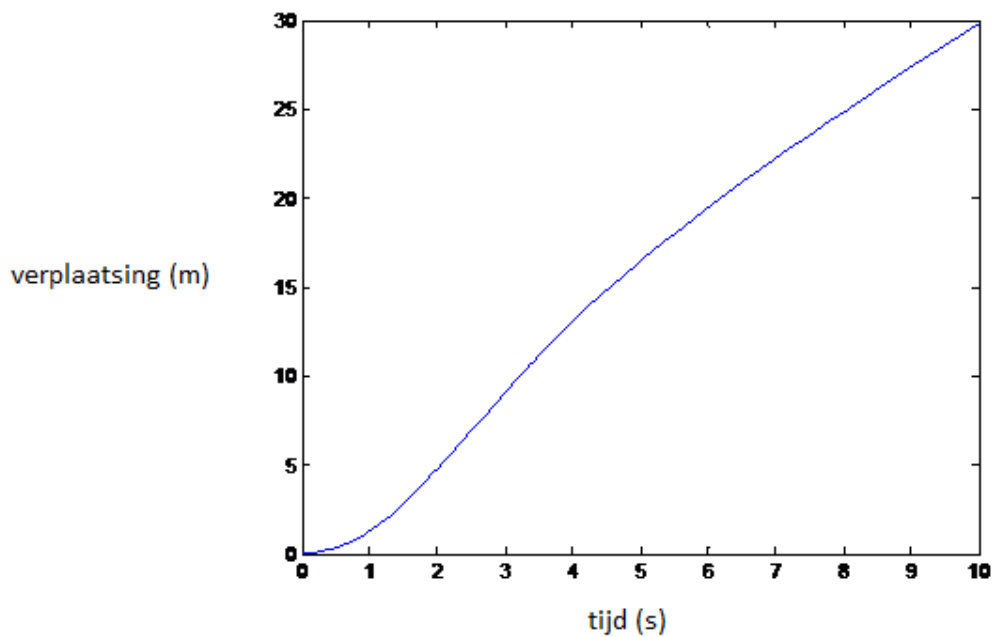
```
1      function f =func(var,vel)
2
3      U=var;
4
5      Isc=0.94;
6      Is=1e-8;
7      Ur=0.0257;
8      m=1.1;
9      N=15;
10     R=3.32;
11
12     Ce=8.9285e-4;
13     r=0.04;
14     ratio=7;
15
```

Figuur 2: Parameters in het matlabbestand func.m

Vervolgens zal Matlab deze bestanden uitvoeren. De resultaten van deze simulatie zijn te zien in grafiek 3 en 4. Grafiek 3 toont de snelheid-tijd curve voor een overbrengingsverhouding van 7, grafiek 4 toont dan weer de verplaatsing-tijd curve voor een overbrengingsverhouding van 7. Deze simulatie is uitgevoerd voor verschillende overbrengingsverhoudingen. Uit de verschillende grafieken is de optimale overbrengingsverhouding bepaald. Uit deze onderzoeken blijkt dat 7 de beste overbrengingsverhouding is.



Grafiek 3: Snelheid-tijd curve



Grafiek 4: Verplaatsing-tijd curve

Het parcours dat de SSV moet afleggen is 14 meter lang. Op de verplaatsing-tijd curve is te zien dat deze afstand in iets meer de 4.3 seconden is afgelegd. De topsnelheid bedraagt net geen 4.324 m/s.

Methode 2: numerieke berekening met Excel

De tweede methode die gebruikt wordt om de overbrengingsverhouding te simuleren is met Excel. Er wordt gebruik gemaakt van een overbrengingsverhouding van 7 en dezelfde parameters als bij methode 1 om de Lagrange vergelijking op te stellen. Dit is uitgevoerd voor een benaderingsinterval van 0,1 s en voor een benaderingsinterval van 0,2s.

De Lagrange vergelijking: $a(t) = g(\sin(\alpha) - \cos(\alpha) \times C_{rr}) + l(t) \times E(t)/(M \times v(t)) - 3C_w A \rho \times v^2(t)/2M$

Met :

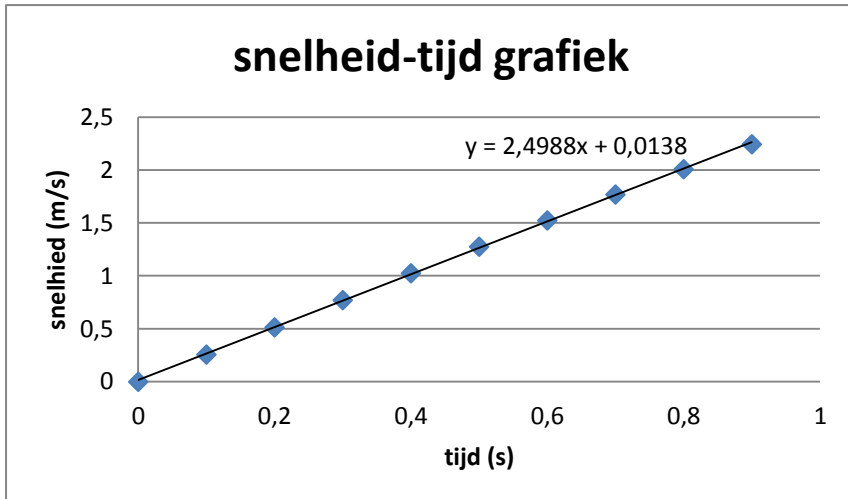
- g = valversnelling (9,81 m/s²)
- α = hoek van de helling
- C_{rr} = rolweerstandcoëfficiënt
- $l(t)$ = stroomsterkte
- $E(t)$ = EMF
- M = totale massa van het wagentje
- $v(t)$ = snelheid
- C_w = luchtweerstandcoëfficiënt
- A = frontale oppervlakte
- ρ = dichtheid van lucht

Tijdsinterval 0,1s

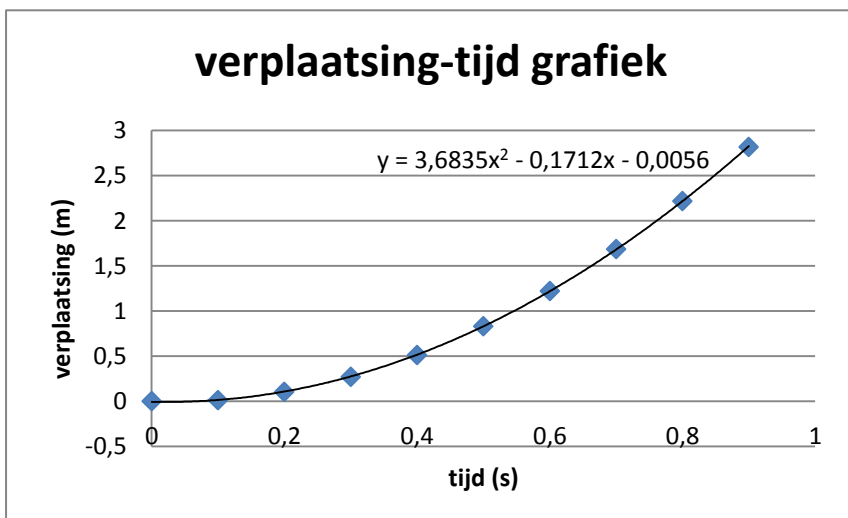
Voor dit tijdsinterval wordt er een tabel opgemaakt (tabel 3) en met Excel is vervolgens de snelheid-tijd curve (grafiek 5) en de verplaatsing-tijd curve (grafiek 6) opgesteld.

