

Validatie en optimalisatie van het koelsysteem van het hybride testvoertuig

Nick Vanpol

Master IW elektromechanica

Flanders Make

Flanders Make is een strategisch onderzoekscentrum voor de maakindustrie. Hun missie is om de internationale competitiviteit van de Vlaamse industrie te versterken. Op de site in Lommel focust Flanders Make zich op de technologische ontwikkelingen van de voertuigindustrie.

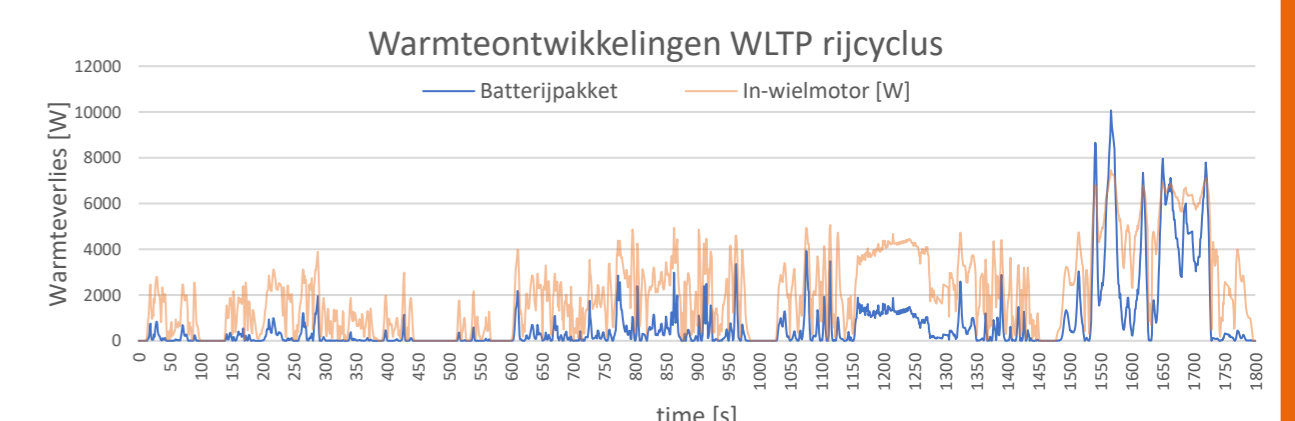
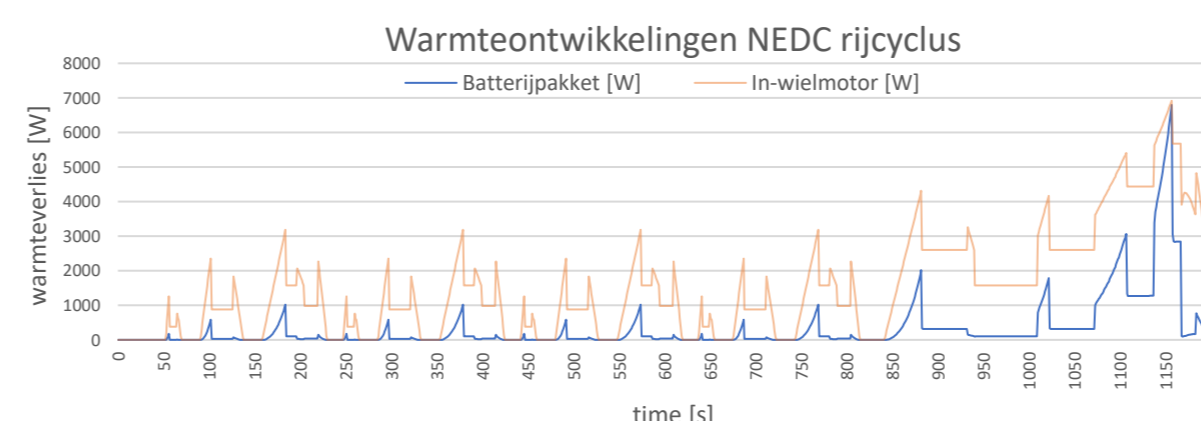
Het doel van deze masterproef is om in eerste instantie het thermisch gedrag van het huidig koelcircuit te verifiëren, om dan vervolgens onderzoek te doen naar mogelijke optimalisaties voor het huidig koelcircuit.

