

Elektrische voertuigen : waarom, en waar?

Citation for published version (APA):

Dongen, van, L. A. M. (1979). Elektrische voertuigen : waarom, en waar? *Verkeerskunde*, 30(7), 311-315.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1979

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

- in-de toekomst energiebesparing mogelijk voor voortbeweging voertuigen
- niet meer afhankelijk van één primaire energiesoort
- TH Eindhoven bezig met ontwerp elektrovoertuig

Elektrische voertuigen: waarom, en waar?

ir. L. A. M. van Dongen
Technische Hogeschool Eindhoven

Inleiding

Het idee om wegvoertuigen elektrisch aan te drijven is niet nieuw, want de eerste elektrische automobielen reden reeds in 1890. In die tijd had de elektrische aandrijving ten opzichte van de stoomaandrijving en de nog niet goed ontwikkelde en dus nog onbetrouwbare verbrandingsmotor een aantal voordelen, zoals een groot bedieningsgemak en een goede betrouwbaarheid. Daarom is het vanzelfsprekend, dat vaak voor elektrische voertuigen gekozen werd.

Omdat men in het beginstadium van de industrialisatie nog weinig of geen oog had voor neven-effecten en de verbrandingsmotor steeds betrouwbaarder en goedkoper werd, hebben de ontwikkelingen vanaf dit prille begin van het gemotoriseerde wegverkeer toch geleid tot de huidige motorvoertuigen, die, bijna uitsluitend door verbrandingsmotoren aangedreven, het aanzien van de straten beheersen, de mensen wat betreft hun verplaatsing een geweldige onafhankelijkheid verschaffen, snel transport van goederen zeker stellen en daardoor voor de economie van steeds groter belang zijn geworden.

Tegen de huidige vorm van gemotoriseerd wegverkeer kunnen echter tal van bezwaren naar voren gebracht worden. Deze kunnen worden samengevat onder de volgende punten: verkeersonveiligheid, overmatig gebruik van ruimte, lawaai, uitlaatgassen en overmatig gebruik, alsook afhankelijkheid van één primaire energiesoort (aardolie). De positieve eigenschappen, zoals van deur-tot-deur transport, privacy, directe beschikbaarheid en onder gunstige omstandigheden korte wachttijden onderweg, blijken voor de meeste mensen tegen de genoemde bezwaren op te wegen, zeker zolang zij vervoersconsument zijn. Een aantal van de genoemde problemen kan worden opgelost door voertuigen te gebruiken, die elektrisch worden aangedreven.

Met betrekking tot de verplaatsingsproblemen en speciaal die problemen, die in verband staan met de auto, is het erg moeilijk om een stap terug te doen; men wenst hetzelfde niveau van onafhankelijkheid, dat gerealiseerd

is door het individuele voertuig, te handhaven.

De auto met een verbrandingsmotor wordt al sinds de laatste eeuwwisseling geproduceerd en ontwikkeld. Bij de ontwikkeling van de elektrische auto, waaraan nu internationaal serieus gewerkt wordt, moet dus een grote achterstand ingehaald worden om enigszins te kunnen concurreren met de voertuigen, die uitgerust zijn met een verbrandingsmotor. Om deze redenen moet men zich niet tot doel stellen om dit type auto te verdringen, maar men moet proberen het elektrische voertuig in de daarvoor in aanmerking komende sectoren tussen de huidige voertuigen te introduceren en te handhaven, opdat een beter evenwicht ontstaat met betrekking tot het transport in deze maatschappij. Dit is dus een uniek ogenblik om de fundering te slaan waarop men verder kan bouwen.

Hoewel de elektrische auto nadelen heeft, zoals vereiste aanpassing van de infrastructuur, geringe actieradius, hoog gewicht en hoge aanschaffingskosten door de prijs van motor en batterij, moet deze beschouwd worden als een mogelijke optie voor de toekomst. Door verdere ontwikkelingen is het mogelijk, dat een aantal van deze nadelen een minder grote rol gaat spelen of zelfs verdwijnt.

Om een bijdrage te leveren aan deze potentiële oplossing van de huidige milieu- en energie problemen wordt door de Interafdelingswerkgroep Elektrische Auto aan de Technische Hogeschool te Eindhoven een elektrische stadsauto ontwikkeld. In dit project wordt samengewerkt door de afdelingen Scheikundige Technologie, Elektrotechniek en Werktuigbouwkunde: de vakgroep Elektrochemie doet onderzoek aan accu's, de vakgroep Elektromechanica ontwikkelt verschillende regelingen voor de elektromotor en de werkeenheden Vervoerstechniek behartigt de werktuigbouwkundige aspecten van de auto.

In dit artikel wordt, na een algemene inleiding, het lopende onderzoek op de THE beschreven en worden de daarmee te bereiken doelen vermeld.