t(s)	a(m/s ²)	v(m/s)	s(m)	E(V)	I(A)
0	2,57109	0	0	0	0,94
0,1	2,569781	0,257109	0,012855	0,383623	0,939982
0,2	2,565928	0,513956	0,102817	0,766856	0,939974
0,3	2,55954	0,769778	0,269654	1,14856	0,939962
0,4	2,550677	1,023816	0,512675	1,527601	0,939945
0,5	2,539423	1,275339	0,830743	1,902889	0,939919
0,6	2,525889	1,523654	1,222299	2,273392	0,939883
0,7	2,510205	1,768123	1,685401	2,638155	0,939832
0,8	2,492516	2,008164	2,217764	2,996312	0,939759
0,9	2,47298	2,243264	2,816816	3,347098	0,939658

Tabel 2: Resultaten voor tijdsinterval 0,1s



Grafiek 5: Snelheid-tijd grafiek voor tijdsinterval 0,1s.



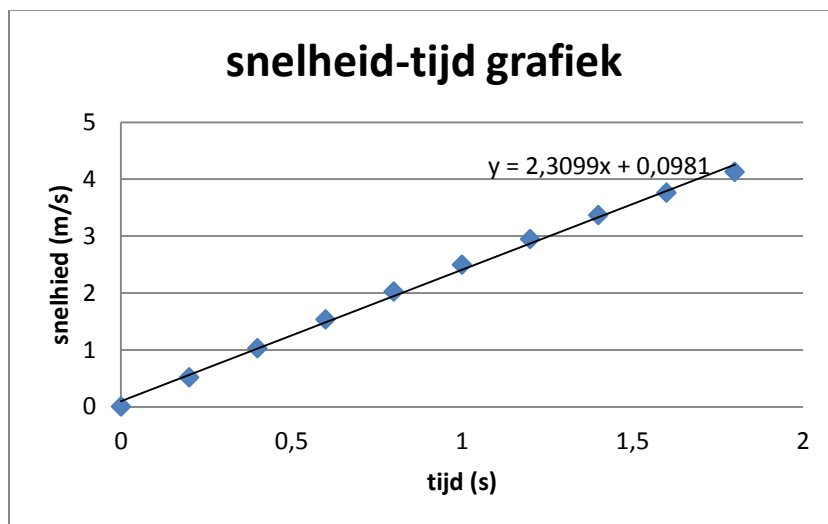
Grafiek 6: Verplaatsing-tijd grafiek voor tijdsinterval 0,1s

Tijdsinterval 0,2 s

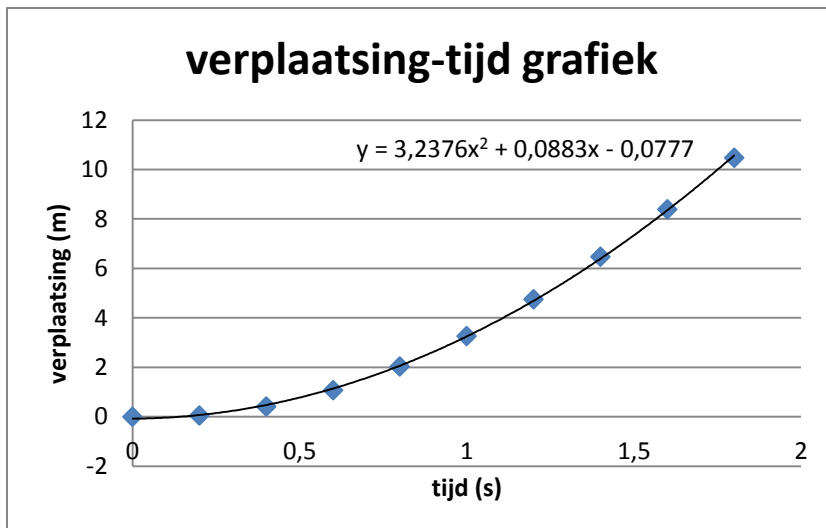
Ook voor dit tijdsinterval is er een tabel opgesteld (tabel 4) en met Excel is dan de snelheid-tijd curve (grafiek 7) en de verplaatsing-tijd curve (grafiek 8) opgesteld.

t(s)	a(m/s ²)	v(m/s)	s(m)	E(V)	I(A)
0	2,57109	0	0	0	0,94
0,2	2,565922	0,514218	0,051422	0,767247	0,939974
0,4	2,550575	1,026369	0,410961	1,53141	0,939944
0,6	2,525491	1,530345	1,074925	2,283375	0,939882
0,8	2,491554	2,020393	2,032433	3,014559	0,939755
1	2,44995	2,491554	3,26617	3,717562	0,939505
1,2	2,402015	2,93994	4,753829	4,386584	0,939036
1,4	2,349066	3,362821	6,469892	5,01755	0,938194
1,6	2,292278	3,758506	8,387319	5,607937	0,936762
1,8	2,232625	4,1261	10,4788	6,156412	0,934457

Tabel 3: Resultaten voor tijdsinterval 0,2s.



Grafiek 7: Snelheid-tijd curve voor tijdsinterval 0,2s.



Grafiek 8: Verplaatsing-tijd grafiek voor tijdsinterval 0,2s.

Besluit

Na het onderzoeken van de verschillende verhoudingen via Excel en Matlab, is uit de grafiek afgeleid dat de beste overbrengingsverhouding 7 bedraagt. Bij deze overbrengingsverhouding is de snelheid/verplaatsing-tijd curve het best. Onze bedoeling is namelijk zo snel mogelijk aan de optimale snelheid te komen en deze vervolgens constant te houden.