Warmteontwikkelingen warmtebron

De warmteontwikkelingen van enerzijds het batterijpakket en anderzijds van de in-wiel elektromotoren zullen respectievelijk m.b.v. de interne weerstandswaarde en de rendementswaarden i.f.v. het koppel en toerental bepaald worden.

Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van een aandrijfmodel [2]. Dit maakt het mogelijk om met behulp van enkele fysieke parameters van de wagen zoals het gewicht en het frontaal oppervlak, het benodigd elektrische vermogen te simuleren i.f.v. van een geselecteerde rijcyclus (NEDC/WLTP).

Hieruit konden de gemiddelde warmteontwikkelingen gesimuleerd worden. De grootste warmteontwikkelingen werden terug gevonden bij de WLTP rijcyclus. Hier bedroeg de gemiddelde warmteontwikkeling van elke elektromotor 2,5 kilowatt en voor het batterijpakket 1,25 kilowatt.



Thermische model koelcircuit

De benodigde componenten voor een optimaal koelcircuit kunnen opgedeeld worden in drie hoofdgroepen [1].

Warmtebron

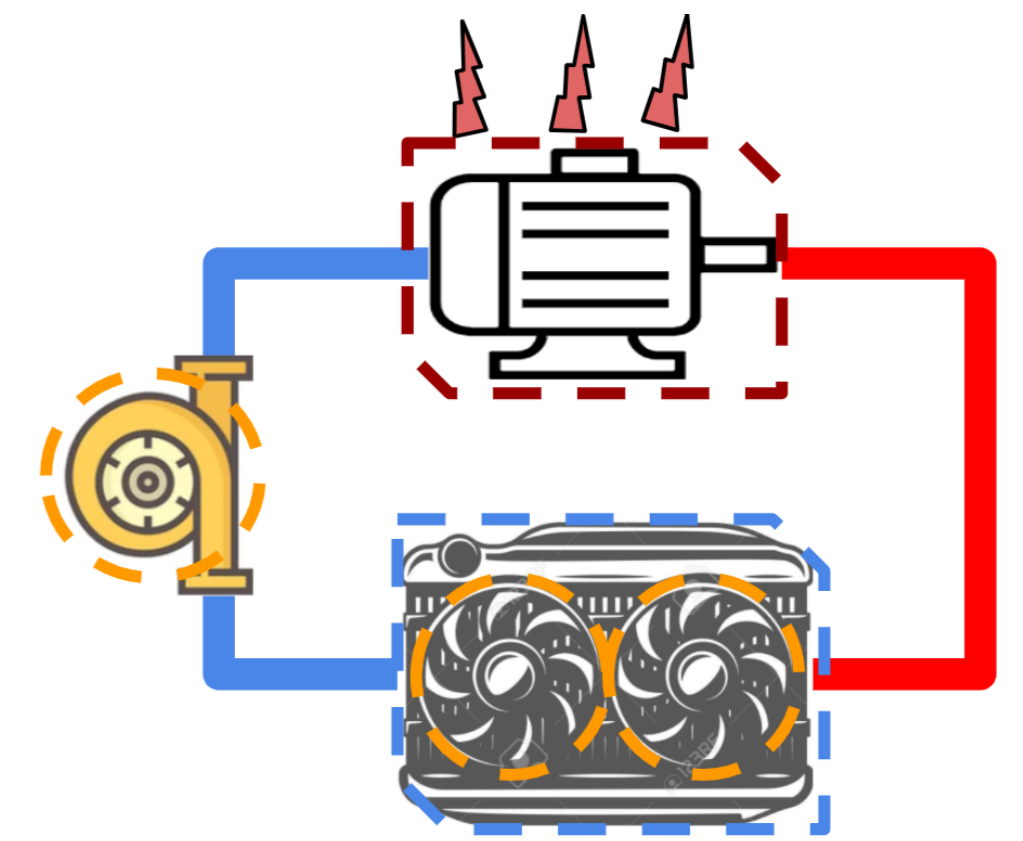
Hieronder behoren de warmteontwikkelingen gegenereerd door de in-wielmotoren en het batterijpakket. Gezien beide vermogencomponenten een verschillend gewenst temperatuurgebied voorstellen is er vanuit Flanders Make voor gekozen om twee aparte koelcircuits te voorzien.

