

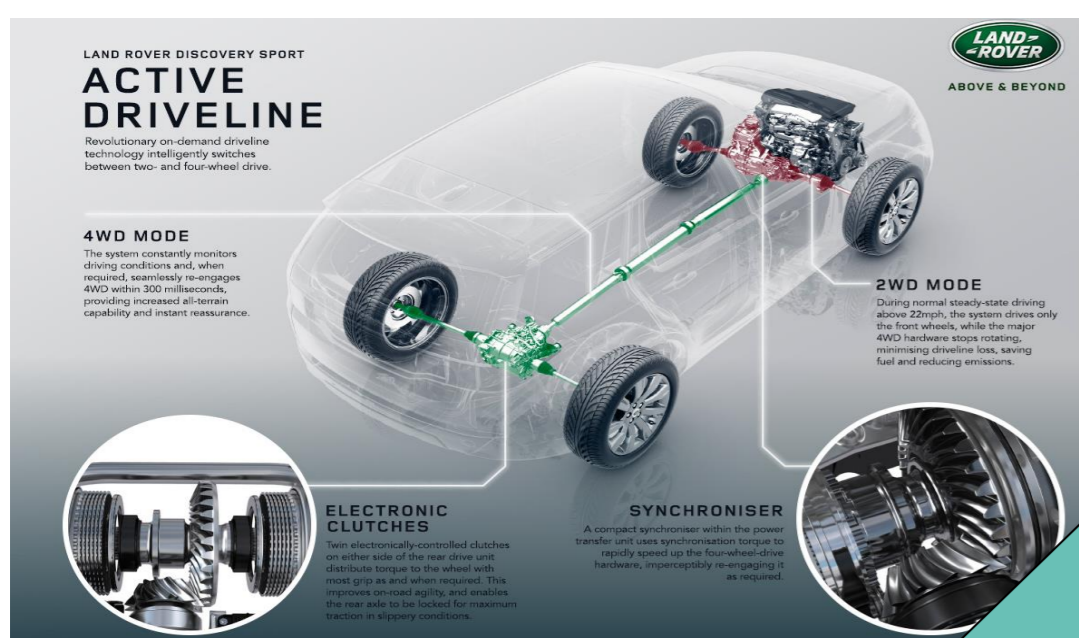
## Ontwikkeling van een controlestrategie voor een differentieel met dubbele koppeling door middel van systeemidentificatie