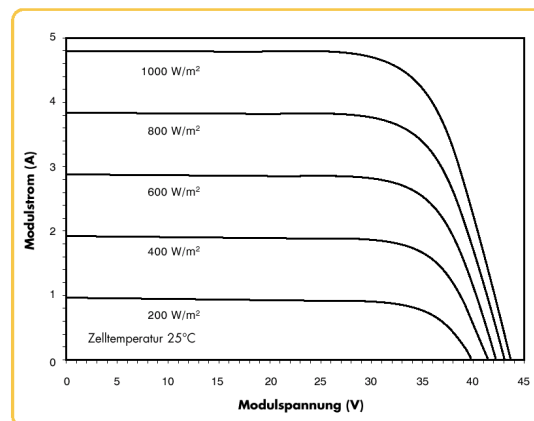
Sankey diagrammen

In dit deel van het rapport is er gekeken naar het gedrag van de onderdelen en de rendementen. Het diagram geeft weer hoe de energiestromen zijn binnen de SSV. Het diagram wordt twee keer opgesteld, één keer op topsnelheid en één keer op het vlakke stuk van het parcours.

Op topsnelheid:

Input

- Opp. van 1 zonnecel:
 $6,4 \text{ cm} * 4,1 \text{ cm} = 26,24 \text{ cm}^2 = 0,002624 \text{ m}^2$
- Opp van 15 zonnecellen:
 $0,002624 \text{ m}^2 * 15 = 0,03936 \text{ m}^2$
- Instraling van de zon waarbij het zonnepaneel zijn piekvermogen bereikt:
 1000 W/m^2
- Maximaal vermogen:
 $1000 \text{ W/m}^2 * 0,03936 \text{ m}^2 = 39,39 \text{ W}$



Figuur 3: Karakteristieken van het zonnepaneel

Verliezen diffuus zonlicht

Het inkomende vermogen van de zon is op 1000 W/m^2 geschat. Daarbij is echter geen rekening gehouden met de weerkaatsing. Deze weerkaatsingverliezen zijn geschat op 25%.

$$39,39 \cdot 0,75 = 29,5425 \text{ W}$$

Het vermogen dat het zonnepaneel krijgt van de zon is $29,5425 \text{ W}$.

Het zonnepaneel heeft een bepaald rendement, niet al het zonlicht kan worden omgezet naar mechanische energie. Om het rendement van het zonnepaneel te bepalen, zijn de verliezen berekend bij topsnelheid. Aangezien er bij topsnelheid geen vermogen meer geleverd moet worden aan de versnelling en alle andere verliezen gekend zijn, is dit de ideale situatie om het rendement te berekenen.

Mechanische verliezen

➤ Rolweerstand

$$U_r = 0,010$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$F_{rr} = m \cdot g \cdot u_r = 0,0981 \text{ N}$$

➤ Luchtweerstand

$$\rho = \text{dichtheid van lucht: } 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht: } 4,324 \text{ m/s}$$

$$A = \text{loodrechte oppervlakte: } 0,02 \text{ m}^2$$

$$C_w = \text{weerstandscoefficiënt : } 0,8$$

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_w = 0,193 \text{ N}$$

➤ Lagerweerstand

$$C_{wl} = \text{wrijvingscoefficient: } 0,001$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht: } 4,324 \text{ m/s}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$F_{wl} = m \cdot g \cdot v \cdot C_{wl} = 0,0424 \text{ N}$$

➤ Totale vermogensverliezen

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0,33 \cdot 4,324 = 1,43 \text{ W}$$

Elektrische verliezen

➤ Weerstand van de geleider

L= lengte van geleider: 15 cm

A= oppervlakte van geleider: 3,5 mm²

P= soortelijke weerstand: 1,67 E-8 Ωm

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} = 7,16 \cdot 10^{-5} \Omega$$

➤ Vermogensverlies in de geleider

I= stroom door geleider : 0,9 A

R=weerstand van de geleider: 7,16*10⁻⁵ Ω

$$P = I^2 \cdot R = 5,8 \cdot 10^{-5} W$$

Bepaling rendement zonnepaneel

Bij optimale snelheid gaat er dus een deel van het een vermogen naar de schakeling en mechanica.

$$P = 5,8 \cdot 10^{-5} + 1,43 = 1,430058 W$$

Om het rendement van het zonnepaneel te bepalen, zijn er buiten de mechanische en elektrische verliezen ook nog de verliezen van de motor en de overbrenging.

Rendement tandwieloverbrenging

Voor de tandwieloverbrenging is geen datasheet ter beschikking. Aangezien onze tandwielen vrij goed op elkaar zijn geplaatst maar niet erg duur zijn worden onze verliezen door de overbrenging op 20% geschat.

$$\frac{1,43}{0,8} = 1,79 W$$

Rendement motor

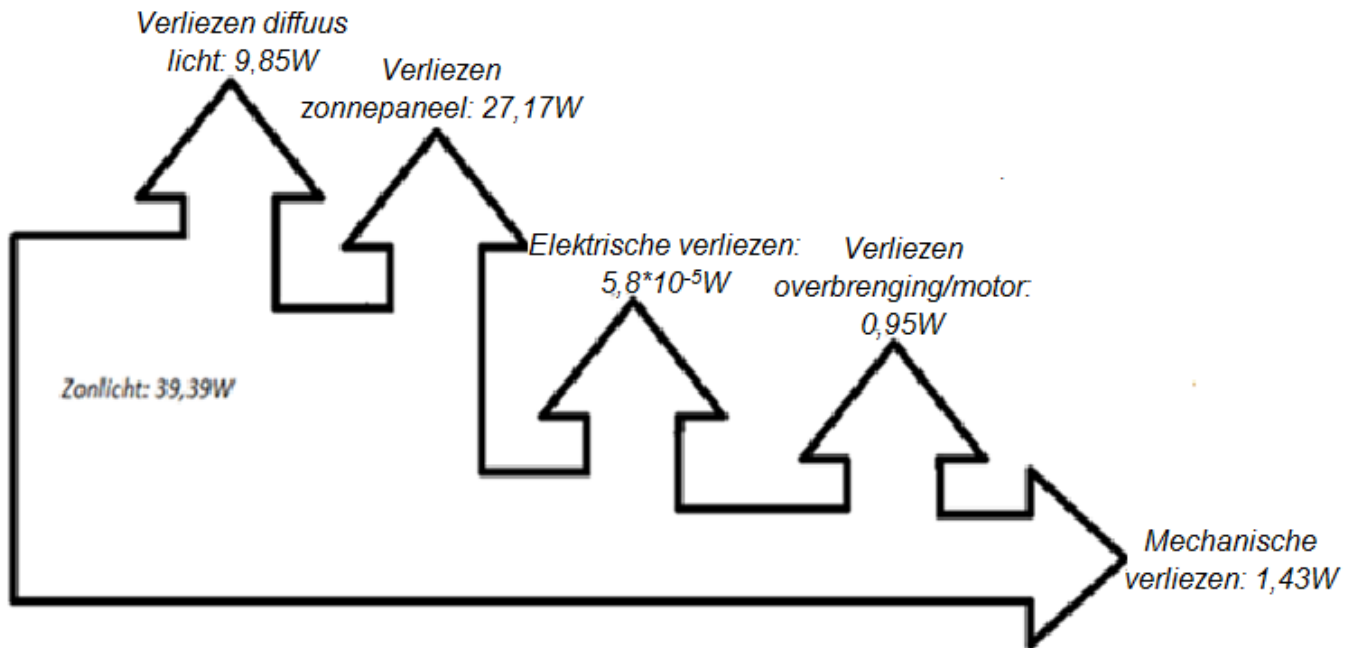
Volgens de datasheet van de motor is het maximale rendement gelijk aan 84%. Omdat dit alleen bij maximaal toerental is en dit waarschijnlijk niet heel de race het geval gaat zijn is er gekozen voor een verlies van de motor van 25%.

