

# Virtuální simulační model systému automatické převodovky

Virtual Simulation Model of Automatic Transmission

Jan Vrba

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mrověk, Ph.D.

Ostrava, 2023

# Zadání bakalářské práce

Student:

**Jan Vrba**

Studijní program:

B0713A060007 Automobilové elektronické systémy

Téma:

Virtuální simulační model systému automatické převodovky  
Virtual Simulation Model of Automatic Transmission

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Analyzujte funkční vlastnosti vzorového systému automatické převodovky.
- 2) Na základě analýzy vytvořte simulační model automatické převodovky.
- 3) Simulační model bude obsahovat komunikační část pro prostředí CANoe a fyzikální část v prostředí MATLAB/Simulink.
- 4) Implementujte modelovaný systém do simulačního modelu vozidla AEscar.
- 5) Funkčnost modelu doložte výstupy z běhu simulace a porovnjete s předpoklady.

Seznam doporučené odborné literatury:

- \* VLK, František. Převodová ústrojí motorových vozidel: spojky, převodovky, rozvodovky, diferenciály, hnací hřídele, klouby. Brno: F. Vlk, 2000. ISBN 80-238-5275-2.
- \* REIF, Konrad a Karl-Heinz DIETSCHE. Automotive handbook. 9th edition, revised and extended. Karlsruhe: Robert Bosch, 2014. ISBN 978-1-119-03294-6.
- \* Chen, Yong. (2021). Automotive Transmissions: Design, Theory and Applications. 10.1007/978-981-15-6703-2.
- \* SSP dokumenty VAG.
- \* Programming With CAPL, Vector CANtech, Inc 2004.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Mrovec, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2022

Datum odevzdání: 30.04.2023

Garant studijního programu: doc. Ing. Petr Šimoník, Ph.D.

V IS EDISON zadáno: 24.11.2022 10:40:57

## **Abstrakt**

Bakalářská práce pojednává o vytvoření virtuálního simulačního modelu automatické převodovky s využitím programů CANoe a MATLAB/Simulink. Cílem je vytvořit simulační model automatické převodovky na základě analýzy AUDI SSP 283 a 284, které se zabývají 6-stupňovou automatickou převodovkou 09E od výrobce ZF a ověřit jeho funkčnost pomocí testovacích scénářů. Vytvořený model byl implementován do simulačního modelu vozidla AEsCar. V práci jsou popsány základy teorie automatických převodovek, použité programy a komunikační protokoly. Dále je v práci podrobně popsán vytvořený simulační model a jeho testování. Výsledky jsou porovnány s očekávanými hodnotami, diskutovány odchylky a možnosti vylepšení modelu.

## **Klíčová slova**

Automatická převodovka, AEsCar, virtuální simulační model, CANoe, MATLAB, Simulink

## **Abstract**

My bachelor thesis is about a virtual simulation model of automatic gearbox with use of applications CANoe and MATLAB/Simulink. The purpose of this thesis is to create an automatic transmission model based on AUDI SSP 283 and 284 analysis dealing with 6-speed automatic gearbox 09E manufactured by ZF and to verify its functionality with test scenarios. My model was implemented into the AEsCar simulation model. My thesis consist of a description of automatic transmissions bases, used programs and communication protocols. There is also a detailed description of my model and of its testing. The results are compared to the expectations and there are mentioned possible improvements.

## **Keywords**

Automatic transmission, AEsCar, virtual simulation model, CANoe, MATLAB, Simulink

## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval mému vedoucímu práce Ing. Tomáši Mrovčovi, Ph.D. za odborné vedení.

# Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratek	7
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	10
<b>1 Úvod</b>	<b>11</b>
<b>2 Teoretický rozbor</b>	<b>12</b>
2.1 Převodovky . . . . .	12
2.2 Sběrnice CAN-BUS . . . . .	14
2.3 Virtuální simulace pro automotive . . . . .	16
2.4 Univerzitní model AEScar . . . . .	17
<b>3 Analýza 6stupňové automatické převodovky 09E / ZF 6HP26</b>	<b>19</b>
3.1 Analýza z pohledu fyzikálních vlastností převodovky . . . . .	19
3.2 Základní parametry převodovky . . . . .	19
3.3 Snímače převodovky . . . . .	20
3.4 Akční členy . . . . .	21
3.5 Volič jízdních režimů . . . . .	21
3.6 DSP - dynamický program řazení . . . . .	23
<b>4 Navržené řešení</b>	<b>24</b>
4.1 Sběrnice CANmotor . . . . .	24
4.2 Důležité zprávy a signály pro funkčnost ŘJ AT . . . . .	25
4.3 Ovládací panel . . . . .	25
4.4 ŘJ Automatické převodovky . . . . .	26
4.5 ŘJ Motoru . . . . .	32
4.6 ŘJ ShiftLever . . . . .	33
4.7 Fyzikální model MATLAB/Simulink . . . . .	33

<b>5</b>	<b>Výstupy ze simulace</b>	<b>39</b>
5.1	Testovací scénáře . . . . .	39
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>44</b>
	<b>Zdroje</b>	<b>45</b>

# Seznam použitých zkratek a symbolů

ID	–	Identifikátor
ŘJ	–	Řídící jednotka
AT	–	Automatická převodovka
CVT	–	Variátorová převodovka
SW	–	Software
DSP	–	Dynamický program řazení
sVar	–	Interní proměnná
Sig	–	Signál
RPM	–	Otáčky za minutu
BCM	–	Centrální řídicí jednotka

# Seznam obrázků

2.1	Mapa točivého momentu spalovacího motoru [1]. . . . .	12
2.2	Ukázka principu variátoru [2] . . . . .	14
2.3	Ukázkové použití sběrnice CAN-BUS v automobilu [3] . . . . .	15
2.4	Ukázka průběhu napětí na sběrnici CAN-BUS . . . . .	15
2.5	Datová struktura zprávy [4] . . . . .	16
2.6	Ukázka prostředí CANoe a převodníku . . . . .	17
2.7	Ukázka kódu z programu Simulink [7] . . . . .	18
3.1	Graf rychlostí motoru v závislosti na rychlosti otáček [8] . . . . .	22
3.2	Porovnání řadící mapy pro režim D a S [8] . . . . .	22
3.3	Schéma DSP [9] . . . . .	23
4.1	Ukázka jednotek na sběrnici CANmotor . . . . .	24
4.2	Ovládací panel záložka "General" . . . . .	26
4.3	Ovládací panel záložka "AT" . . . . .	26
4.4	Stavový diagram jednotky . . . . .	28
4.5	Vývojový diagram určující režim jízdy . . . . .	29
4.6	Diagram určující rychlostní stupeň . . . . .	30
4.7	Schéma fyzikální části modelu . . . . .	34
4.8	Diagram bloku Clutch . . . . .	35
4.9	Diagram bloku Brake . . . . .	35
4.10	Diagram bloku Gearbox . . . . .	36
4.11	Diagram bloku LongitVehicleDynamics . . . . .	36
4.12	Schéma bloku Tables . . . . .	38
4.13	Mapy pro řazení . . . . .	38
5.1	Graf zobrazující otáčky motoru a zařazený rychlostní stupeň při zrychlení na maximum	40
5.2	Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při zrychlení na maximum	40
5.3	Graf zobrazující otáčky motoru a zařazeného rychlostního stupně při zpomalení . . .	41