Yannick Claes

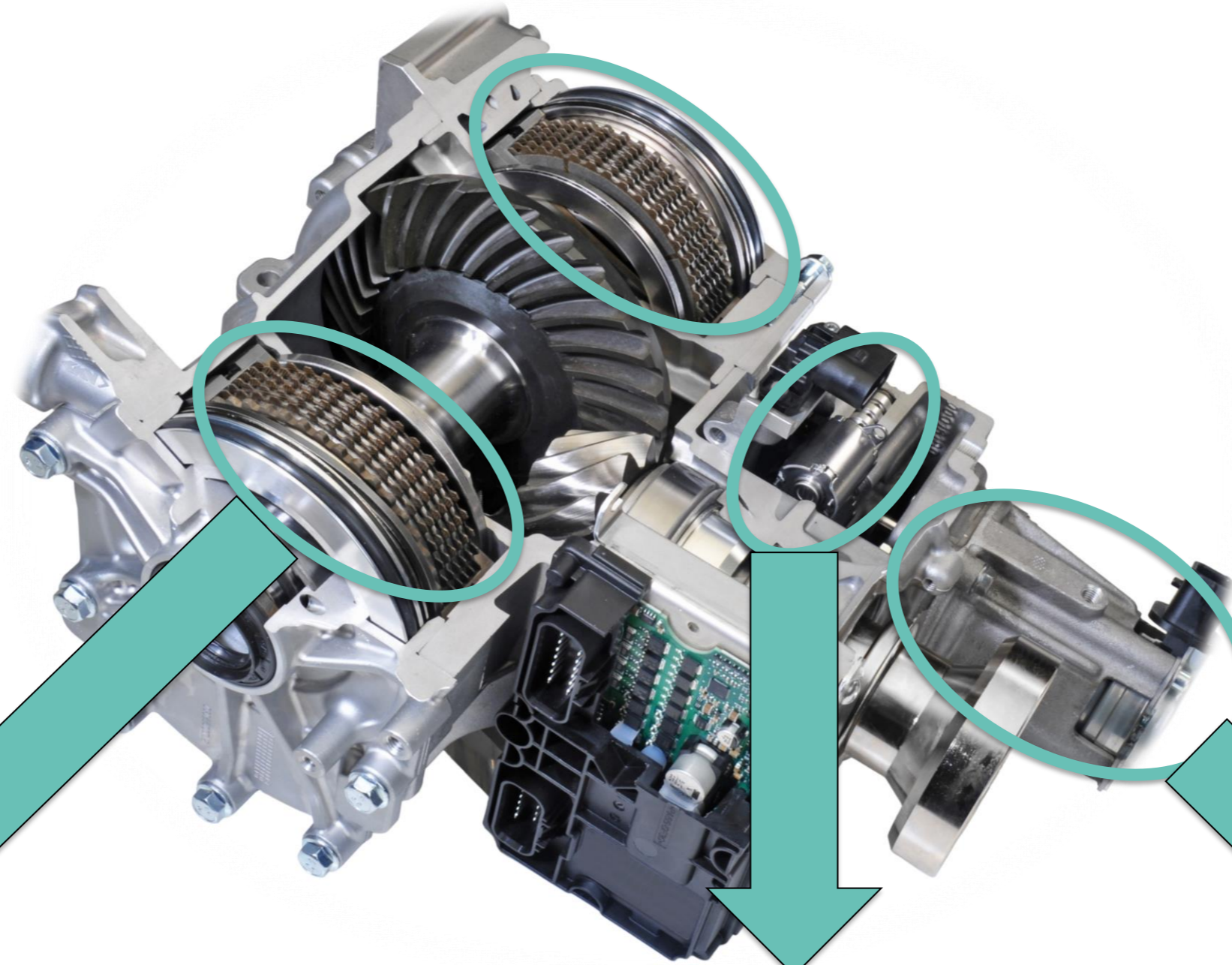
Master IW elektromechanica

### Probleemstelling

In het kader van een project van Flanders Make dient een gebruikte **differentieel** in een **Range Rover Evoque** (figuur 1, groene componenten) **controleerbaar** te zijn. De differentieel bezit aan elke kant een koppelingspakket (figuur 2). Dit verhoogt zowel de prestatie op de weg als langs de weg. Het **probleem** is dat de bestaande **controle-eenheid** niet gebruikt kan worden.



Figuur 1: Situering van de differentieel in een Range Rover Evoque [1]



Figuur 2: Gedetailleerde foto van een geopende differentieel [2]

### Doelstelling

Deze thesis tracht de **basisfunctionaliteiten** van een controle-eenheid **na te maken**. Eerst wordt een grondige studie van elke component (3) gemaakt (figuur 2). Uit de verkregen resultaten worden **controlestrategieën** gemaakt. Figuur 3 toont de opstelling bij Flanders Make. Aan elk van de 3 aansluitpunten van de differentieel is een motor gekoppeld (cardanas + wiel links en rechts). De motoren **simuleren** de wielen en de verbrandingsmotor.

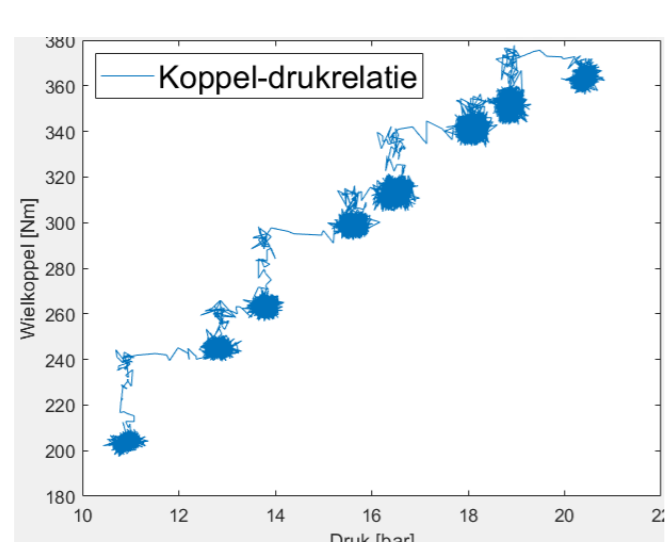
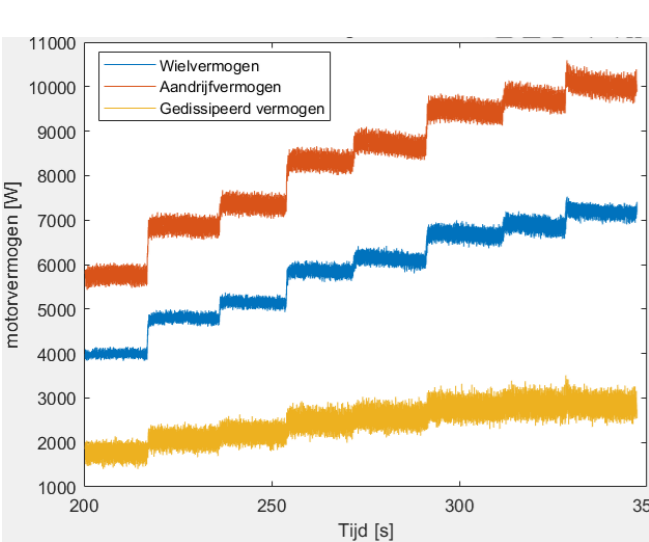