$$\frac{1,79}{0,75} = 2,39 W$$

Zoals eerder berekend, krijgt het zonnepaneel een vermogen van 29,54 W. Aan de uitgang van het zonnepaneel wordt echter 1,16W gebruikt. Het rendement van het zonnepaneel bedraagt dan:

$$\eta = \frac{2,39}{29,54} = 0,0809 = 8,09 \%$$

Sankey diagram bij topsnelheid:



Figuur 4: Sankey diagram op topsnelheid

Net op het vlakke stuk

Doordat de wagen op het vlakke stuk rijdt en geen invloed ondervindt van de afdaling, zal de snelheid dalen. Hierdoor verminderen de mechanische verliezen, de rest van de verliezen blijven gelijk. Het overige vermogen wordt gebruikt als nuttig vermogen. Dit nuttig vermogen wordt gebruikt voor de versnelling.

Mechanische verliezen

➤ Rolweerstand

$$U_r = 0,010$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$F_{rr} = m \cdot g \cdot u_r = 0,0981$$

➤ Luchtweerstand

$$\rho = \text{dichtheid van lucht: } 1,293 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht: } 3,5 \text{ m/s}$$

$$A = \text{loodrechte oppervlakte: } 0,02 \text{ m}^2$$

$$C_w = \text{weerstandscoefficiënt: } 0,8$$

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_w = 0,127 \text{ N}$$

➤ Lagerweerstand

$$C_{wl} = \text{wrijvingscoëfficiënt: } 0,001$$

$$v = \text{snelheid van voorwerp tegenover de lucht } 3,5 \text{ m/s}$$

$$m = 1 \text{ kg}$$

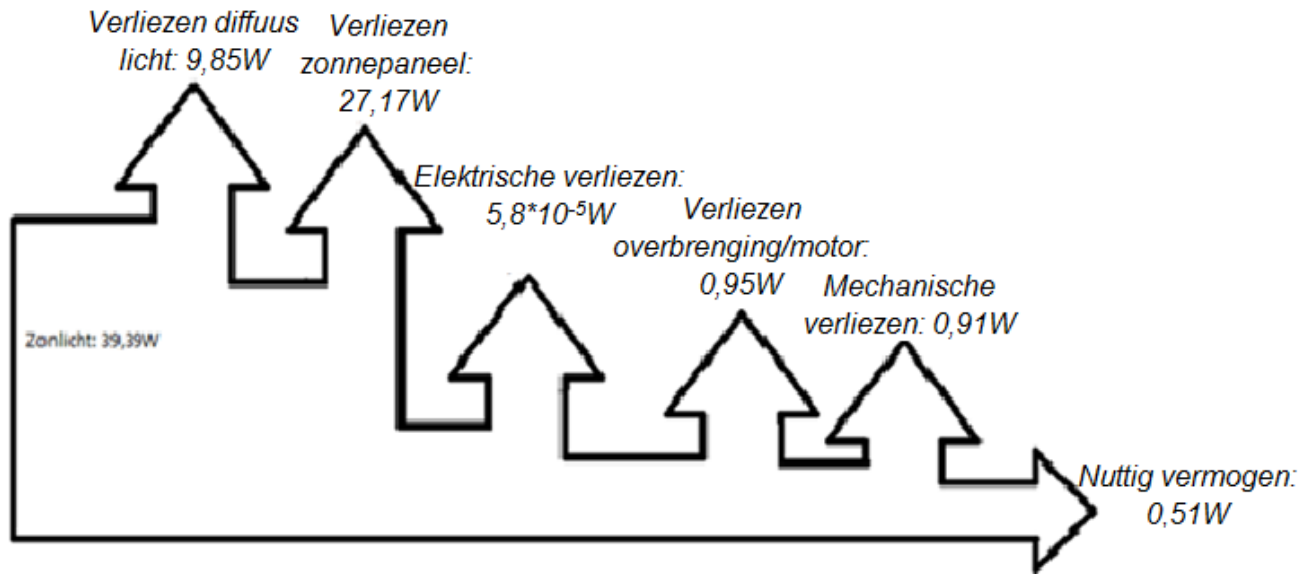
$$F_{wl} = m \cdot g \cdot v \cdot C_{wl} = 0,034 \text{ N}$$

➤ Totale vermogensverliezen

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0,2594 \cdot 3,5 = 0,91 \text{ W}$$

Sankey diagram op vlakke stuk

Het Sankey diagram ziet er dan als volgt uit. Er is te zien dat hier niet alle energie opgebruikt is. Er is nog een deel voor de versnelling.

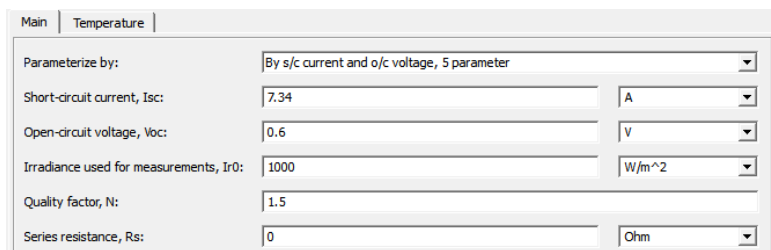


Figuur 5: Sankey diagram wanneer het autootje net op het vlakke stuk is.

Case Simulink

Voor Case Simulink waren er twee opdrachten opgegeven. In de eerste opdracht wordt de optimale weerstand gesimuleerd waarbij het zonnepaneel maximaal vermogen levert. Met de weerstand wordt hier dus de motor bedoeld die het wagentje aandrijft. De tweede opdracht bestaat uit het simuleren hoe ver de wagen zal geraken zonder dat het wordt aangedreven, dus gewoon door de zwaartekracht. De wagen legt wel degelijk een afstand af op het parcours want er wordt gestart op een afdaling. Later is de tweede opdracht ook echt getest en wordt de simulatie vergeleken met de werkelijkheid. Mogelijke verschillen worden dan besproken.

Simulink is een deelprogramma van Matlab. In Simulink kan men een schakeling bouwen die in dit geval de werking van de wagen nabootst. Er zijn allerlei componenten toegevoegd aan de schakeling om een zo juist mogelijke simulatie te verwezenlijken. De meeste componenten in Simulink kunnen helemaal aangepast worden door bepaalde waarden te veranderen. Zoals bijvoorbeeld bij de zonnecel (zie figuur 8).