Milieu

Uitlaatgassen en lawaai vormen een bedreiging voor het welzijn van hen, die zich in de

omgeving van verkeerswegen bevinden. De laatste tijd richt de belangstelling zich steeds meer op de problemen van het stadsverkeer. Hoewel slechts de helft van de totale gasemissies door motorvoertuigen wordt veroorzaakt, ontstaat de bijzondere overlast van deze uitlaatgassen door het feit, dat ze direct op de hoogte van de passanten worden uitgeblazen en in hoge concentraties voorkomen op plaatsen, waar druk verkeer aanwezig is. Samen met het lawaai wordt bovendien een extra ruimtegebrek veroorzaakt, omdat de omgeving van stadsautowegen ongeschikt wordt voor bewoning.

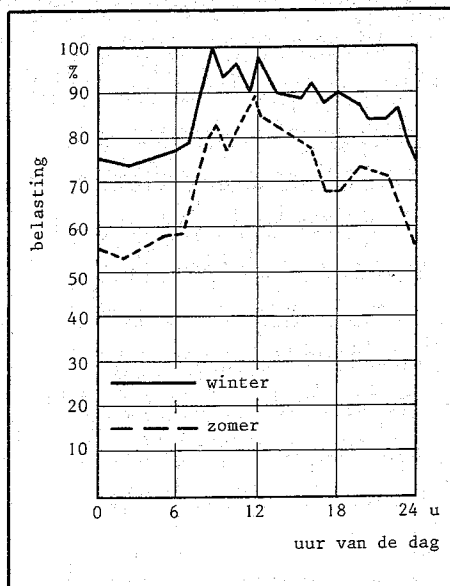
De problemen van de luchtvervuiling en de lawaaiproductie worden door het groeiende wagenpark steeds groter en men is ervan overtuigd, dat de huidige toestand verbeterd moet worden of in de loop van de verdere ontwikkelingen tenminste niet slechter mag worden. Aan lawaai- en uitlaatgasproductie worden daarom steeds strengere eisen gesteld, waardoor deze bezwaren tegen het gemotoriseerde wegverkeer aanzienlijk kunnen worden gereduceerd.

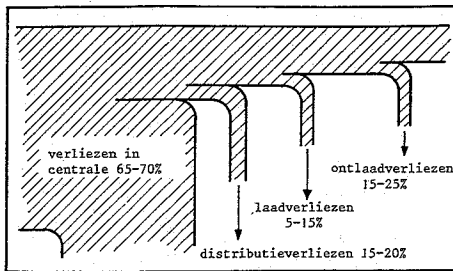
Een radicale verbetering van beide aspecten zal het invoeren van de elektrische aandrijving zijn. Uiteraard wordt daarmee het uitlaatgasprobleem naar de schoorsteen van de elektriciteitscentrale verschoven. Op dat punt kan echter met minder kosten meer en beter gereinigd worden. Bovendien stoten de thermische elektriciteitscentrales, zoals alle vergelijkbare industrieën, hun uitlaatgassen via schoorstenen uit, die vaak een hoogte hebben van meer dan 200 meter. De op deze hoogte bijna permanent aanwezige luchtbewegingen bevorderen een verspreiding van de uitlaatgassen over een grote oppervlakte, zodat de hogere concentraties slechts op grote hoogte in de omgeving van de centrales voorkomen.

Afhankelijkheid van een primaire brandstof

Bezwaren tegen het energiegebruik worden gevormd door zowel de omvang van het energiegebruik als het gebruik van hoogwaardige brandstof, raffinageproduct van aardolie, die weliswaar in grote maar toch eindige hoeveelheden op aarde voorkomt. Voor een minder kieskeurig brandstofgebruik is ook weer de elektrische aandrijving een voor de hand liggende oplossing. Voor de opwekking van elektriciteit kan namelijk een grote verscheidenheid van primaire energiesoorten worden ge-

1. Belastingcurves elektrische centrale.





2. Energieverliezen t/m de accu.

bruikt, te weten: aardolieproducten, aardgas, steenkool, kernenergie en eventueel waterkracht, windkracht en directe zonnestraling. De primaire energie, die momenteel overwegend gebruikt wordt, is aardolie, die hoofdzakelijk uit landen in het Midden-Oosten geïmporteerd wordt. De problematiek van een zó eenzijdig georiënteerde afhankelijkheid van politiek weinig stabiele landen mag als bekend worden verondersteld. Het optreden van de Amerikaanse en Oostaziatische landen maakt de prijs en de beschikbaarheid van de ruwe olie onzeker. Daarom dringen de energiedeskundigen erop aan het oliegebruik zo laag mogelijk te houden en zoveel mogelijk gebruik te maken van primaire energie, die in het eigen land beschikbaar is. Door het gebruik van elektrische aandrijvingen op grote schaal kunnen de hoogwaardige aardolieproducten dan voor luchttransport en chemische industrie beschikbaar blijven.

Energiegebruik

Om tot een laag energiegebruik te komen kan men maatregelen treffen, zoals een betere aerodynamische vorm van de auto, een geringer gewicht en terugwinning van remenergie in bruikbare vorm.