5.4	Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při zpomalení . . . . .	41
5.5	Graf zobrazující otáčky motoru při zpátečce . . . . .	42
5.6	Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při zpátečce . . . . .	42
5.7	Graf zobrazující otáčky motoru při manuálním módu . . . . .	43
5.8	Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při manuálním módu . .	43

# Seznam tabulek

3.1	Převodové poměry převodovky [8]. . . . .	19
3.2	Ostatní parametry [8]. . . . .	20
4.1	Popis zprávy msgESP_01 . . . . .	25
4.2	Popis zprávy msgClampStatus . . . . .	25
4.3	Popis zprávy msgAT_01 . . . . .	27
4.4	Interní stavy AT . . . . .	27
4.5	Popis interních proměnných . . . . .	32
4.6	Popis zprávy msgMotor_01 . . . . .	32
4.7	Popis zprávy msgShiftLever . . . . .	33
4.8	Obecné parametry simulace . . . . .	34
4.9	Statické parametry vozidla simulace . . . . .	34

# Kapitola 1

## Úvod

Bakalářská práce rozebírá vytvořený simulační model automatické převodovky. Model je složený z komunikační a fyzikální části. Je založený na základě funkční analýzy vzorového systému převodovky Audi 09E.

Komunikační část je vytvořena v programu CANoe a slouží k simulování komunikace mezi jednotkami a interních proměnných nacházejících se v jednotkách. V programu CANoe je rovněž vytvořen i ovládací panel sloužící pro řízení celé simulace.

Fyzikální část se nachází v programu MATLAB/Simulink a zpracovává náročnější výpočty pro simulaci, jsou zde také uloženy konstantní parametry vozidla.

Simulační model je implementován do univerzitního modelu AEScar, který doplňuje o funkčnost automatické převodovky a řízení otáček motoru. Model AEScar je simulační model celého vozidla vyvíjený na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě Ostrava.

V práci je rozpracovaná teorie a principy automatických převodovek, včetně jejich typů a principů. Dále je popsáno použití programů CANoe a MATLAB/Simulink.

Simulační model byl ověřen pro různé scénáře, tento proces je důkladně popsán a analyzován pro zajištění přesnosti a spolehlivost simulačního modelu.

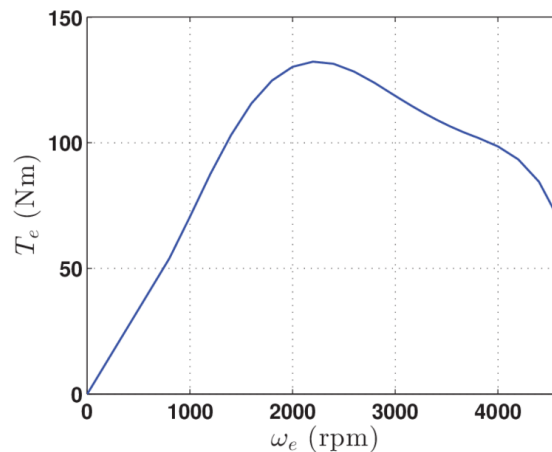
## Kapitola 2

# Teoretický rozbor

### 2.1 Převodovky

#### 2.1.1 Převodovky v automobilech

Funkcí převodovek v automobilech je měnit točivý moment a rychlost na výstupní hřídeli, která převádí dále tyto veličiny na kola (to je provedeno i přes další převodové mechanismy jako např. diferenciál nebo soustava více diferenciálů a další stálé převodové stupně), a to za účelem co nejeftivněji využít spalovací motor. Spalovací motory mají nerovnoměrnou křivku točivého momentu a výkonu (viz. Obrázek 2.1 ), proto se snažíme co nejlépe využít potenciál motoru pro konkrétní podmínky, v nichž se nacházíme.



Obrázek 2.1: Mapa točivého momentu spalovacího motoru [1].

Převodové ústrojí v automobilech je zapotřebí také z důvodu zajištění dalších režimů vozidla, a to neutrálu a zpětného chodu. Funkce neutrál slouží k rozpojení motoru a kol tak, aby motor mohl běžet a vozidlo stálo na jednom místě. Jedná se o stav, kdy není zařazený žádný rychlostní stupeň.

Režim zpětný chod umožňuje vozidlu couvat. Toto bývá realizováno pomocí zařazení jednoho ozubeného kola navíc, než ve směru dopředu, čímž se změní směr otáčení výstupní hřídele. Výhodou převodových ústrojí je, že pomáhají spalovacím motorům, které nejsou efektivní a výkonné v celém spektru otáček. U elektrických motorů, které mají dostatek točivého momentu po většinu využitelných otáček, není třeba převodovky využít, případně jsou využity jenom jednodušší převodové mechanismy s menším počtem převodů (např. 2).

Nevýhodou převodovek je snížení efektivity hnacího ústrojí většinou poměrem (0,92-0,97). Vzhledem k složité konstrukci jsou jejich opravy náročné a nákladné.

Hnací ústrojí automobilů je dále vybavené dalšími prvky, které mění rychlost, moment a efektivitu. Například: spojky, spojovací, kloubové hřídele, rozvodovky a momentové měniče. Ty ale v dalším rozdělení vynecháme a budeme se zabývat pouze převodovkami.

## 2.1.2 Základní principy automatických převodovek

Hlavní funkcí je přenesení síly motoru na kola pomocí hnacího ústrojí bez nutnosti zásahu řidiče. Vozidlo vybavené automatickou převodovkou má několik jízdních režimů, pomocí kterých řidič určí, jak chce, aby se vozidlo chovalo.

Při jízdě v režimu D dopředu se snažíme o dosažení maximálního komfortu ve vozidle a nejefektivnější jízdy z pohledu emisí a opotřebení.

Ve sportovním režimu jsou podmínky pro volbu rychlostního stupně přizpůsobeny lepšímu zážitku z jízdy. Změny rychlostních stupňů jsou tak upraveny pro využití maximálního potenciálu motoru, nehledí se tolik na emise a komfort ve vozidle. Tento režim je často doplněn úpravou nastavení podvozku, zvukovými efekty do kabiny a změnou citlivosti posilovače řízení.

Režim parkování zajistí kola tak, aby vozidlo nemohlo odjet, a to zasunutím západky do převodovky, čímž je zabráněno možnému pohybu kol.

Automatické převodovky mohou být vybaveny i režimem sekvenčního řízení, kdy je řidiči umožněno volit si rychlostní stupeň dle svého uvážení.

Jsou navrženy za účelem snížení opotřebení a dosažení vyšší životnosti. Nabízejí řidiči jednodušší ovládání a vyšší komfort ve vozidle za cenu vyšších pořizovacích nákladů.

## 2.1.3 Typy automatických převodovek

### 2.1.3.1 Podle způsobu změny převodového stupně

**Robotizovaná převodovka** Robotizované převodovky umožňují řidiči volit rychlostní stupeň pomocí řadicí páky, která je doplněna o elektromechanické ovládání spojky. Toto provedení je nejlevnější a nejjednodušší automatickou převodovkou. Využití těchto převodovek vede k plynulejší jízdě a dosažení nižší spotřeby paliva než klasická manuální převodovka.