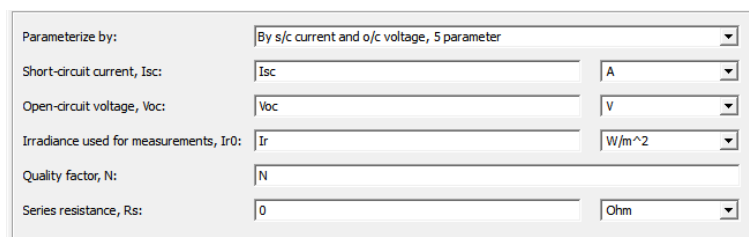


Parameterize by:	By s/c current and o/c voltage, 5 parameter	
Short-circuit current, Isc:	7.34	A
Open-circuit voltage, Voc:	0.6	V
Irradiance used for measurements, Ir0:	1000	W/m ²
Quality factor, N:	1.5	
Series resistance, Rs:	0	Ohm

Hier kunnen de waarden worden aangepast

Figuur 6: Waarden veranderen bij een zonnecel.

De werkelijke simulatie gebeurt eigenlijk in Matlab, hierin wordt een programma geschreven om te simuleren wat er gezocht wordt (hoever geraakt de wagen zonder aandrijving en welke weerstand geeft een maximaal vermogen). De waarden die besproken zijn in bovenstaande tekst worden vervangen door parameters die in Matlab gedefinieerd zijn, op deze manier wordt de Simulink schakeling aangesproken door de Matlab file. Zoals te zien is in onderstaande afbeelding.

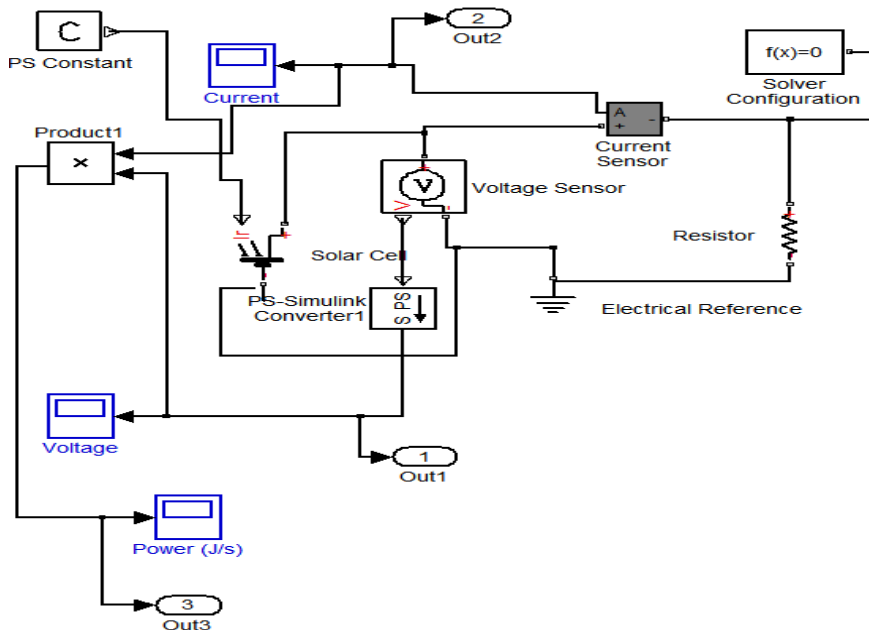


Parameterize by:	By s/c current and o/c voltage, 5 parameter	
Short-circuit current, Isc:	Isc	A
Open-circuit voltage, Voc:	Voc	V
Irradiance used for measurements, Ir0:	Ir	W/m ²
Quality factor, N:	N	
Series resistance, Rs:	0	Ohm

Figuur 7: Parameters voor Matlab

De Matlab files zijn reeds gemaakt door de coaches en staan op Toledo, ook de Simulink schakeling is makkelijk na te bouwen door de voorbeeld filmpjes op Toledo.

Opdracht 1: Bepaal de waarde van de weerstand(10Ω tot 100Ω) zodat het zonnepaneel maximaal vermogen levert.



Figuur 8: Simulink schakeling van de eerste opdracht

Dit is de Simulink schakeling van de eerste opdracht. Er zijn sensoren zichtbaar die voor de nodige metingen zorgen. In het midden is de zonnecel geschakeld en rechts is de weerstand geschakeld die wordt bepaald. Bij deze schakeling hoort een Matlab programma.

```

1 - clear all;
2 - close all;
3
4 - %% Solar Power
5 - Ir = 1000 ; % solar irradiance [W/m^2]
6 - Is = 1e-8 ; % saturation current [ A/m^2]
7 - Isc = 0.94 ; %short circuit current [A]
8 - Voc = 8.8/15; %Open circuit voltage [V]
9 - Ir0=700; %irradiance used for measurements [W/m^2]
10 - N = 1.1; %diode quality factor
11
12
13 - V=[];
14 - I=[];
15 - P=[];
16
17 - for R=1:10:100
18
19 -     sim('Case1_a',10); % Simulate Simulink model "Solar_cell.mdl" for 10 sec.
20
21 -     V= [V yout(end,1)];
22 -     I=[I yout(end,2)];
23 -     P=[P yout(end,3)];
24
25 - end
26
27
28 - figure(1)
29 - plot(V,I,'b*');
30 - ylabel('I');
31 - xlabel('V');
32
33 - figure(2)
34 - plot(V,P,'r*');
35 - ylabel('P');
36 - xlabel('V');
37
38
39

```

Figuur 9: de Matlab file

Bovenaan in de Matlab file zijn de parameters bepaald die communiceren met de Simulink file.

In het midden wordt de meting bepaald.

```
for R=1:10:100
    sim('Case1_a',10); % Simulate Simulink model "Solar_cell.mdl" for 1
    V= [V yout(end,1)];
    I=[I yout(end,2)];
    P=[P yout(end,3)];
end
```

Figuur 10

Dit is een for loop die de weerstand laat variëren van 10 tot 100 Ohm, met sprongen van 1. 'Case1a' duidt op de Simulink file.

Verder wordt er nog een grafiek gesimuleerd waarmee te vinden is wat de weerstand is voor maximale overbrenging.