Door over te schakelen op elektrische aandrijvingen is waarschijnlijk enige energiebesparing te bereiken. Hoewel het thermische rendement van de elektriciteitsopwekking laag is, gaat in het distributiesysteem weinig energie verloren. Voor de maatschappelijke haalbaarheid is het erg belangrijk, dat gebruik kan worden gemaakt van het bestaande elektriciteitsvoorzieningsnet.

Een typisch kenmerk van de elektriciteitsvoorziening is het feit, dat de elektriciteitscentrale stroom moet leveren, als een of andere klant dat wenst. Productie en afname moeten continu in evenwicht zijn, terwijl ook nog een constante spanning en frequentie geëist worden. De behoefte aan elektrische energie verandert dagelijks en is ook nog afhankelijk van het seizoen. Omdat de elektriciteitscentrales in het algemeen 's nachts in deellast draaien, is het goed mogelijk om dan de accu's op te laden, zonder dat de centrales overbelast worden. De belasting van de centrales wordt daardoor constanter, hetgeen het rendement van de elektriciteitsopwekking gunstig beïnvloedt.

Op basis van het energiedistributiesysteem in West-Duitsland werd een vergelijkend onderzoek gedaan aan bestelwagens met een laadvermogen van 800 kilogram. Er is gebleken, dat elektrische bestelwagens onder dezelfde belastingscondities ondanks hun 40% hogere eigengewicht niet meer primaire energie nodig hebben dan voertuigen met een verbrandingsmotor. Alleen bij licht transport heeft het grote gewicht van de accu's een nadelige invloed. Als in de toekomst accu's

met een grotere energiedichtheid gebruikt kunnen worden, zal het gebruik van primaire energie door elektrische voertuigen zover kunnen dalen, dat het zelfs beter wordt dan het verbruik van dieselveertuigen in stadsverkeer.

De in elektrische voertuigen te gebruiken accu's worden door een zeer beperkte energieopslag gekenmerkt. De actieradius en de dynamische rijprestaties zijn behalve van het door het voertuig gevraagde vermogen, dat nodig is om de rol- en luchtweerstand te overwinnen, ook erg afhankelijk van het rendement van de aandrijving. Hierbij komt nog het feit, dat door de elektrochemische verschijnselen in de accu de nuttig beschikbare energie sterk afneemt bij stijgende belasting. Dit geldt in bijzondere mate voor cyclische belastingen met frequente handelingen, zoals versnellen en remmen.

Het gemiddelde rendement van de elektriciteitscentrales bedraagt ongeveer 35% terwijl het rendement van het elektriciteitsdistributiesysteem tot en met het oplaadapparaat van de accu 85% bedraagt. Voor de energieopslag in de accu hangt het rendement van een laad-/ontlaadcyclus af van de volgende parameters: temperatuur, restcapaciteit, oplaadtijd, leeftijd en belasting. Als richtwaarde kan hier 70% genomen worden. Als het rendement van de aandrijflijn in de auto nu verbeterd wordt, geeft ieder kilowattuur, dat daardoor minder uit de accu wordt gehaald, een besparing van 4.8 kilowattuur aan primaire energie. Het is dus belangrijk om een aandrijflijn toe te passen met een zo hoog mogelijk rendement.

Invoering van elektrische auto's

Economische factoren zullen een grote rol spelen bij de invoering van de elektrische auto. Bij het huidige verschil in prijs tussen elektriciteit en benzine lijkt de elektrische auto aantrekkelijk en, indien enige zekerheid zou bestaan, dat het prijsverschil zich in de toekomst zou handhaven, dan zou dit een belangrijke stimulans zijn voor de invoering van deze auto.

In de nabije toekomst zal de elektrische auto uitsluitend in het urbane en suburbane verkeer ingevoerd kunnen worden. Als men de voordelen wat betreft milieu-vriendelijkheid wenst uit te buiten, vindt men in eerste instantie een gebruiksgebied bij die voertuigen, die dagelijks het meest intensief gebruikt worden. Daaronder treft men aan:

- het openbare en particuliere personenvervoer;
- het goedertransport door speciale besteldiensten;
- het transport ten behoeve van verschillende dienstensectoren.

Het is duidelijk, dat het aanbod van elektrische

voertuigen moet variëren van stadsbussen, bestelwagens en taxi's tot personenauto's. In deze in aanmerking komende sectoren kan men volstaan met een dagelijkse actieradius van minder dan 50 kilometer (dienstwagens) tot ongeveer 200 kilometer (stadsbussen).