### **Planetová převodovka s hydrodynamickým měničem**

Většina automatických převodovek je realizovaná pomocí planetárních převodů. Vyrábějí se s větším

rozptylem převodových stupňů a to od 4stupňových až po 10stupňové. Málo převodových stupňů (méně než 6) se používá v menších automobilech vzhledem malým rozměrům na úkor komfortu a efektivity. 6stupňové převodovky mají lepší vlastnosti a jsou ideální pro střední automobily. Více převodových stupňů pak používají až luxusnější automobily. To, jakým způsobem převodovka volí převod, závisí na mnoha faktorech, primárně ale aktuální zvolený jízdní režim. Pomocí několika spojek a brzd dochází k měnění rychlostních stupňů. Jednotlivé spojky brzdí nebo odbrzdí ožubená kola a tím dochází ke změně převodového poměru.

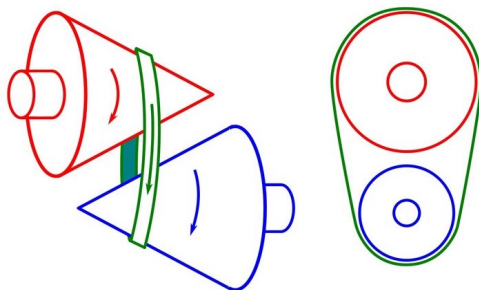
K rozjezdům využívá planetová převodovka hydrodynamický měnič. Ten je složený z pumpy, statoru a turbíny. Pumpa je připojena na výstupní hřídel motoru a při otáčení vytváří proud kapaliny, kterým roztáčí turbínu. Přenášený výkon je plynulý, a proto se využívají k rozjezdu. Stator slouží pouze k úpravě toku kapaliny tak, aby byl měnič efektivnější. **Dvouspojková převodovka DSG**

DSG převodovky mají dvě spojky, každá z nich ovládá oddělený soubor převodů. Jedna spojka řídí sudé převodové stupně, zatímco druhá spojka řídí liché.

Při změně převodových stupňů se první spojka uvolní a současně se druhá spojka začne připojovat následující stupeň. Dochází tak k menším ztrátám výkonu díky kratší době přerazení.

### Variátorová převodovka CVT

Nemá několik fixních převodů, ale mění si převodový poměr podle potřeby dynamicky. To zajišťuje plynulejší jízdu a přesnější možnost pro volbu správného převodu.

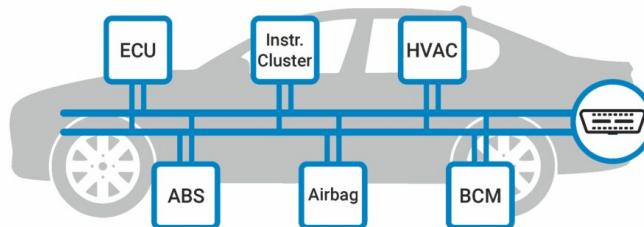


Obrázek 2.2: Ukázka principu variátoru [2]

## 2.2 Sběrnice CAN-BUS

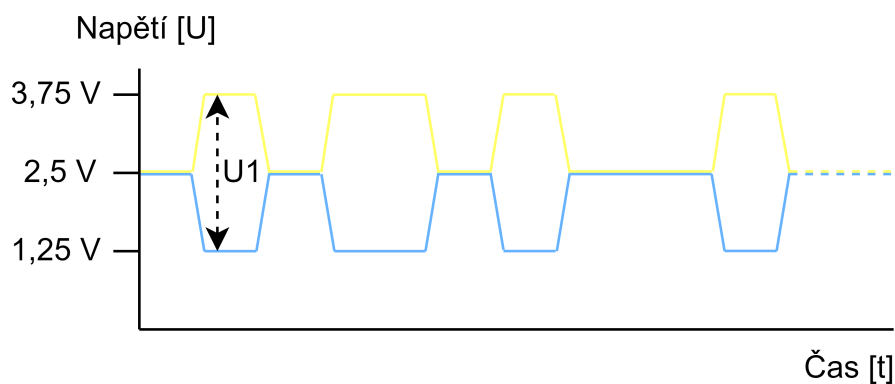
CAN-BUS je sběrnice sloužící k propojení elektronických jednotek a senzorů. Komunikace po této sběrnici je vysokorychlostní s přenosovou rychlostí až 1Mb/s. Primárně je tento způsob komunikace využíván v automobilovém průmyslu a průmyslových řídicích systémech.

V automobilovém průmyslu je sběrnice využívána pro komunikaci mezi řídicími jednotkami. Na obrázku 2.3 je vidět ukázkové použití sběrnice CAN-BUS v automobilu.



Obrázek 2.3: Ukázkové použití sběrnice CAN-BUS v automobilu [3]

Komunikace probíhá pomocí dvou vodičů. Vodič CAN\_H (CAN High) je na obrázku 2.4 označen žlutě a druhý CAN\_L (CAN Low) je zobrazen modře. Definuje dvě úrovně bitu. Dominantní stav (logická 0), na CAN High 3,75 V a CAN Low 1,75 V. Recesivní stav (logická 1) je reprezentován pro oba vodiče hodnotou 2,5 V.



Obrázek 2.4: Ukázka průběhu napětí na sběrnici CAN-BUS

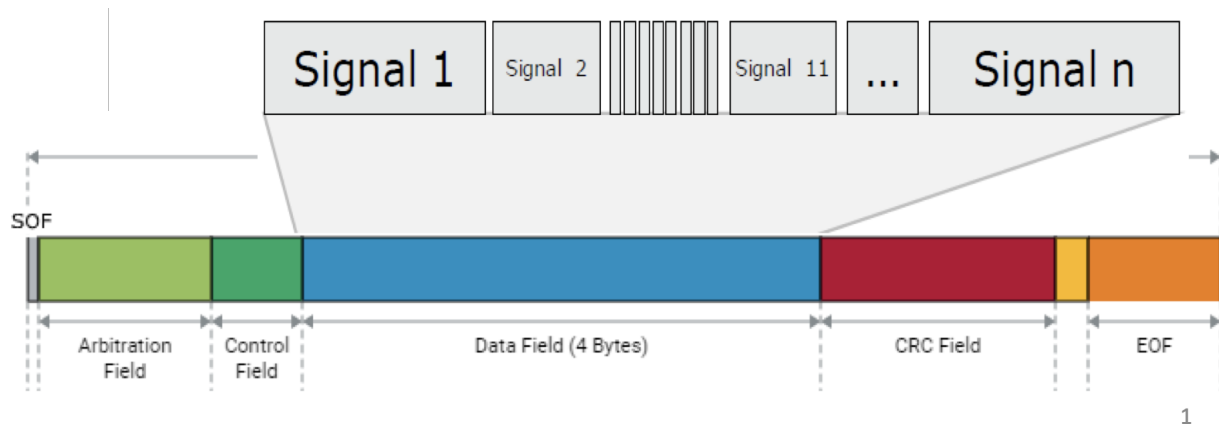
## 2.2.1 Struktura CAN-BUS

### 2.2.1.1 Uzly

Uzly jsou jednotlivé ŘJ komunikující po sběrnici. Odesílají a přijímají zprávy. Ukázka zapojení jednotlivých uzlů je vidět na obrázku 2.3. Všechny uzly mají definované zprávy, které odesílají a přijímají.

### 2.2.1.2 Zprávy

Jednotlivé zprávy jsou odesílané po sběrnici CAN a obsahují tyto atributy: ID (definuje prioritu), název, signály, čítač a kontrolní součet (viz. obrázek 2.5).