Figuur 3: Foto van de testopstelling

### Componentidentificatie

#### Lamellenkoppeling

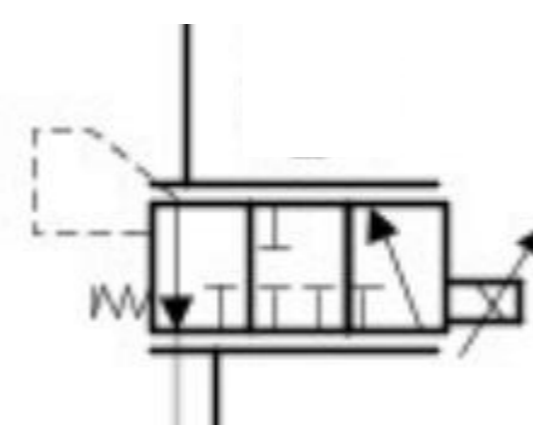
De lamellenidentificatie legt het **verband** tussen de **druk** op de koppeling en het doorgegeven **koppel**. Dit werd uitgevoerd bij 6 rpm **slip** over de koppeling. Figuur 4 toont dat dit snelheidsverschil meer vermogen (of koppel) eist van de motoren bij hogere druk. Daarnaast wordt er 2kW aan hitte ontwikkeld in de koppeling. De olie-eigenschappen veranderen hierdoor. Figuur 5 toont de verkregen druk-koppelrelatie.



Figuur 4: Vermogens bij toenemende druk Figuur 5: Koppel-druk verband bij 6 rpm slip

#### Proportioneel ventiel

Het ventiel heeft **3 standen** (figuur 6): olie-afvoer, olietoevoer en olieblokkage. De ventielen worden in een stand gestuurd door er een **PWM-spanning** (figuur 7) over te zetten met een bepaalde **duty cycle**. Indien de **frequentie** in het juiste bereik ligt is de **stroomrimpel** minimaal. Uit dit onderzoek blijkt dat enkel de frequentie opdrijven **niet voldoende** is om het ventiel stabiel in één stand te sturen, ook al is de stroomrimpel zeer klein.



Figuur 6: Schematische voorstelling van het proportionele ventiel [3, p.11]

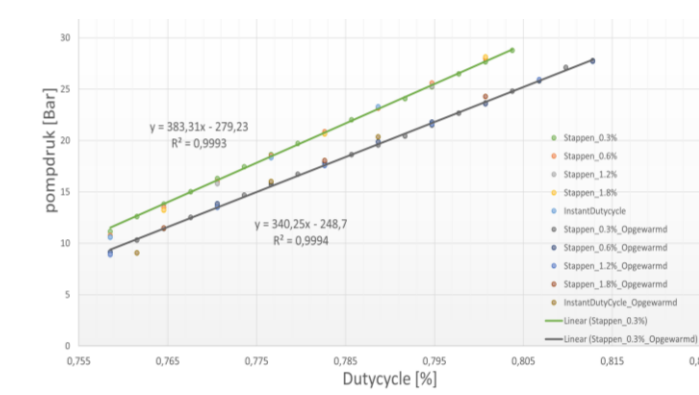


Figuur 7: PWM-spanning spoel (blauw) en spoelstroom (geel)