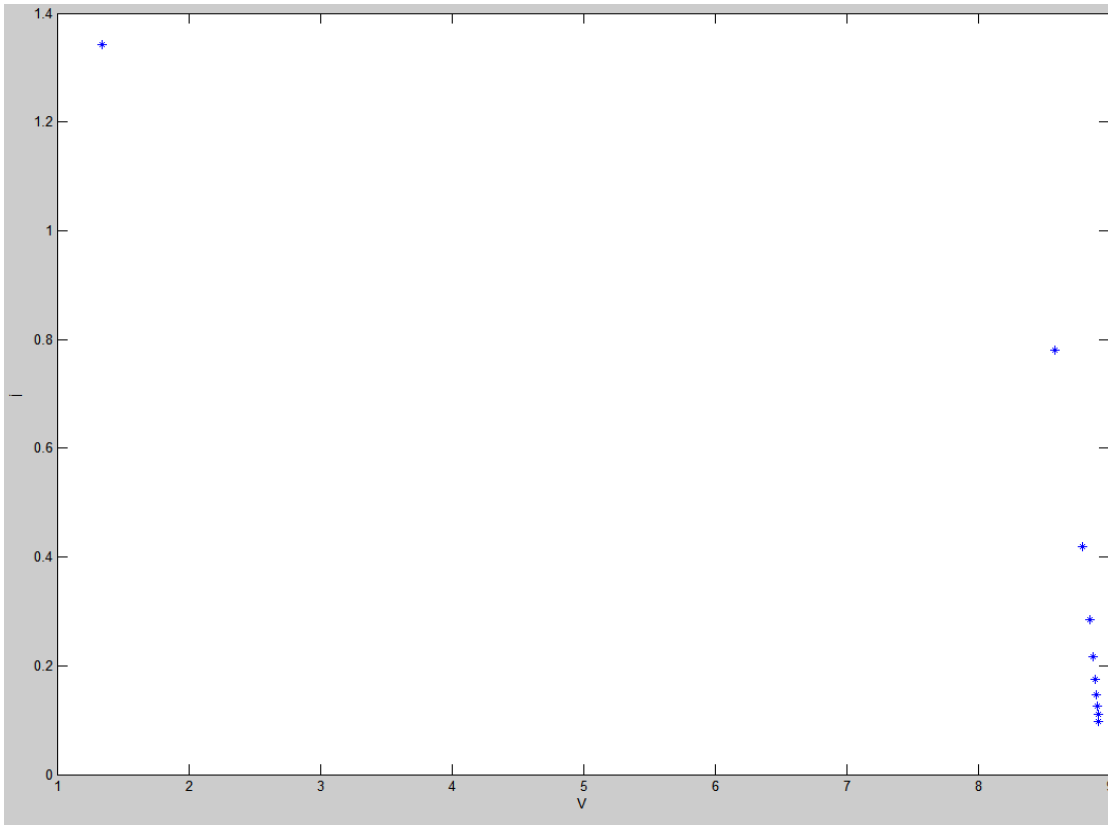
Nadat alles is gebouwd, kan het programma gestart worden en bekomen we twee grafieken. Stroom i.f.v. de spanning en vermogen i.f.v. de spanning.

Uit deze grafieken wordt dan de weerstand berekend, de berekening wordt hieronder weergegeven.

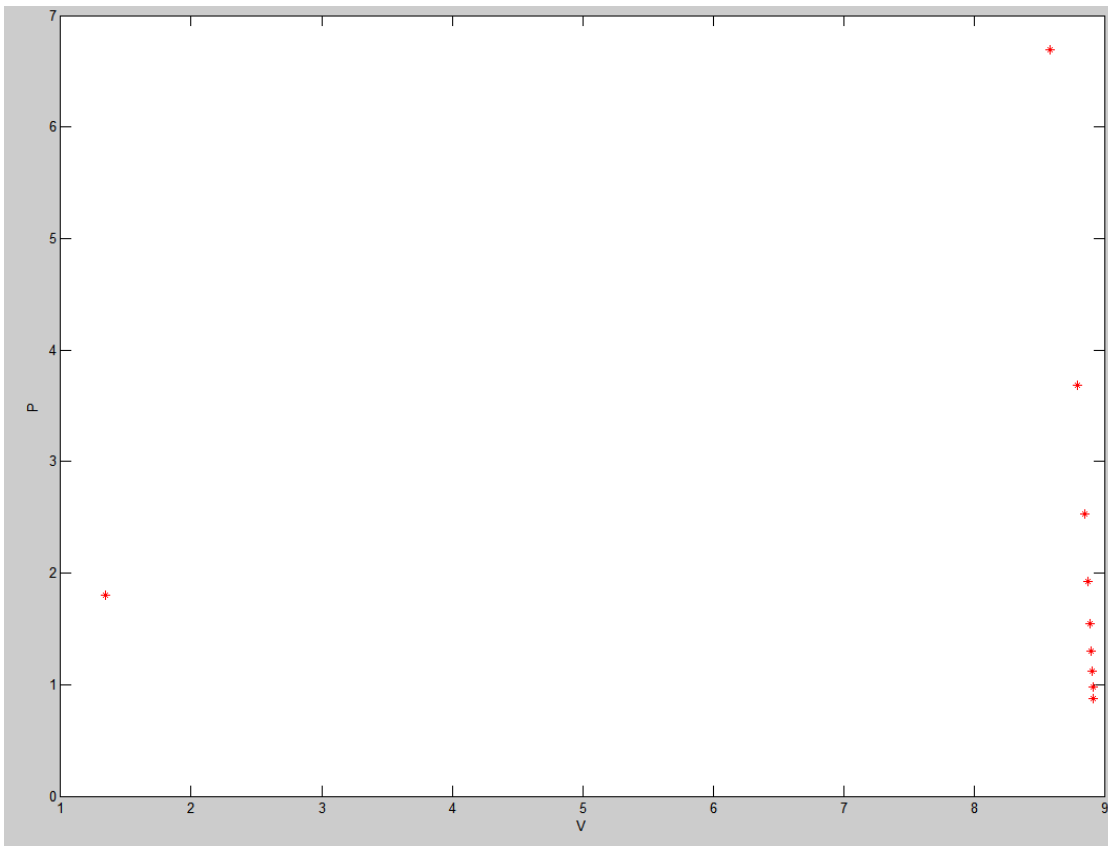
Berekening:

Het maximale vermogen bedraagt 6.2 W (zie grafiek op volgende pagina), bij dit vermogen is een bijhorende spanning van 8.58 V. Hieruit is de waarde van de weerstand te bepalen:

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow 6,2 = \frac{8,58^2}{R}$$
$$R = 11,87\Omega$$