Obrázek 2.5: Datová struktura zprávy [4]

### 2.2.1.3 Signály

Signály jsou jednotlivé datové rámce, do kterých se ukládají data na přenos. V obrázku 2.3 jsou reprezentovány označením "Signál 1, ... Signál n".

## 2.3 Virtuální simulace pro automotive

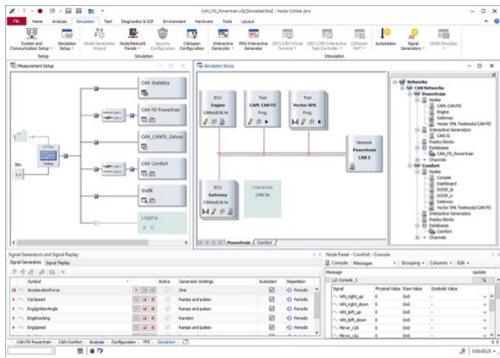
Virtuální simulace je modelování a simulování chování automobilů a jejich komponentů pomocí SW. Simulace je pro automotive velmi důležitá, protože šetří náklady a urychluje vývoj, díky vyhnutí se havarijním stavům a potřebě reálných objektů. Nabízejí také možnost různé úpravy rychlosti času a rovněž testovat různé scénáře opakovaně.

### 2.3.1 Programy využívané pro virtuální simulaci

#### 2.3.1.1 Program CANoe

CANoe je testovací SW nástroj primárně používaný v automotive k testování, analýze, simulaci a vývoji. Lze v něm testovat komunikaci různých protokolů. Primárně ale slouží k simulaci a měření na sběrnici CAN. SW lze pomocí převodníku (interface viz. Obrázek 2.6) připojit k reálné sběrnici, řídicím jednotkám a simulovat pro různá data jejich chování.





(a) Prostředí CANoe [5].



(b) Převodník VH6501 [6].

Obrázek 2.6: Ukázka prostředí CANoe a převodníku

### 2.3.1.2 Program MATLAB/Simulink

Jedná se o SW určený k výpočtům, tvorbě algoritmů, modelování a simulaci. Simulink je grafické programovací prostředí rozšiřující MATLAB. Grafické prostředí nabízí uživatelsky přívětivější a jednodušší ovládání, samotné výpočty pak probíhají v programu MATLAB. Simulink může fungovat s CANoe v módu offline nebo synchronized.

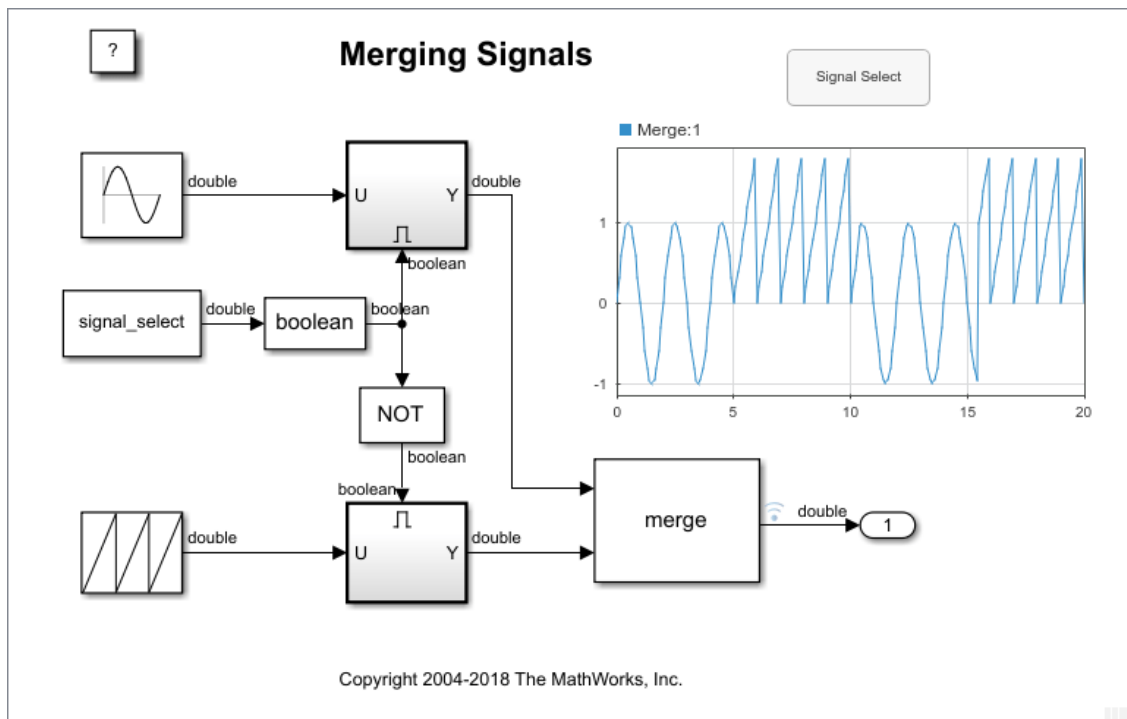
Na obrázku 2.7 je znázorněna krátká ukázka kódu vytvořeného programem Simulink.

### 2.3.2 Možnosti a omezení virtuálních simulací

Hlavní nevýhodou simulace je její omezená přesnost a nemožnost simulovat všechny vlivy a faktory. Důležitou částí simulace je správné nastavení a kalibrace, bez kterých by výsledky simulace byly bezvýznamné.

## 2.4 Univerzitní model AEScar

AEScar je simulační model obsahující různé prvky replikující chování automobilu do virtuálního prostředí. Primárně slouží k simulaci komunikace mezi jednotkami, kterou můžeme sledovat v okně "trace", kde jsou vidět jednotlivé zprávy odesílané a přijímané po sběrnici.



Obrázek 2.7: Ukázka kódu z programu Simulink [7]

## Kapitola 3

# Analýza 6stupňové automatické převodovky 09E / ZF 6HP26

### 3.1 Analýza z pohledu fyzikálních vlastností převodovky

Jedná se o automatickou 6stupňovou převodovku, která mění rychlost a moment ze vstupní hřídele na výstupní. Je klíčovým prvkem k dosažení nízké spotřeby a dodržení emisních limitů ve vozidlech. Modelovaná převodovka je převzata podle předlohy převodovky 09E. Jde o elektrohydraulicky řízenou planetární převodovku s hydrodynamickým měničem. Způsob ovládaní je zajištěn systémem "Mechatronic". Mechatronic je systém hydrauliky ovládaný elektronicky řízený programem DSP s odděleným režimem S (sport) a tiptronic pro manuální řazení pádly nebo voličem režimů.

### 3.2 Základní parametry převodovky

Za převodovkou je umístěná rozvodová soustava s Torsenovým centrálním diferenciálem typu A 50/50. Z konstrukčních důvodů je převodovka v automobilu umístěna podélně.

Tabulka 3.1: Převodové poměry převodovky [8].

Rychlostní stupeň	Převodový poměr	Účinnost
1. stupeň	4,171	91,9 %
2. stupeň	2,340	93,4 %
3. stupeň	1,521	95,5 %
4. stupeň	1,143	95,3 %
5. stupeň	0,867	94,8 %
6. stupeň	0,691	93,8 %
R (zpětný chod)	3,403	není uvedeno výrobcem

Tabulka 3.2: Ostatní parametry [8].