Als men ervan uitgaat, dat de tegenwoordig gebruikelijke elektrische accumulatoren het voertuig te zwaar maken, als men een accupakket voor een actieradius van meer dan 100 kilometer wenst mee te nemen, dan moet ervoor gezorgd worden, dat de energievoorraad in korte tijd aangevuld of vernieuwd kan worden. Aangezien de accu's niet in een kort tijdbestek opgeladen kunnen worden, wordt vaak gebruik gemaakt van de mogelijkheid om accupakketten te wisselen. In West-Duitsland hebben Volkswagen, Mercedes en M.A.N. samen met de accumulatorenfabriek VARTA al veel ervaring opgedaan met wisselstations voor bestelwagens en bussen. Bij een geschikt voertuigconcept en een overeenkomstige uitrusting van het wisselstation kan een accupakket in 2 à 3 minuten vervangen worden. Normalisatie van batterijafmetingen, aansluitingen en spanning is dan van belang.

Het is duidelijk, dat er bij laadstations, waar onderweg accupakketten gewisseld kunnen worden, moeilijkheden op het organisatorische vlak zullen optreden. Bij het wisselen van het accupakket kan men zich namelijk de volgende vragen stellen:

— is het accupakket eigendom van het servicestation of van de eigenaar van de auto?

— hoeveel energie is er nog in het ingeruilde pakket aanwezig?

— hoe zwaar is het ingeleverde pakket vroeger belast geweest?

— zijn er verborgen gebreken in een accupakket?

Er zullen meetmethoden en meetinstrumenten ontwikkeld of verbeterd moeten worden, voordat tot algemene invoering van wisselstations kan worden overgegaan. Voorlopig zijn de wisselstations slechts geschikt voor gebruik door grotere bus- en transportondernemingen.

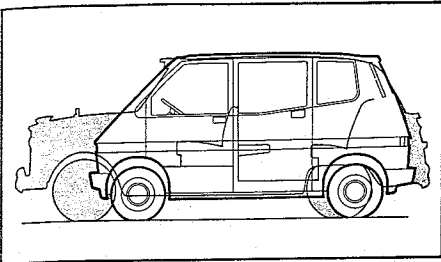
Internationale activiteiten

Elektrische auto's worden vaak ontwikkeld door samenwerking van overheid, elektriciteitsproducenten, fabrikanten van elektrische componenten, auto- en accufabrikanten. Omdat talloze organisaties bezig zijn met de ontwikkeling van elektrische voertuigen en het daardoor onmogelijk is om een volledig overzicht te geven, worden hier slechts de belangrijkste activiteiten vermeld.

De ontwikkeling van zwaardere voertuigen is met name in Duitsland en Engeland gaande. In het eerste land zijn veel industrieën op het



3. Accuwisseling systeem Voith.



4. en 5. De compacte elektrische taxi van Lucas. Tussen haakjes de gegevens van de conventionele Londense taxi:

lengte	357 cm (458)
breedte	177 cm (174)
hoogte	178 cm (177)
spoorbreedte-voor	154 cm (142)
wielbasis	239 cm (281)
gewicht	2250 kg (1600)

gebied van de autofabricage (onder andere Volkswagen, Mercedes-Benz en M. A. N.) en de elektrotechniek ermee bezig. Zij concentreren zich geheel op bussen en bestelwagens, die een vast rijpatroon hebben. Hier treft men een samenwerking aan van overheid en bedrijfsleven. Deze samenwerking wordt gecoördineerd door de Gesellschaft für Elektrischen Strassenverkehr (GES). De nieuwste partner in een door GES gecoördineerd testprogramma is Lufthansa: 130 Volkswagen en Mercedes-Benz elektrische bestelwagens zullen hoofdzakelijk ingezet worden op het vliegveld van Frankfurt voor gebruik binnen en buiten de hangars en een wisselstation zal deze transporters van volle accu's voorzien.

In Mönchengladbach rijden op een lijn van 40 kilometer lengte 7 bussen, die de uitwisselbare accu's op een apart aanhangwagentje meenemen. Met deze bussen is sinds oktober 1974 meer dan een miljoen kilometer afgelegd, waardoor veel ervaring is opgedaan op het gebied van accu's, zodat een verbeterde generatie accupakketten door VARTA geïnstalleerd kan worden.

Eind 1978 werd in Düsseldorf een vloot van 20 Mercedes-Benz hybride elektrische bussen ingezet voor een testprogramma van vijf jaar. Deze bussen rijden op batterijen die tijdens de rit door een stationair draaiende dieselmotor met generator kunnen worden bijgeladen.

In Engeland heeft Chloride Ltd. ervaringen met een combinatiewagen, bestemd voor



goederentransport en beperkt personenvervoer. Een eveneens door Chloride ontwikkelde elektrische bus — Silent Rider — wordt door een busonderneming gebruikt. Het is de bedoeling van Chloride om laadapparatuur, accu's, en elektronische motorregelingen te verbeteren. Lucas heeft ongeveer 65 bestelwagens uitgerust met een elektrische aandrijving en heeft twee elektrische taxi's gebouwd, die een topsnelheid hebben van 100 km/uur en een actieradius van 160 kilometer! Het accupakket kan in de auto opgeladen worden en kan eventueel ook direct gewisseld worden. Er is bij deze taxi's veel aandacht besteed aan veiligheidsvoorzieningen.