Grafiek 9

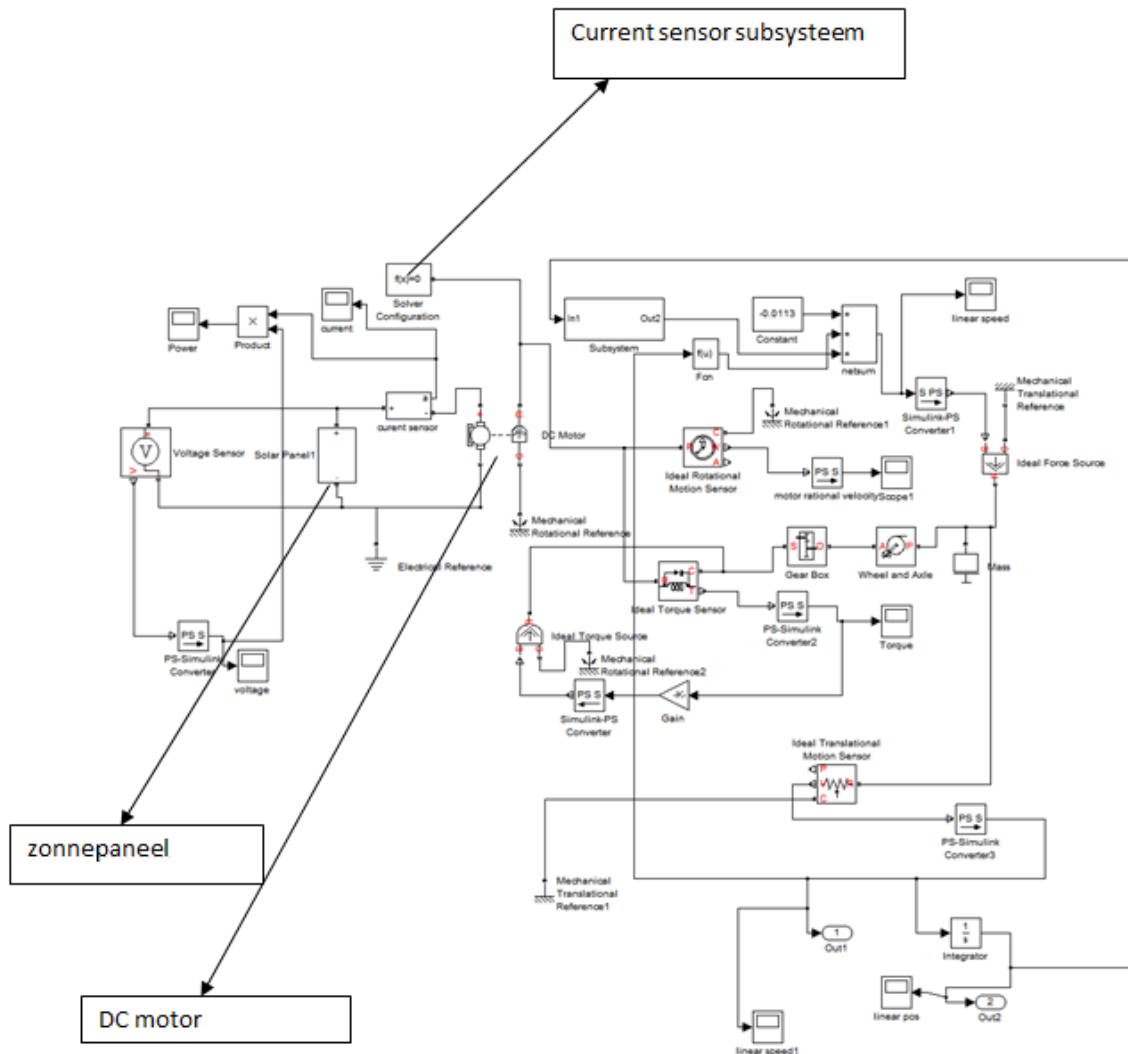


Grafiek 10

Opdracht 2: Bepaal hoever de wagen geraakt op het parcours zonder enige aandrijving.

Deze opdracht eist een meer complexe schakeling in Simulink. Hieronder bespreken we even deze schakeling.

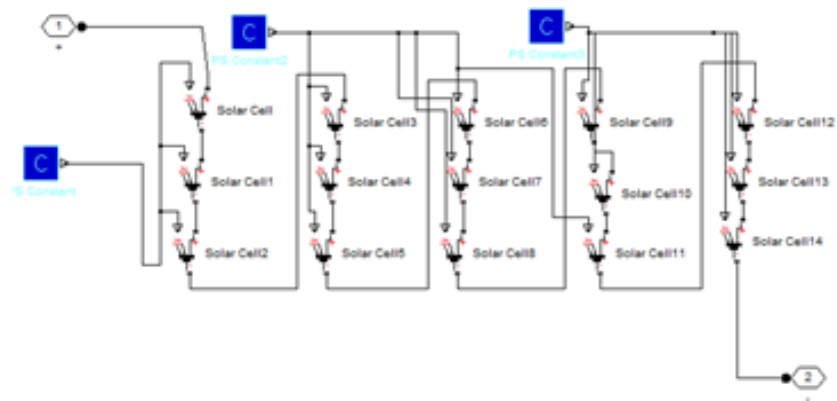
Dit is de hoofdschakeling:



Figuur 11: Hoofdschakeling simulink

De schakeling in figuur 5 toont de hoofdschakeling. Enkele subsystemen zoals het zonnepaneel, de stroomsensor en het parcours zijn in deze schakeling verwerkt.

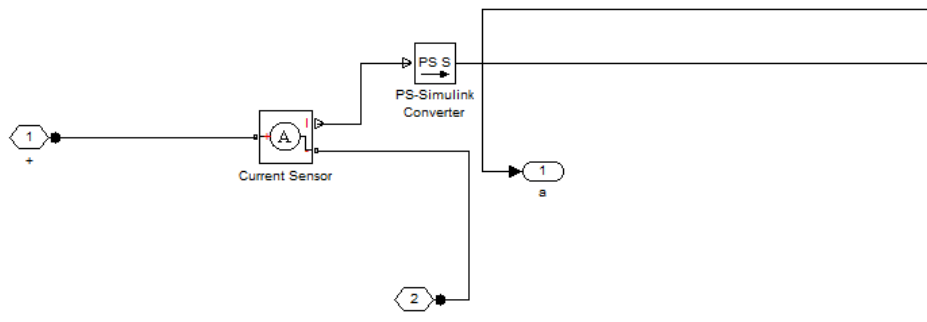
Subsystem zonnepaneel



Figuur 12: Subsystem zonnepaneel

In figuur 14 zijn 15 zonnecellen in serie geschakeld. Het blauwe blokje stuurt een constante waarde naar de zonnecellen. Deze waarde stelt de lichtintensiteit voor. Dit is ingegeven als parameter zodat men dit gemakkelijk kan aanpassen in het Matlab bestand.