Parametry	Hodnoty	Jednotka
Váha	142	Kg
Délka	98	cm
Rozptyl	6,04	-
Maximální točivý moment	650	Nm
Maximální výkon	320	kW
Maximální otáčky vstupní hřídele	5800	RPM

### 3.3 Snímače převodovky

#### 3.3.1 Hallové senzory otáček

Vstupní otáčky převodovky neodpovídají přesně otáčkám motoru (kvůli hydrodynamickému měniči), proto je převodovka vybavena snímačem vstupních otáček, které je nutno znát pro přesné řazení.

Dále jsou v převodovce umístěné další senzory polohy např. ve voliči jízdních režimů, kde je pomocí soustavy Hallových senzorů snímána jeho poloha.

#### 3.3.2 Snímač teploty G93

Na modulu "Mechatronic" je umístěn snímač teploty, který provádí úpravu řídicího algoritmu na základě teploty v převodovce. Teplota oleje v převodovce má na převodové ústrojí zásadní vliv. Při 120 °C teplota ovlivňuje dlouhodobou opravitelnost převodovky a při více než 150 °C dochází k nevratnému poškození převodového ústrojí.

Kvůli těmto teplotním vlivům je na převodovce zabudované omezení podle teploty oleje, to je rozděleno do několika fází.

##### 3.3.2.1 1. Fáze > 126 °C

Křivka řazení je posunuta do vyšších otáček motoru pomocí DSP.

##### 3.3.2.2 2. Fáze > 141 °C

Dochází k razantnímu omezení točivého momentu motoru až na 60 %.

##### 3.3.2.3 3. Fáze > 147 °C

Dochází k vypnutí elektrického zdroje ventilů a zabránění přehřátí jednotky, převodovka je uvedena do nouzového režimu.

Teplotní snímač funguje na principu polovodiče, PN přechodu se snižujícím se odporem při rostoucí teplotě.

## **3.4 Akční členy**

### **3.4.1 EDS, solenoid ventil ovládající tlak**

Jedná se o elektricky ovládaný ventil regulující hydraulický tlak podle elektrického proudu.

#### **3.4.1.1 Ventil s rostoucí charakteristikou**

S přibývajícím proudem roste propouštěný tlak.

#### **3.4.1.2 Ventil s klesající charakteristikou**

S ubývajícím proudem propouštěný tlak klesá.

### **3.4.2 Solenoid 3/2**

Elektricky ovládaný ventil přepínající mezi dvěma stavy otevřeno/zavřeno ovládající hydraulický systém.

## **3.5 Volič jízdních režimů**

Jde o samostatnou ŘJ, která poskytuje ŘJ převodovky informaci o požadavku na chování vozidla. Nachází se ve voliči a pomocí Hallových snímačů zjišťuje její polohu, která nabývá stavů rozebraných v podkapitolách.

### **3.5.1 Pozice P**

Umožňuje vyjmout klíče ze zapalování pro opuštění zaparkovaného vozidla. Je jedinou možností, jak auto vypnout, jinak nedochází k uvolnění klíčků ze zapalování. Bez zařazení tohoto módu a vypnutí motoru se spustí zvukové výstražné znamení. Zařazením módu P dochází k zajištění výstupní hřídele parkovacím zámkem proti svévolnému otáčení.

### **3.5.2 Pozice R**

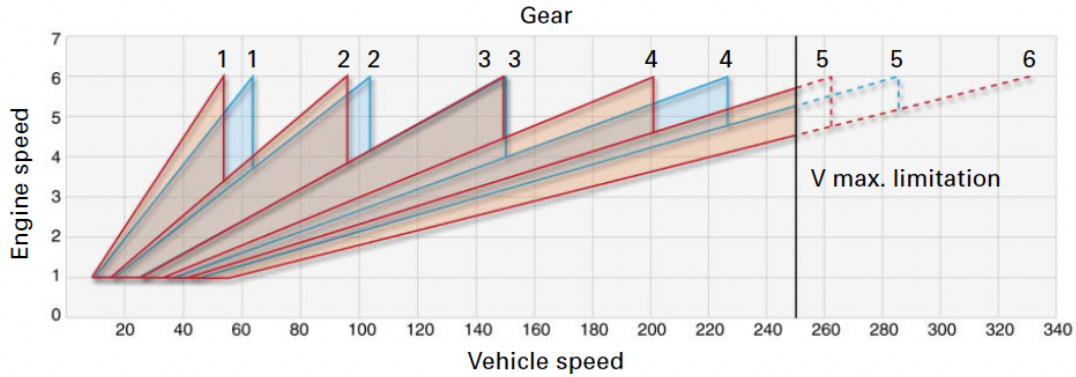
Slouží k uvedení vozidla do pohybu směrem dozadu. Zároveň při spuštění tohoto řídicího módu dojde k rozsvícení couvacích světel. Spustí parkovacího asistenta a sklopí zrcátka.

### **3.5.3 Pozice N**

Tato pozice rozpojí motor od kol a při zvyšujících se otáčkách motoru se změna neprojeví na výstupních otáčkách převodovky.

### 3.5.4 Pozice D

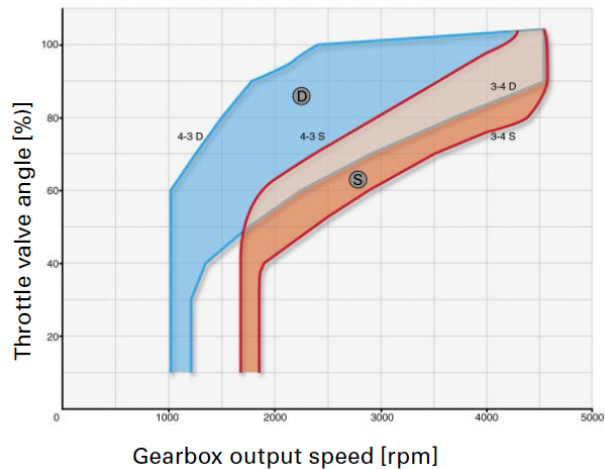
Nejvíce používaný mód řízení pro pohyb vozidla směrem dopředu. V tomto módu dochází k řazení podle základní momentové a rychlostní mapy (viz. Obrázek 3.1).



Obrázek 3.1: Graf rychlostí motoru v závislosti na rychlosti otáček [8]

### 3.5.5 Pozice S

Při tomto zvoleném módu dochází k úpravě mapy řízení tak, aby motor byl ve vyšších otáčkách a vozidlo mělo rychlejší reakce. Porovnání vlivu módu D a módu S je možné vidět na Obrázku 3.2.