Verscheidene elektrische voertuigen zijn bij het elektriciteitsbedrijf in heel Engeland en Wales dagelijks voor verschillende doeleinden in gebruik. Zorgvuldig worden aantekeningen gemaakt om de rentabiliteit van de auto's te kunnen evalueren.

In Frankrijk heeft Electricité de France verschillende elektrische voertuigen (Renault 4 en 5 en CGE) in gebruik, die gedurende korte periodes in verschillende steden dienst doen. Omdat de voertuigen in verschillende steden

rijden en door verschillende mensen onderhouden worden, verkrijgt men interessante gegevens omtrent het energiegebruik, afhankelijk van het stadverkeer, voertuiggewicht en seizoen, en de levensduur van de accu's, afhankelijk van de zorgzaamheid van de gebruiker.

In de lichte bestelwagens is Ragonot, een onderdeel van Thomson-Lucas, actief en bestaat veel tijd aan de ontwikkeling van transistorregelingen voor motoren. Peugeot heeft sinds kort de lichte en zware bestelwagens 104U en J7 voorzien van een elektrische aandrijving.

In Japan, waar men aan het tweede vijfjarenplan bezig is, ontwikkelt men bussen, bestelwagens en personenauto's. De automobielen worden vervaardigd in opdracht van de Agency of Science and Technology door Toyota, Nissan, Toyo Kogyo en Daihatsu. Teneinde de toekomstige gebruikers tegemoet te komen in de hoge aanschaffingskosten stelt het Ministry of International Trade and Industry voor om belangrijke belastingvoordelen voor elektrische voertuigen van kracht te laten worden.

In de Verenigde Staten bouwt men elektrische bestelwagens en personenauto's, omdat men minder afhankelijk wenst te zijn van de aardolie. De overheid zal daar tot 1984 160 miljoen dollar aan de ontwikkeling van het elektrisch wegtransport besteden.

General Electric ontwerpt samen met Chrysler een relatief conventionele maar in bijzondere mate geoptimaliseerde elektrische auto, die door de verliezen te beperken een maximale actieradius moet krijgen. Garrett ontwikkelt een voertuig met een hybride aandrijving, waarbij de remenergie in een vliegwiel wordt opgeslagen. Door deze vliegwielenergie bij het optrekken weer te gebruiken wordt de piekstroom door de elektrische componenten beperkt en wordt de accu minder belast, wat erg gunstig is voor de levensduur.

Een prototype van een elektrisch voertuig, ontworpen als tweede auto en geschikt voor massaproductie, werd op het Fifth International Vehicle Symposium in Philadelphia door de Copper Development Association geïntroduceerd. Men heeft hoge verwachtingen.



6. De Fiat XI/23: prototype elektro-auto.

gen van deze „Copper Electric Runabout“, die een chassis heeft van stalen buizen, een centrale accukoker en een body van polyester. Door de Europese Gemeenschappen is een coördinerend orgaan Association des Vehicules Electriques Routiers d'Europe (AVERE) ingesteld, waarin verschillende landen vertegenwoordigd zijn. In de Nederlandse sectie ASNE zijn de technische hogescholen en verscheidene industrieën vertegenwoordigd. De Nederlandse industrieën leggen zich toe op langzame voertuigen en de Technische Hogeschool Delft construeert een elektrische bus. Als aanvulling op de ontwikkelingen in Europa (vooral, bussen en bestelauto's) wordt aan de Technische Hogeschool Eindhoven een elektrische stadsauto ontwikkeld.

Activiteiten van de THE

De Interafdelingswerkgroep Elektrische Auto van de Technische Hogeschool Eindhoven heeft zich tot doel gesteld:

- het concipiëren, construeren en beproeven van een integraal model van een elektrische auto;
- het construeren en beproeven van diverse aandrijfconcepten;
- het beproeven van verschillende accutypen.

Voertuigconcept

Om comfortabel en veilig aan het stadsverkeer te kunnen deelnemen moet het voertuig aan de volgende eisen voldoen:

- topsnelheid van ongeveer 90 km/uur;
- acceleratie gelijk aan die van het stadsverkeer, dat wil zeggen ongeveer 1.5 m/s^2 in het onderste snelheidsgebied;
- minimale actieradius van 100 kilometer;
- snel uitwisselbaar accupakket;
- actieve veiligheid (wegligging, handelbaarheid en comfort);
- passieve veiligheid (lage deceleratie door kreukelzones, zonder ernstige beschadiging van het accupakket);
- breedte van minder dan 1,65 meter.

Vaak zijn elektrische auto's niets anders dan gemodificeerde auto's van een bestaand ontwerp met een verbrandingsmotor. Om dan een gunstige gewichtsverdeling te verkrijgen wordt meestal het accupakket in twee delen



ondergebracht: in de motorruimte boven de elektromotor en in de kofferruimte.