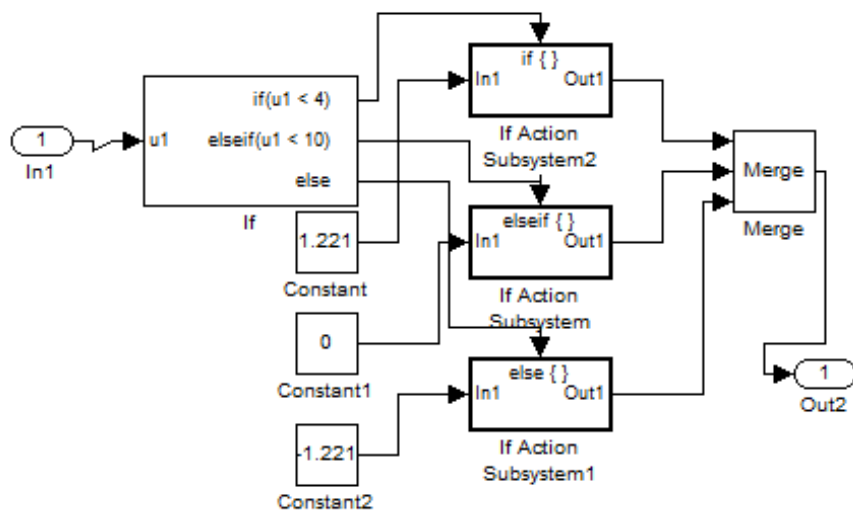
Subsystem current sensor



Figuur 13: Subsystem current sensor

In figuur 15 is het subsystem van de stroomsensor te zien. Dit is een simpele schakeling die de stroom door een draad meet.

Subsysteem parcours



Figuur 14: Subsysteem van het parcours

Figuur 16 stelt het subsysteem van het parcours dat de wagen moet afleggen voor. De wagen gaat eerst van een afdaling, dan een recht stuk en dan op een helling. Als U_1 kleiner is dan 4 bevindt de wagen zich op een helling van 1,221. U is een graad die de steilheid van de helling weergeeft. Voor de twee andere stukken verloopt dit gelijkaardig.

Matlab model

Om de Simulink te linken met een Matlab model is een Matlab file gebruikt (zie figuur 17). Hierin kan men de gebruikte waarden ingeven. Met deze Matlab file is ook de 2^e case opgelost.

```
1  %% Solar Power
2  Irr1 = 0 ; % W/m^2
3  Isc= 0.94 ; %Ampere
4  Voc = 8.8/15; %Volt
5  Is= 1e-8; %Ampere
6  N = 1.1;
7  Ir = 700;
8  %% Motor parameters
9  Ra = 3.32 ; %ohm
10 Kt= 0.00855 ; %Nm/A
11 La= 2.2e-4 ; %H
12 Im = 4.1e-7 ; % kg*m^2
13 Cm = 1e-4 ; % N*m/(rad/s)
14 %% SSV parameter
15 m = 0.75; % kg
16 r = 0.04; % wheel radius [m]
17 n = 8 ; % gear ratio
18
19 tn=[]; %% initialize empty vector
20 result=[];
21
22 for n=8
23   tn=[tn n]; %% Extend vector with gear ratio n
24
25   sim('simulink_case_1a',10); % Simulate Simulink model for 10 sec.
26
27   [i,j]=find(yout(:,2)>3.4); % find when position of 14 m is achieved
28   if isempty(i)
29     result =[result 10]; %% if not achieved take time =10 sec
30   else
31     result=[result tout(i(1))]; %% put travel time in vector
32   end
33 end
34
35 figure(1)
36 plot(tn,result,'*') %% plot gear ratio versus travel time
37 [opt,i]=min(result); %%% find minimal travel time
38
39 n=tn(i); %% take gear ratio corresponding with minimal travel time
40 sim('simulink_case_1a',10);
41
42
43
```

Dit zijn de parameters die we invullen in onze simulink schakeling

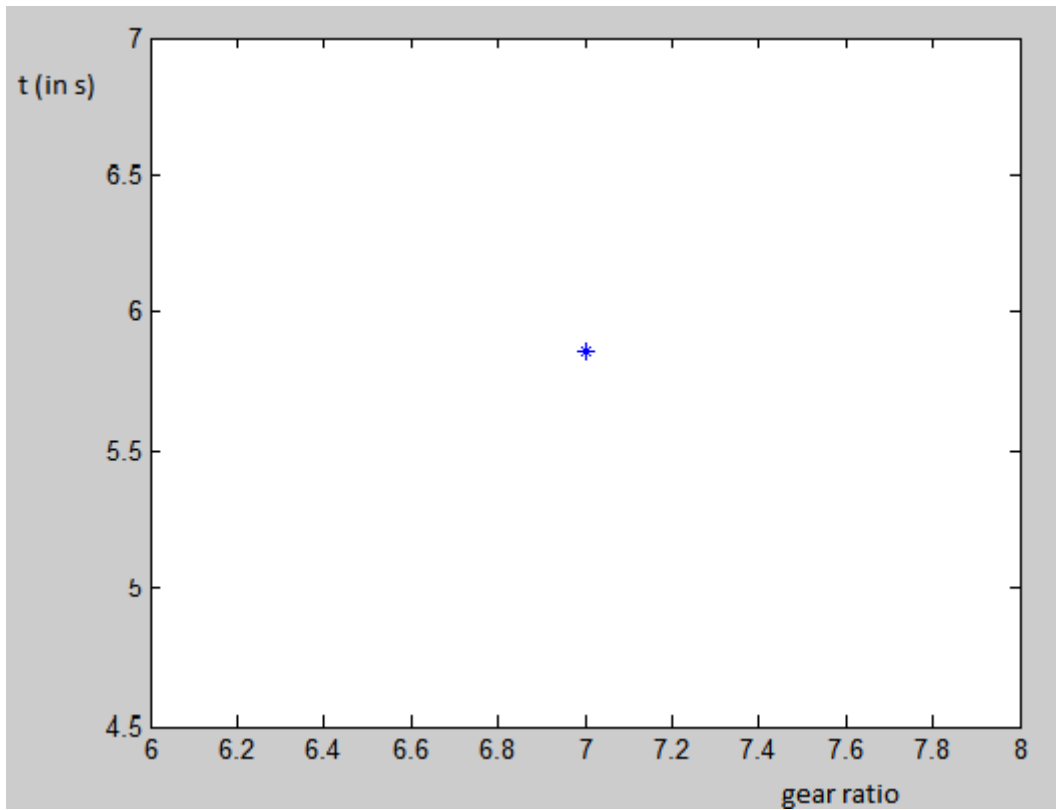
Parameters voor het zonnepaneel en de constante.

Gegevens van de motor

Gegevens van de wagen

Figuur 15

Ook in deze file is een for loop gebruikt. Deze file vereist twee waarden, de overbrengingsverhouding die hier het symbool “n” voorstelt en de afstand die het wagentje moet bereiken binnen de 10 seconden, hier 12.06 m. De beperking van 10 seconden dient om te voorkomen dat de lus oneindig blijft doorgaan. Als de wagen er niet geraakt binnen de 10 seconden zal Matlab het niet laten zien op de grafiek, zie hieronder.



Grafiek 11: Gear ratio in functie van de tijd

Op de grafiek is duidelijk te zien dat voor deze simulatie een overbrengingsverhouding van 7 genomen is.