Obrázek 3.2: Porovnání řadící mapy pro režim D a S [8]

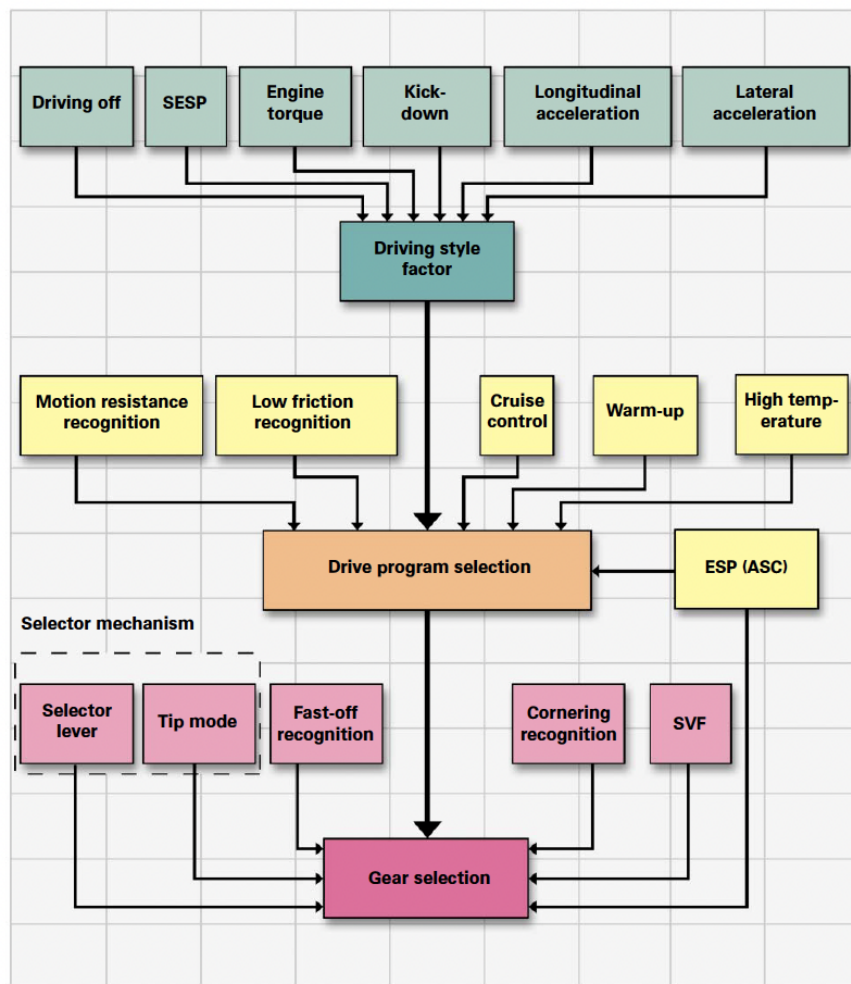
### 3.5.6 Pozice MANUAL

Pozice MANUAL umožňuje řidiči řídit podle vlastního uvážení pomocí tlačítek plus a mínus označených jako "TIPPTRONIC", nacházejících se u řadící páky a jako pádla pod volantem. Chování

převodovky ovládá řidič, ale ŘJ hlídá, aby se nedostala do kritického stavu a případně chování upraví.

### 3.6 DSP - dynamický program řazení

Je program určující zařazenou rychlost na základě parametrů, zhodnocení řídicí situace a řídicího stylu. DSP přímo rozhoduje o zařazení rychlostního stupně na základě vybraného režimu jízdy, který upravuje podle řídicího stylu, systému ESP, tempomatu, teploty motoru, případně omezuje výkon motoru podle vysoké teploty oleje převodovky. Přesnější popis programu DSP je zobrazen na Obrázku 3.3.



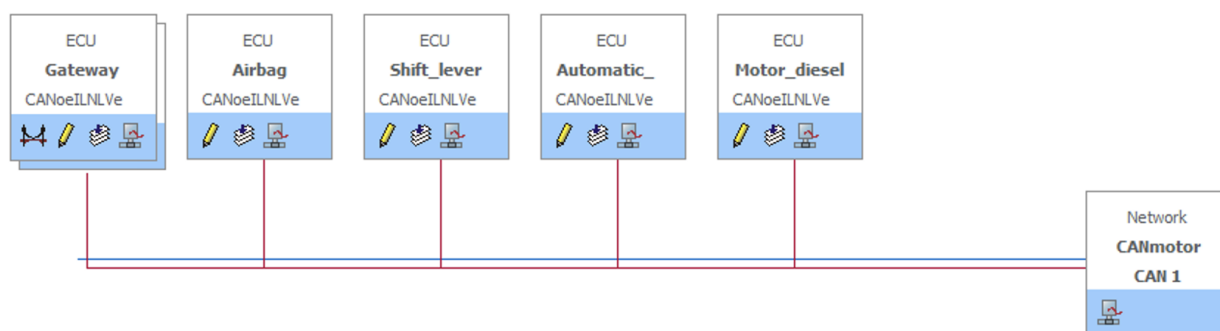
Obrázek 3.3: Schéma DSP [9]

## Kapitola 4

# Navržené řešení

### 4.1 Sběrnice CANmotor

Řídící jednotka AT je umístěna na sběrnici CANmotor, komunikující pomocí protokolu CAN, kde je spolu s dalšími řídicími jednotkami ŘJ Airbag, ŘJ ShiftLever a ŘJ motoru. Ke komunikaci s ostatními CANY umístěnými v simulačním modelu využívá ŘJ Gateway, která slouží k propojení sítí CANmotor, CANchassis, CANbody, CANcomfort. Tyto ostatní sběrnice slouží k obsluhování ostatních ŘJ.



Obrázek 4.1: Ukázka jednotek na sběrnici CANmotor



## 4.2 Důležité zprávy a signály pro funkčnost ŘJ AT

### 4.2.1 Popis zprávy msgESP\_01

Zpráva msgESP\_01 je odesílána jednotkou ESP přes jednotku Gateway do ŘJ AT, která předává informace o aktuální rychlosti a o poloze pedálu. Rychlost je vypočítávaná ve fyzikální části a signál brzdového pedálu je řízený ovládacím panelem.

Tabulka 4.1: Popis zprávy msgESP\_01

Název signálu	Rozmezí hodnot	Popis signálu	Přijímací jednotky
sigESP_VehicleSpeedAct	0 - 655.35 kmph	vypočtená rychlost vozidla	GW, AT
sigESP_DriverBrakes	0 - 1	určuje stav brzdového pedálu	GW, AT

### 4.2.2 Popis zprávy msgClampStatus

Tato zpráva obsahuje údaje o stavu obecném stavu vozidla na CANmotor a je přijímána pomocí ŘJ Gateway a všechny její signály jsou posílány do všech jednotek na CANmotor. Tuto zprávu využíváme a měníme pomocí ŘJ motoru při stisknutí tlačítka IL global control, na ovládacím panelu se změní stav interní proměnné global\_control, která v ŘJ motoru změní stav signálu sigSW\_KL15 na ACTIVE. Tato funkce by měla být v budoucnu přemístěna do ŘJ BCM na CANchassis.