Veiligheidseisen en de wenselijkheid van een gemakkelijk uitwisselbaar accupakket leiden tot een centrale accukoker met daarin de accu's. Deze accukoker wordt in de lengterichting van de auto in een zo laag mogelijke positie ingebouwd. Met de motor en de transmissie voorin en de centrale accukoker daarachter kan een gunstige gewichtsverdeling over de voor- en achterwielen verkregen worden.

Om op korte termijn een elektrische auto op de weg te hebben, zodat verschillende in aanmerking komende aandrijflijnen beproefd kunnen worden, wordt een bestaand type auto zodanig gewijzigd, dat een integraal model ontstaat. Daartoe zijn verschillende auto's op een aantal criteria onderzocht:

- breedte op zithoogte, omdat de accukoker tussen twee voorstoelen geplaatst moet worden;
- inbouw lengte voor de accukoker;
- grote motorruimte, omdat verschillende aandrijflijnen beproefd zullen worden.
- achterwielophanging, omdat de accukoker

zo laag mogelijk tussen de achterwielen ingebouwd moet worden.

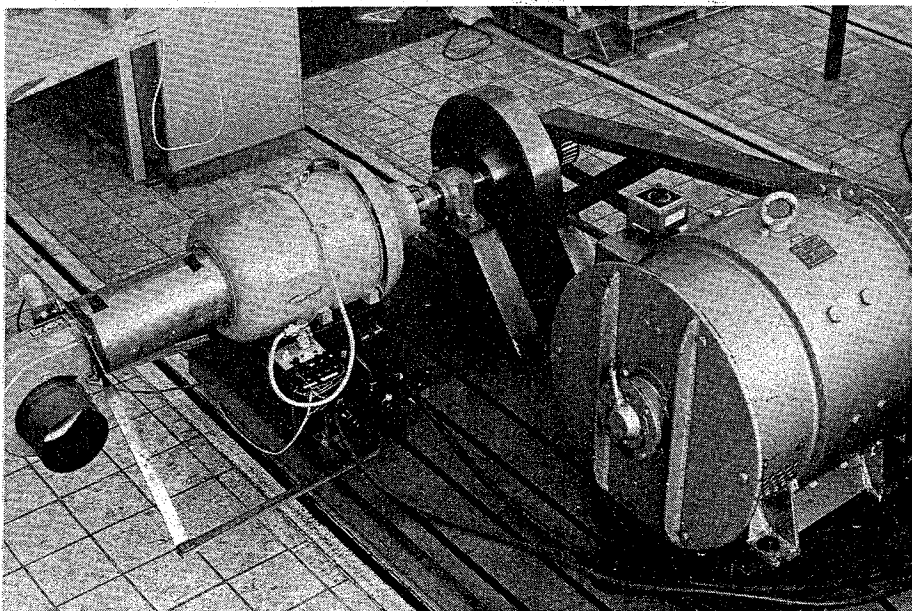
Van de bestaande voertuigen voldeed de Volkswagen Golf het beste aan de eisen, terwijl bovendien het relatief hoge laadvermogen ten opzichte van de toelaatbare totale voertuigmassa van 38% — deze waarde ligt bij vergelijkbare voertuigen tussen 28% en 34% — aantrekkelijk is. De toelaatbare totale voertuigmassa zal ongeveer 1400 kilogram bedragen, terwijl bij de conventionele uitvoering de toelaatbare totale massa 1200 kilogram bedraagt, zodat de aanpassing van de carrosserie, afgezien van de wijzigingen in verband met de centrale accukoker, niet veel problemen op zal leveren. Een gewichtsverdeling over voor- en achteras van respectievelijk 47% en 53% is haalbaar, hetgeen in verband met de wegligging erg aantrekkelijk is. De achterwielophanging wordt zodanig gewijzigd dat de accukoker zo laag mogelijk ingebouwd kan worden.

