

J.C. Bruijn *Simulatie elektrisch aangedreven stadsdistributievoertuig.*
Computeropdracht, Rapport 2002.TT.5611, Sectie Transporttechniek en Logistieke Techniek.

Een stadsdistributievoertuig (sdv) geschikt voor Albert Heijn heeft de volgende eigenschappen:

- massa (leeg): 5000 kg;
- massa (beladen): 12000 kg;
- banden: R 17,5;
- overbrenging motor naar aandrijfás: 19,5;
- aandrijving: a-synchrone inductiemachine;
- energievoorziening: nikkel-metaal hybride accu met een energiedichtheid van 70 W/kg en vermogensdichtheid van 300 W/kg.

De voorwaarden wat betreft het vermogen en koppel van de motor zijn onder te verdelen in:

- maximum snelheid;
- acceleratie;
- hellingrijden.

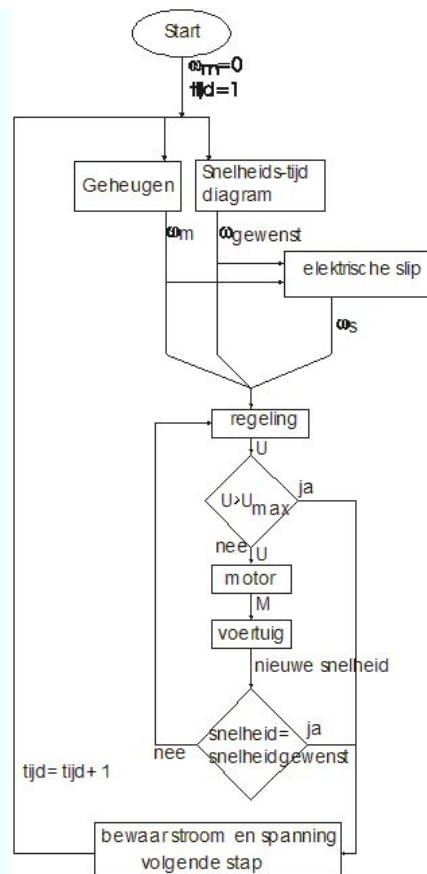
De maximum snelheid is 50 km/h. Mocht dit grote technische problemen geven is een maximumsnelheid van 40 km/h ook aanvaardbaar.

Voor de acceleratie wordt uitgegaan van een lineair versnellingsverloop. Het voertuig begint bij stilstand te accelereren met $1,4 \text{ m/s}^2$ en zal bij 50 km/h nog kunnen accelereren met $0,4 \text{ m/s}^2$. Dit betekent dat het voertuig in 14 seconden van 0 naar 50 km/h kan optrekken. Hiervoor is een vermogen van 100 kW en een koppel van 374 Nm gewenst. Hierbij is uitgegaan van een machine met elektronische regeling, zodat veldverzwakking mogelijk is.

Het hellingrijden heeft toepassing op het wegtrekken op bijvoorbeeld een bruggetje. Het gaat hierbij dus over kortstondig gebruik, hierdoor kan de motor 2 tot 3 maal zijn nominale koppel leveren [M.J. Hoeijmakers *Elektrische omzettingen*, Delft, Delft University Press (1999)]. Het hellingrijden zal dan geen beperkende factor zijn.

Voor het simuleren van een rit wordt door TNO gebruik gemaakt van een cyclus ontwikkeld door de West Virginia University. Om echter een representatiever beeld te krijgen zijn er ook rijproeven gedaan in Amsterdam, waarbij twee routes, langs in totaal vier filialen, is gereden. Hierbij is gebruik gemaakt van een SMART van TNO, uitgerust met GPS en datalog-apparatuur, zodat snelheid en positie bijgehouden konden worden. Het snelheidsverloop van deze ritten is als basis gebruikt voor de simulatie.

De structuur van het model is te zien in figuur 1.



Figuur 1. Schema simulatie

Per stap wordt de volgende procedure doorlopen:

- Uit de vorige stap wordt de huidige snelheid van het voertuig bekeken (ω_m).
- Uit de snelheids-tijd cyclus wordt de gewenste snelheid voor de volgende stap bekeken ($\omega_{gewenst}$).
- Aan de hand van deze waarde wordt de statorfrequentie berekend (ω_s).

Aan de hand van deze gegevens wordt een cyclus doorlopen:

- Zolang de snelheid nog niet gelijk is aan de gewenste snelheid wordt de spanning met kleine stappen verhoogd. De spanning heeft wel een maximale spanning, is deze waarde bereikt, dan wordt de spanning niet verder verhoogd.
- De spanning wordt ingevoerd in de motor, deze resulteert in een koppel.
- Aan de hand van dit koppel zal de versnelling van het voertuig berekend worden en kan dus ook de nieuwe snelheid bepaald worden.

Zodra de gewenste snelheid, of de maximale spanning bereikt is, wordt de stroom, de spanning en de gehaalde snelheid worden opgeslagen. Hierna wordt met de volgende stap begonnen.

Voor de simulatie wordt uitgegaan van een elektomotor met een koppel 290 Nm en een vermogen van 90 kW. Als de cyclus zoals gebruikt door TNO en de resultaten van de rijproeven worden gebruikt als invoer komen hieruit de resultaten te zien in tabel 1.

Tabel 1: Resultaten simulatie

	Massa accu								
	750 kg			1000 kg			1250 kg		
	rit 1	rit 2	TNO	rit 1	rit 2	TNO	rit 1	rit 2	TNO
Uren	3,0	1,4	3,6	3,9	1,6	4,6	4,7	1,9	5,7
Aantal ritten	12,7	2,4	9,2	16,6	2,6	11,8	19,9	3,1	14,7

De simulatie wordt uitgevoerd voor een voertuig van resp. 9750 kg, 10000 kg en 12500 kg. Hierbij wordt uitgegaan van drie accupakketten van 750 kg, 1000 kg en 1250 kg. Verder van er van uitgegaan dat volle boxen tijdens de rit worden uitgewisseld voor lege boxen; hierdoor is de gemiddelde massa van het voertuig lager dan de maximale massa van 12000 kg.

Hierbij wordt duidelijk dat voor een voertuig, geschikt voor continu opereren gedurende zes uur, een accu pakket van ongeveer 1500 kg minimaal is.