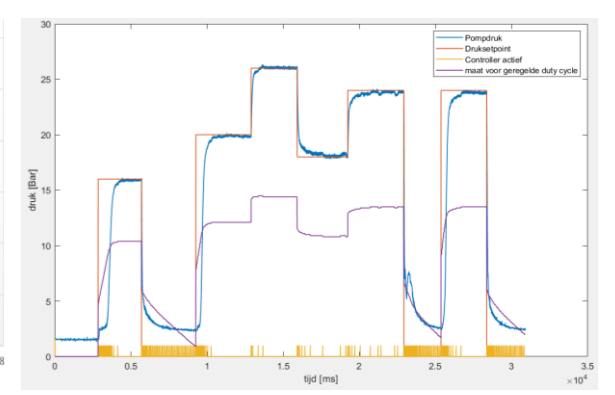
#### Oliepomp

De **druk** in het hydraulische circuit wordt gemaakt door olie te pompen door een **retourleiding**. De druk is afhankelijk van de **viscositeit** en **debiet** van de olie. Het debiet is lineair afhankelijk van het toerental van de pomp en de viscositeit wordt bepaald door de temperatuur.

Een **openlusaansturing** zal daarom een map ( $p = f(n,T)$ ) moeten gebruiken om de druk te voorspellen. Figuur 8 toont de pompdruk in functie van het toerental bij 2 verschillende olietemperaturen. Een **geslotenlusaansturing** elimineert de behoefte aan de temperatuur door de druk te meten (figuur 9).



Figuur 8: De openlusaansturing pomp



Figuur 9: De geslotenlusaansturing

### Controlestrategieën

#### Ventielmogelijkheden

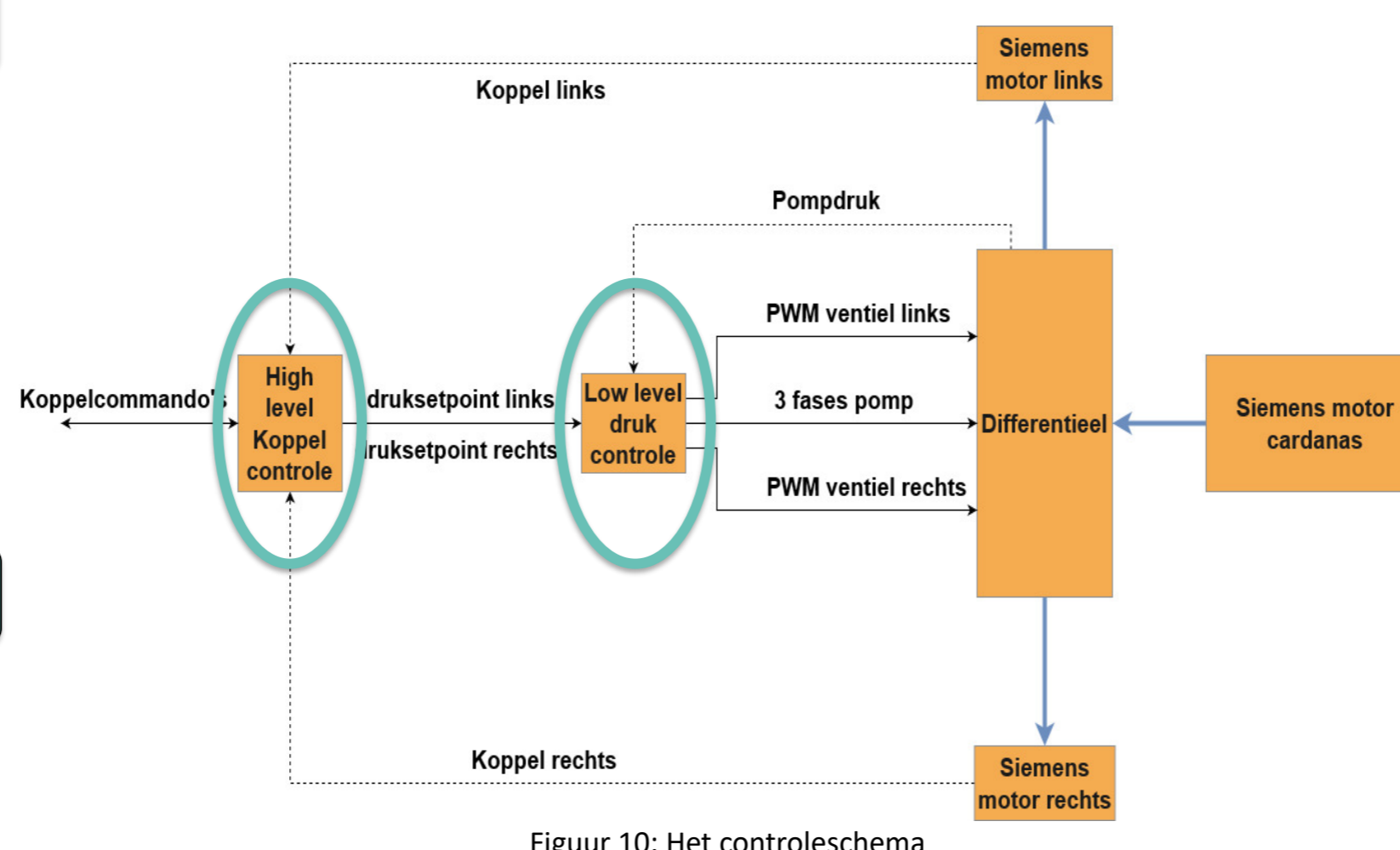
Het ventiel kan op verschillende manieren gebruikt worden:

1. Altijd **geopend**, de pomp moet dan altijd blijven draaien (slechte energie-efficiëntie).
2. Optimaal gebruik maken van de **3 standen**

Door de 3 standen kunnen de koppelingen op verschillende drukken geregeld worden. De pomp kan in deze situatie ook stoppen met draaien omdat de olie nergens naartoe kan. Dit vergt nog extra onderzoek.

#### High level koppelcontrole

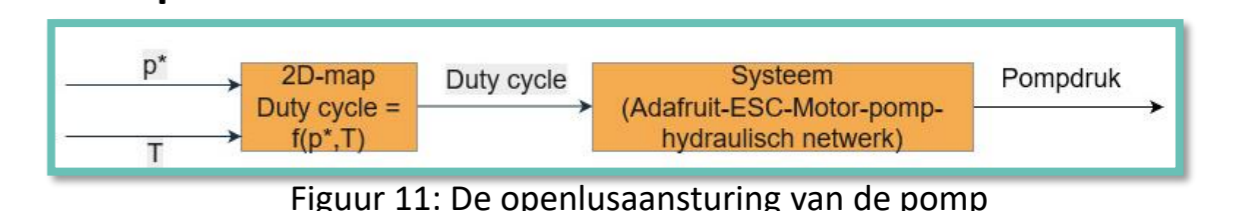
De koppelcontrole kan tijdens het testen op de testopstelling (figuur 3) **geslotenlus** gemaakt worden door de **koppelsensoren** te gebruiken. Een **openlusaansturing** vereist **verdere identificatie** van de koppeling. Figuur 10 toont de positie van deze controller in totale controlestrategie.



Figuur 10: Het controleschema

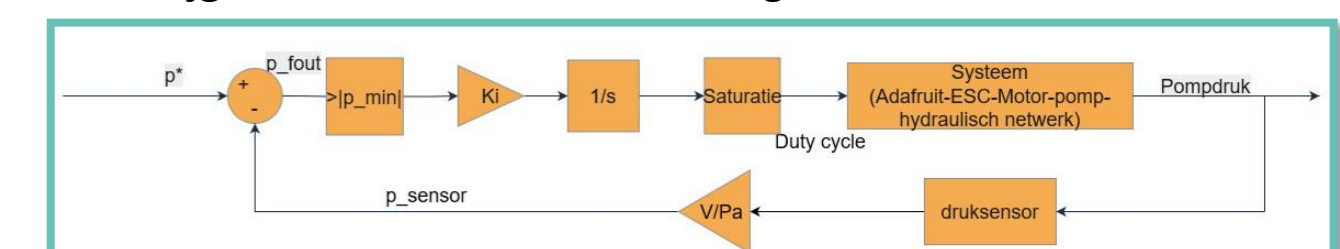
#### Low level drukcontrole

Uit de componentidentificatie blijkt dat de druk geproduceerd door de pomp ook sterk afhankelijk is van de **temperatuur** waarop de hydraulische olie zich bevindt. Figuur 11 toont de **openlusaansturing** schematisch.



Figuur 11: De openlusaansturing van de pomp

Het extra in rekening brengen van de temperatuur maakt de map complexer. De temperatuur wordt buiten rekening gebracht indien de **druk gemeten** wordt (figuur 12). Het **toerental** van de pomp wordt **bijgesteld** naarmate de druk nog niet bereikt is.



Figuur 12: De geslotenluscontrole van de pomp

Promotoren / Copromotoren / Begeleiders

prof. dr. ir. Elke Deckers  
ir. Bernhard Westerhof  
ir. Jasper Desmet