Warmteafleider

Onder de warmteafleiders behoren het koellichaam (kanalen) van de vermogencomponenten en de radiator. Deze maken het respectievelijk mogelijk om eerst de warmte te onttrekken aan de vermogencomponenten om deze vervolgens terug af te geven aan de omgevingslucht.

Vloeistof transport

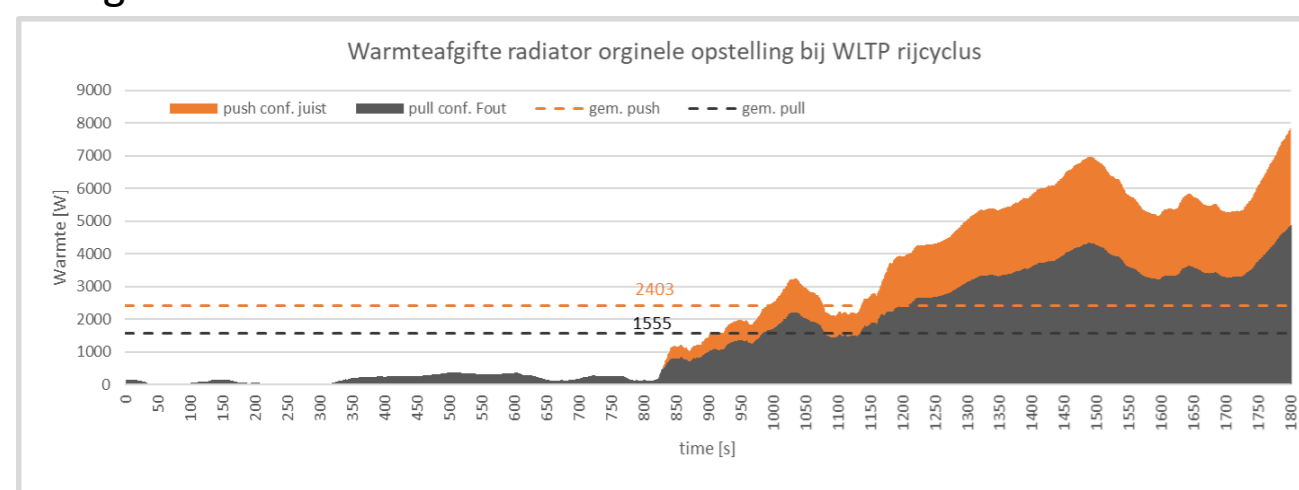
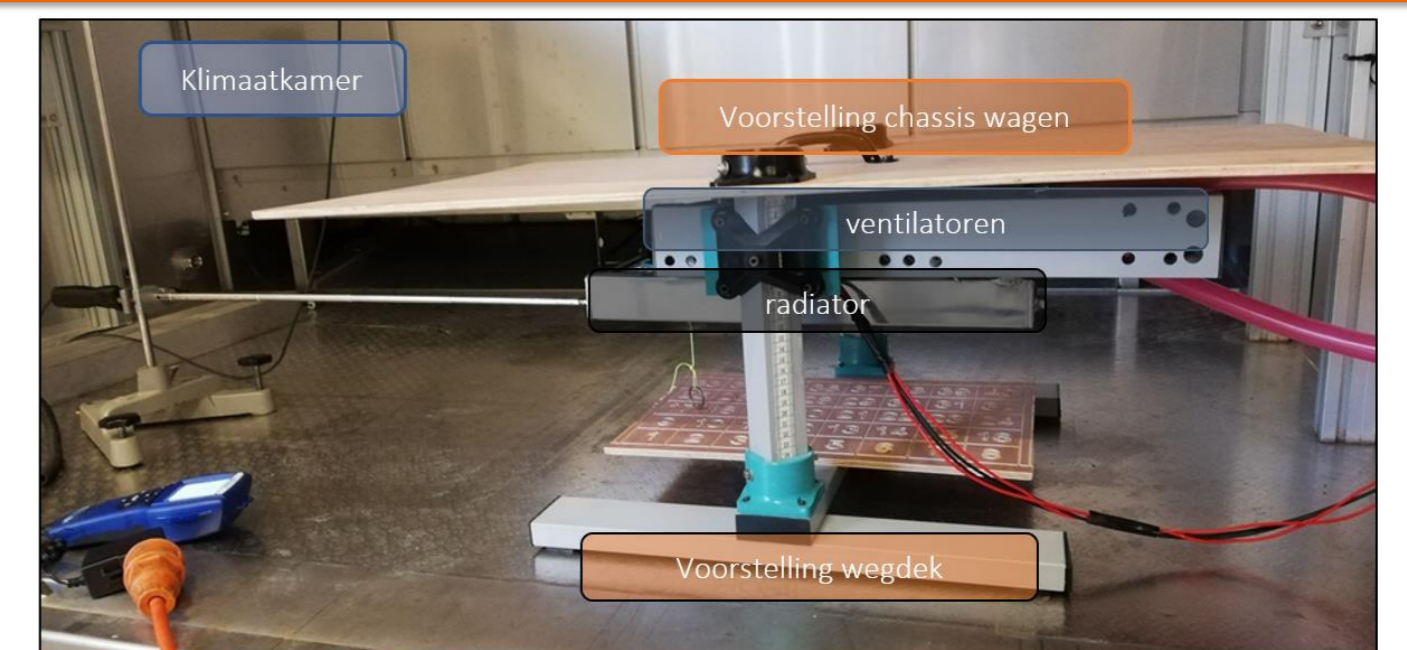
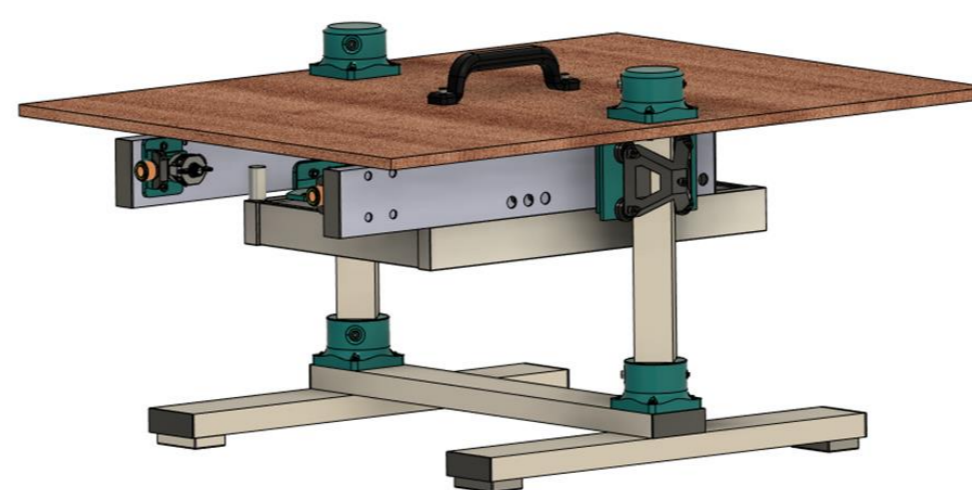
De centrifugaalpomp en de DC ventilatoren maken het tenslotte mogelijk om het thermisch vermogen van het koelcircuit te regelen i.f.v. de werkingstemperatuur van de vermogencomponenten.