Tabulka 4.2: Popis zprávy msgClampStatus

Název signálu	Rozmezí hodnot	Popis signálu	
sigSW_KL15	0 - 1	stav svorky KL_15	

## 4.3 Ovládací panel

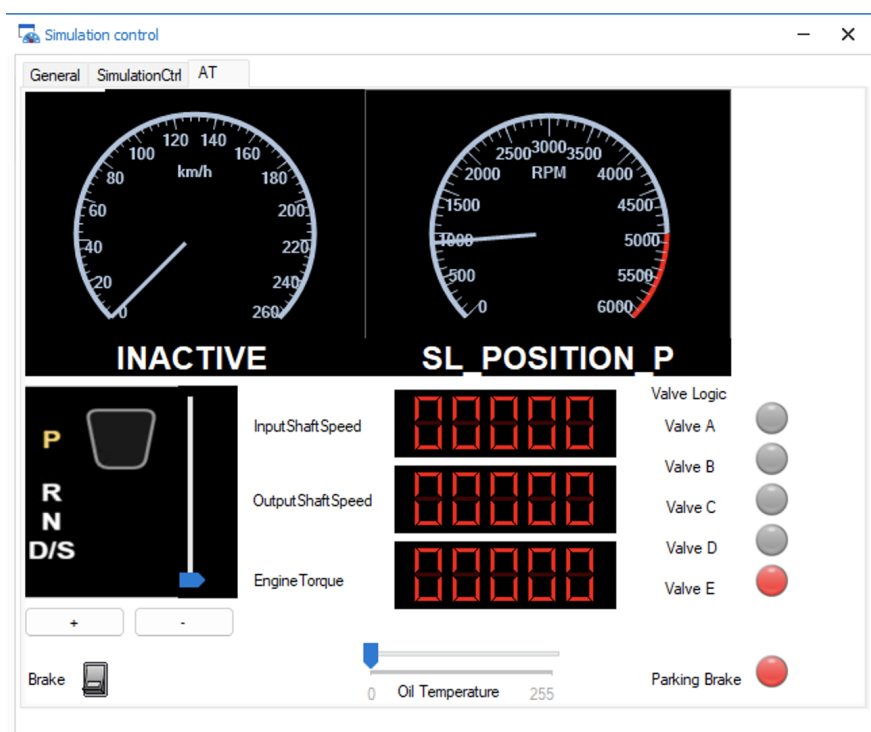
Všechny potřebné prvky na ovládání simulace jsou na panelu Simulation control. Ten je záložkami rozdělený mezi jednotlivé možnosti simulací, obecná záložka označená jako "General" slouží ke spuštění simulace bez fyzikálního modelu a pomocí tlačítka Global ON/OFF se přes ŘJ motoru aktivuje KL\_15 a změní se motorový status z Engine\_OFF na Enigne\_RUNNING. Tuto záložku je možné vidět na obrázku 4.2.

Na obrázku 4.3 je vidět vytvořený ovládací panel sloužící k ovládání simulace, část pro ovládání automatické převodovky se nachází v záložce AT. Ovládací panel zobrazuje dva budíky, jeden reprezentuje aktuální rychlost vozidla, druhý otáčky motoru. Dále se na panelu nachází volič jízdního režimu, pomocí kterého se zvolí jízdní režim. Vedle voliče jízdních režimů se nachází posuvník nahrazující akcelerační pedál. Dalšími prvky zobrazenými na ovládacím panelu jsou tlačítka +/- nahrazující pádla pod volantem, číselníky zobrazující otáčky vstupní a výstupní hřídele převodovky,

vedle nichž je zobrazeno chování ventilů a parkovací pojistka (reprezentující zajištění parkovacího kola při režimu P). Pod budíky je zobrazen aktuální rychlostní stupeň a režim převodovky.



Obrázek 4.2: Ovládací panel záložka "General"



Obrázek 4.3: Ovládací panel záložka "AT"

## 4.4 ŘJ Automatické převodovky

Řídicí jednotka automatické převodovky v sobě obsahuje řídicí algoritmus pro ovládání převodovky, včetně řízení ventilů.

#### 4.4.1 Popis zprávy msgAT\_01

Zpráva msgAT\_01 poskytuje ŘJ Motoru, ŘJ Shift lever a na ŘJ Gateway data o stavu vypočtených hodnot v převodovce.

Tabulka 4.3: Popis zprávy msgAT\_01

Název signálu	Rozmezí hodnot	Popis signálu
sigAT_TransmissionModeAct	0 - 9	aktuální mód řízení
sigAT_GearRatio	0 - 7	údaj o aktuální zařazené rychlosti
sigAT_InputShaftSpeed	0 - 8191 RPM	otáčky na vstupní hřídeli do převodovky
sigAT_OutputShaftSpeed	0 - 8191 RPM	otáčky na výstupní hřídeli z převodovky

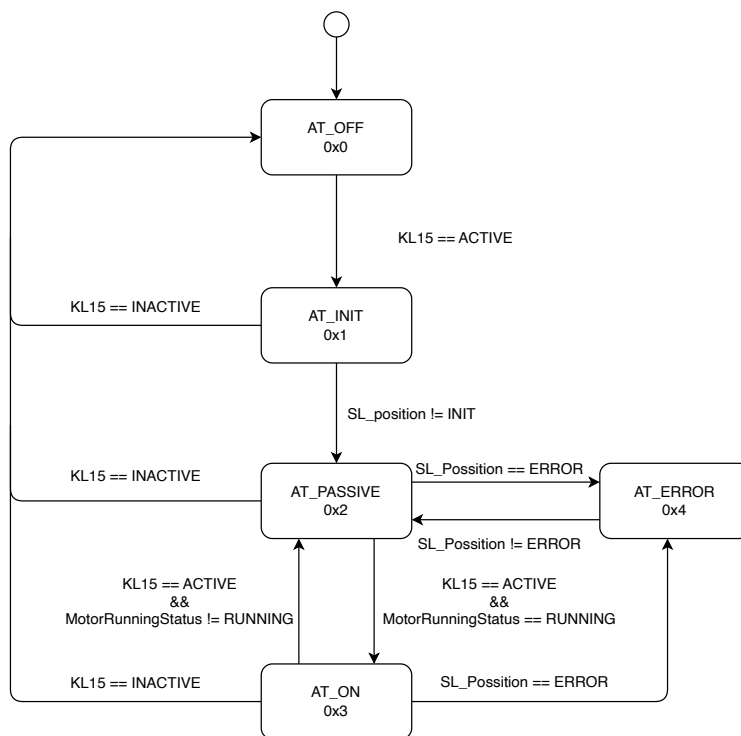
#### 4.4.2 Řízení interního stavu jednotky

Řídící jednotka automatické převodovky funguje v několika režimech. Ke správnému výběru režimu slouží algoritmus, který na základě vnějších podmínek vybere správný interní stav jednotky, podle kterého se jednotka řídí a chová.

Na základě vnějších stavů dochází ke změně interního stavu převodovky. Vstupy potřebné pro fungování logiky pro změnu interního stavu jsou sigSL\_Possition, sigMO\_MotorRunningStatus a sigSW\_KL15. Podle těchto vstupů dochází k vyhodnocení logiky (jak je zobrazeno na obrázku 4.4) a určení interního stavu jednotky, ten může nabývat hodnot viz. Tabulka 4.4.