Accu's

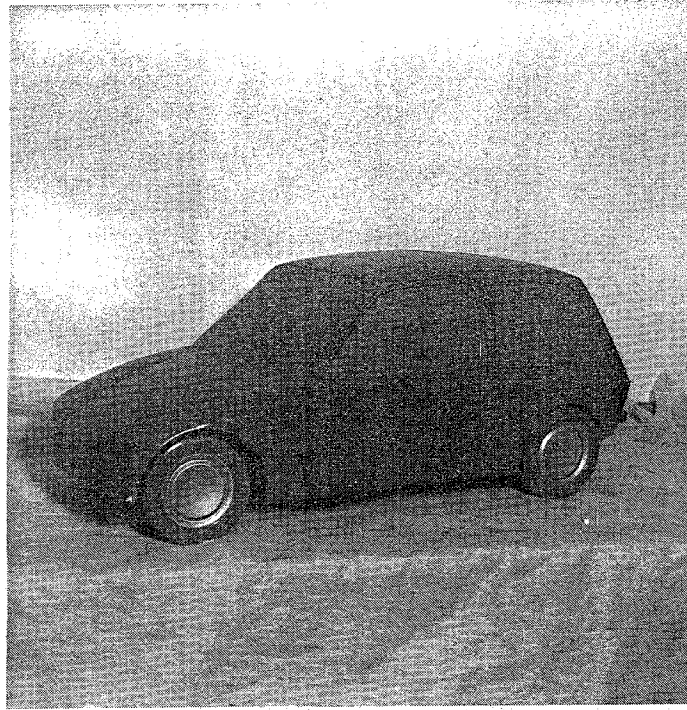
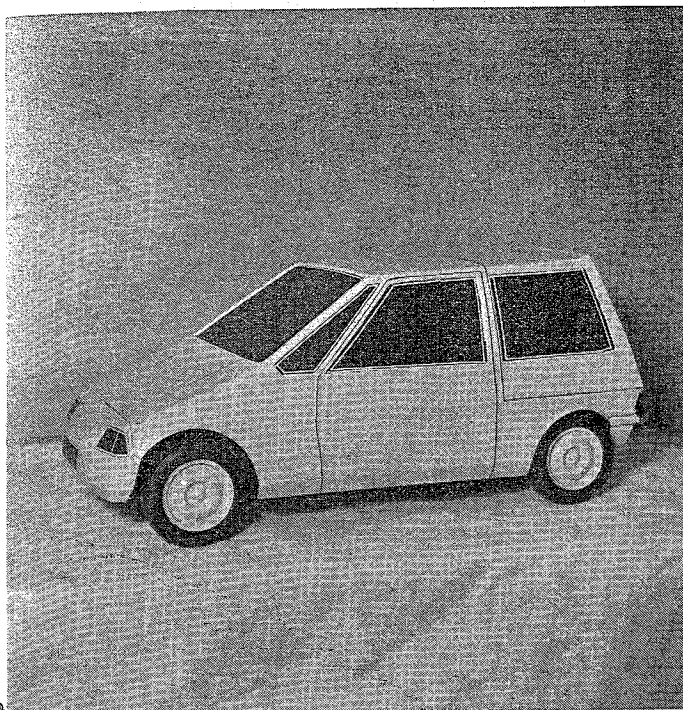
„Heavy-duty“-starterbatterijen werden gekozen als beste compromis tussen levensduur, afmetingen en gewicht. Deze accu's hebben een energiedichtheid van ongeveer 40 Wh/kg . Aanvankelijk zijn bij fabrikanten van elektrische auto's problemen ondervonden door ontploffingen van accu's of soms zelfs accupakketten. Als loodaccu's namelijk te ver opgeladen worden, wordt de gasspanning bereikt. Bij deze spanning, waarbij waterstof en zuurstof in gasvorm ontwikkeld worden, ontstaat explosiegevaar. Voor een explosie moet worden voldaan aan twee voorwaarden:

- explosief mengsel
- vonkvorming.

Om een explosie te voorkomen, dient de concentratie van de gassen laag te blijven door niet te ver op te laden en door de centrale accukoker goed te ventileren. Er is geforceerde ventilatie vereist. Bovendien mogen schakelaars, motoren en andere elementen, die vonken kunnen produceren, niet in directe verbinding met de accukoker staan. Om een optimale werking van de accu's te verkrijgen moet



8. Proefopstelling voor automatische spanningssturing.



9 en 10. Ontwerpen van de THE

de temperatuur in de omgeving van de accu's ongeveer 15° Celsius zijn. Daarom moeten in de accukoker ook verwarmingselementen aanwezig zijn.

Door de werkgroep worden met behulp van een ritsimulator versnelde levensduurproeven gedaan met verschillende loodaccu's. Door TNO zijn ritkarakteristieken ter beschikking gesteld, die met een DAF 33 in Delft en in Den Haag zijn opgenomen. Deze ritkarakteristieken zijn geanalyseerd en daaruit is een gemiddelde ritcyclus van 20 minuten gededuceerd, die overeenkomt met een afstand van 10 kilometer. Er is een simulator gebouwd, om met behulp van deze belastingscyclus loodaccu's te beproeven. Omdat in deze belastingscyclus regeneratief geremd wordt, vloeit de accustroom in twee richtingen. Verscheidene accu's worden dagelijks onderworpen aan 3, 4, 5 of 6 opeenvolgende belastingscycli, die overeenkomen met een afstand van respectievelijk 30, 40, 50 en 60 kilometer. Gedurende deze proeven worden de accu'spanning en temperatuur geregistreerd. Zo kan men dus zonder een testwagen op de weg vaststellen, welk type accu voor het gesimuleerde voertuig het meest geschikt is.

Aandrijflijn

Een kritiekpunt in iedere auto is de aandrijflijn tussen motor en wielen. Daarin gaat relatief veel vermogen verloren, zeker bij energierecuperatie, daar het remvermogen drie maal de lijn doorloopt. Vanwege de actieradius en het gebruik van primaire energie moet bij de ontwikkeling van aandrijflijnen voor elektrische voertuigen een optimale layout en afstemming van de componenten van de aandrijflijn nagestreefd worden om een zo gunstig mogelijk gebruik van de opgeslagen energie te bewerkstelligen.