Warmteafgifte radiator in-wielmotoren

Door de beperkte technische (thermische) voorhanden eigenschappen van de radiator is ervoor gekozen om een proefondervindelijke meting uit te voeren. In deze meting zal het thermisch gedrag van de radiator gesimuleerd worden. Hierbij zal de ingaande temperatuur van het koelmedium ingesteld worden door een extern warmte/koel-regelsysteem van de fabrikant Lauda. Door gebruik te maken van het Lauda systeem kan het thermisch werkingpunt van de in-wielmotoren gesimuleerd worden.

Uit deze metingen kan voor de verschillende snelheden van het koel- en luchtmedium een verband (UA) gevonden worden voor de lokale warmteoverdrachtscoëfficiënten, welke analytisch moeilijk te bepalen zijn. Met de integratie van de e-NTU methode [3] kan de warmteafgifte van de radiator gesimuleerd worden voor de opgelegde WLTP rijcyclus. Hieruit blijkt dat de gemiddelde warmteafgifte ongeveer 2.4 kilowatt bedraagt.



Optimalisatie koelcircuit in-wielmotoren

Ten gevolge van een andere configuratie van de ventilatoren, waarbij de rotorbladen niet volgens voorgeschreven opgelegde draairichting bewogen, werd een relatief lage luchtstroom gemeten. Na het omdraaien van de rotorbladen werd een sterke toename van de luchtsnelheid gemeten.

Daarnaast is ook een nieuwe positie van de radiator op de wagen in overweging genomen. In de huidige opstelling is de radiator horizontaal bevestigd aan de onderzijde van het chassis van de wagen, welke t.g.v. mogelijk opvliegende steenslag makkelijk beschadigd kan worden. Daarbovenop kan er ook geen nuttig gebruik gemaakt worden van de relatieve luchtsnelheid onder de wagen. In een nieuwe opstelling zou de radiator kunnen vervangen worden door twee kleinere radiatoren die links en rechts achter de voorste bumper grill geplaatst worden.

Conclusie

In de meeste kritische situatie waarbij de wagen in elektrische modus wordt geplaatst en de WLTP rijcyclus wordt geselecteerd, zullen de in-wielmotoren elk 2.5 kilowatt aan gemiddelde warmte genereren over de tijdsperiode van de simulatie. Voor het koelcircuit van de in-wielmotoren betekent dit dat een kleine 5 kilowatt aan warmte moet afgegeven worden ter hoogte van de radiator.

In de huidige opstelling waarbij de ventilatoren van de radiator in push configuratie opgesteld staat, kan er volgens simulatie vastgesteld worden dat de radiator slechts 2.4 kilowatt aan warmte kan afgeven aan de omgeving. Hieruit kunnen we besluiten dat indien de radiator gedimensioneerd moet worden op zijn meest kritische stand (elektrische rijden), het huidige radiator vlak niet voldoende groot is om de in-wielmotoren in hun vooropgestelde werkingstemperatuur te houden.

Een kanttekening hierbij is dat de wagen zich voor het grootste deel zal voortbewegen in de hybride rijmodus, waardoor de warmteontwikkelingen van de in-wielmotoren beduidend lager zullen liggen. Hierdoor kan er besloten worden dat het huidig koelcircuit voldoende koelvermogen kan leveren.

Tenslotte werd er ook nog naar de herpositionering van de radiator gekeken. Uit simulatie blijkt dat door gebruik te maken van 2 kleinere radiatoren en deze in serie werking te schakelen, er een vergelijkbare warmteafgifte aan de omgeving kan worden bekomen. Hierbij kon het totaal radiator oppervlak gereduceerd worden tot bijna de helft, mede door optimaal gebruik te maken van de instromende rijlucht aan de voorzijde van de wagen.

Promotoren / Copromotoren: Ir. Frederik Rogiers
Ir. ing. Nick De Bie

Referenties:
[1] S. Park, "A Comprehensive TMSM for Hybrid Electric Vehicles," Ph.D. thesis, p. 30 - 50, 2011.
[2] L. Guzzella and a Amstutz, "The QSS Toolbox Manual," Fuel, no. June, 2005
[3] S. Kakac, "Heat Exchanger: Selection, Rating and Thermal Design, e-book, 2012