Er wordt onderzoek gedaan naar een aandrijflijn, die met een hoog rendement, een acceptabele levensduur en een zo groot mogelijk bedieningsgemak de motorkarakteristiek aanpast aan de lastkarakteristiek van de elektrische auto. Voor de aandrijving wordt gebruik gemaakt van een onafhankelijk bekrachtigde gelijkstroommotor van het fabrikaat Siemens,

die speciaal voor voertuigen ontwikkeld is:
 nominaal toerental: 2200 omw/min.
 nominaal vermogen: 17 kW
 maximaal toerental: 6700 omw/min.
 maximaal vermogen: 33,5 kW

Deze gelijkstroommotor kan op verschillende manieren geregeld worden. Als het regelbereik van de elektromotor en zijn regeling beperkt is, moet tussen de motor en de eindreductie nog een variabele overbrengingsverhouding gerealiseerd worden. Ook als het regelbereik van de elektromotor en zijn regeling groot genoeg is, kan men nog een variabele reductie in de vorm van een handgeschakelde of automatische versnellingsbak of een continu variabele transmissie construeren om de motor in een gunstig rendementsgebied te laten werken.

Bekend is, dat de rendementen van de verschillende onderdelen van een aandrijflijn niet constant zijn maar dat ze afhankelijk zijn van het bedrijfspunt, waarin de desbetreffende component zich bevindt. Het is dus moeilijk om het gemiddelde rendement van een aandrijflijn te bepalen. Daar toe zijn een aantal simulatieberekeningen nodig. Er is een begin gemaakt met de ontwikkeling van een gedetailleerd simulatieprogramma voor het elektrische voertuig om het grote aantal mogelijke aandrijflijnen qua rendement te kunnen beoordelen. Het programma moet in staat zijn om de onafhankelijk bekrachtigde gelijkstroommotor met verschillende types chopers, accu's en transmissies bij verschillende ritcycli (belastingscycli) van de auto door te rekenen. Het feit, dat een voertuig en een aandrijflijn gegenereerd kunnen worden uit opgeslagen modellen, maakt een dergelijk rekenprogramma uiterst flexibel. Als eenmaal een voertuig, een aandrijflijn en een ritcyclus zijn uitgekozen, kan die auto met kleine stappen in de tijd vorderen op zijn weg en kan per stap het energiegebruik van het voertuig en de aandrijflijnelementen bepaald worden.

Door de werkgroep is een automatische getrapte spanningssturing in het ankercircuit van de motor ontworpen, die van het accupakket 36, 72 of 144 Volt aan de motor schakelt. De veldstroom wordt in dit geval geregeld door een transistorchopper. Om deze automatische spanningssturing onder stationaire bedrijfscondities te testen is een vliegwielproofstand opgebouwd: aan de onafhankelijk bekrachtigde gelijkstroommotor is een vlieg-

wiel gekoppeld, waarvan het massa-tragheidsmoment overeenkomt met de massa-tragtheid van de auto. De rolweerstand en de luchtweerstand van de auto worden nagebootst door een elektrische rem, die via een tandriemoverbrenging aan de as van het vlieg wiel gekoppeld is. Tussen de motor en de wielen wordt in het geval van de getrapte spanningssturing een automatische planetaire versnellingsbak met drie trappen geconstrueerd. Om de verliezen in de automatische versnellingsbak te beperken wordt geen koppelvormer toegepast, hetgeen mogelijk is door een goede motorsynchronisatie. Als met behulp van het simulatieprogramma de mogelijke oplossingen beoordeeld kunnen worden, zullen nog enige aandrijflijnen in de auto beproefd worden om de theorie te controleren en de aandrijflijnen in de praktijk te vergelijken.

De gedachten gaan uit naar:

- aandrijflijn met getrapte spanningssturing in het ankercircuit, elektronische veldstroomregeling en een automatische versnellingsbak;
- aandrijflijn met volledig elektronische motorregeling en eventueel een versnellingsbak;
- aandrijflijn met alleen elektronische veldstroomregeling en een continu variabele transmissie.

Gehoopt wordt op deze wijze een zinvolle bijdrage te leveren aan het tot stand komen van elektrische personenauto's, waarmee (in kleine aantallen) ervaring kan worden opgedaan, voordat de toepassing door toenemende benzineschaarste actueel wordt.

Literatuur

1. W. A. Koumans: The Electric Car Project of the Eindhoven University of Technology. PPL Conference Publication nr. 14, p. 87.
2. W. H. M. Visscher, W. de Zeeuw, R. van der Graaf: Experiments on Lead-Acid Batteries of an Electric Vehicle. EV Symposium Philadelphia.
3. H. Busch, A. Cupsa: Vergleichende Untersuchung der Energienutzung sowie der Verbräuche von Strassenfahrzeugen mit Elektro- und Verbrennungsmotorantrieb. EV Symposium Philadelphia.