Tabulka 4.4: Interní stavy AT

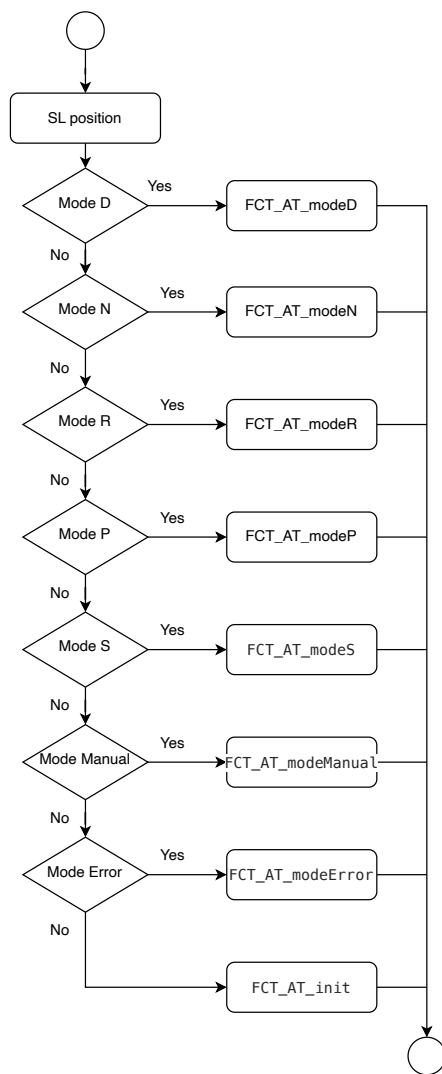
Název stavu	Hodnota	Popis
AT_OFF	0x0	jednotka je vypnutá
AT_INIT	0x1	výchozí stav
AT_PASSIVE	0x2	jednotka je probuzená a čeká na zapnutí
AT_ON	0x3	jednotka je ve stavu kdy pracuje
AT_ERROR	0x4	jednotka se nachází v chybovém stavu



Obrázek 4.4: Stavový diagram jednotky

### 4.4.3 Výběr módu řízení

Samotné chování automatické převodovky je dáno na základě stavu `SL_position`, podle kterého je volaná funkce jízdního režimu. Na Obrázku 4.5 je zobrazeno chování cyklu. Tento cyklus se realizuje pouze pokud je převodovka v režimu `AT_ON`. V případě módu chyby dochází ke sledování stavu voliče režimů tak dlouho, dokud se nezmění.



Obrázek 4.5: Vývojový diagram určující režim jízdy

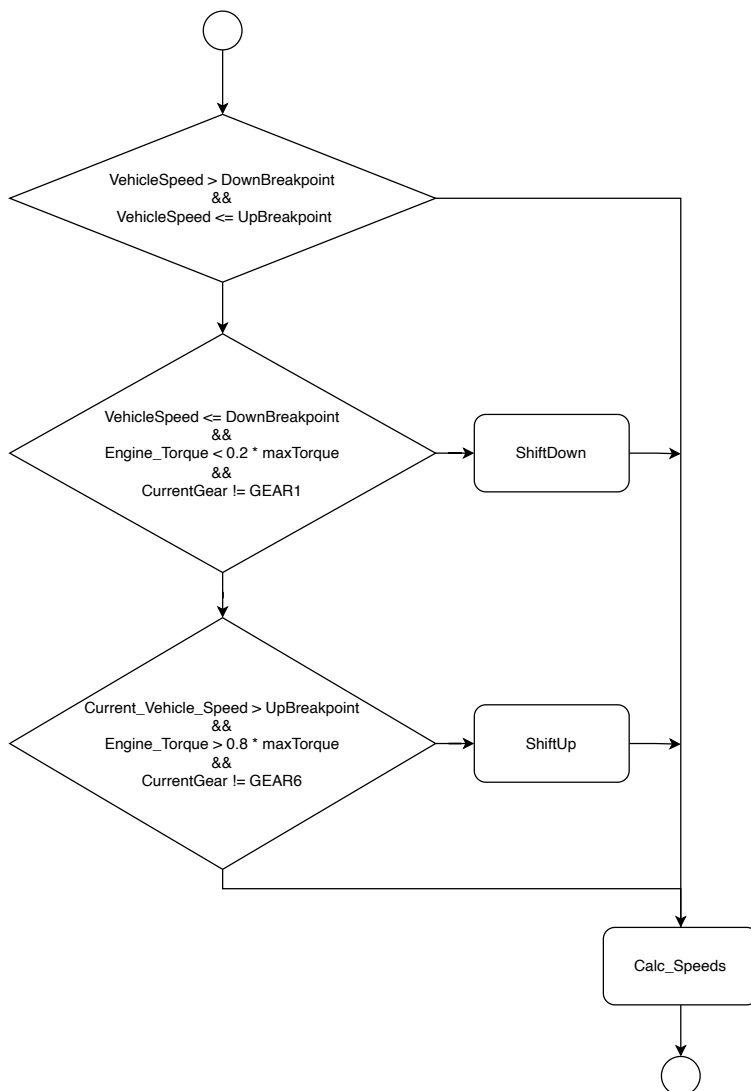
#### 4.4.4 FCT\_AT\_modeD

V modu D se volá funkce FCT\_AT\_Drive 4.4.5, která je definovaná podle programového schématu na obrázku 4.6.

#### 4.4.5 FCT\_AT\_Drive

Funkce Drive na základě aktuálního stavu rychlosti vozidla, točivého momentu a aktuální zařazení rychlosti provede vyhodnocení, jestli zařadit nižší, vyšší nebo ponechat aktuální rychlostní stupeň. Toto rozhodnutí provede z nadefinované mapy bodů (viz. Obrázek 4.13), které přiřazují jednotlivé křivky pro řazení. Ty jsou pak uloženy do sVarů a následně je vyhodnocujeme při řazení. Před

ukončením je volána funkce, která provádí výpočet rychlostí vstupní a výstupní hřídele a otáček motoru podle rychlosti vozidla.



Obrázek 4.6: Diagram určující rychlostní stupeň

#### 4.4.6 FCT\_AT\_modeR

Je zařazený zpětný rychlostní stupeň. Na budíku rychlosti se však tato změna neprojeví stejně jako v běžném automobilu.

#### 4.4.7 FCT\_AT\_modeN

Výstupní otáčky jsou nulové, převodový poměr je také nula. Akcelerační pedál je propojený s rychlostí otáček, která je vypočítávána z jeho polohy. Maximální otáčky motoru jsou omezené na 3000

RPM.

#### **4.4.8 FCT\_AT\_S**

Chování je stejné jako v funkci FCT\_AT\_D, ale dochází ke stanovení převodových bodů podle jiné převodové tabulky.

#### **4.4.9 FCT\_AT\_modeP**

V režimu P je parkovací kolo je zajištěné, to je v simulaci zobrazeno pomocí diody na ovládacím panelu. Otáčky motoru se chovají stejně jako v režimu neutrálu.

#### **4.4.10 FCT\_AT\_init**

Výstupní a vstupní otáčky jsou nulové, převodový poměr je 0 a otáčky motoru jsou také nula. Ventily nabývají inicializovaného stavu.

#### **4.4.11 FCT\_AT\_modeError**

Jedná se o funkci, která probíhá, když je převodovka v chybovém stavu (například z důvodu vysoké teploty).

#### **4.4.12 Interní proměnné jednotky AT**

V simulaci jsou využity interní proměnné pro pracování s daty, které z jednotky není třeba nikam odesílat, proto jsou pouze uloženy do proměnné sVar.

##### **4.4.12.1 sVarAT\_DownBreakpoint, sVarAT\_UpBreakpoint**

Tyto proměnné slouží k přenesení hodnot z fyzikálního modelu do řídicího algoritmu v CANoe, kde hodnoty slouží k určení dynamického bodů přeřazení.

##### **4.4.12.2 sVarAT\_ValveA, sVarAT\_ValveB, sVarAT\_ValveC, sVarAT\_ValveD, sVarAT\_ValveE**

Proměnné uchovávají hodnotu o stavu ventilů pro správné řízení brzd a spojek ovládající samotnou převodovku. V modelu je tento fakt zjednodušen a prezentovaný pouze vizuálními diodami reprezentující tyto hodnoty.

Tabulka 4.5: Popis interních proměnných

Název proměnné	Datový typ	Rozsah hodnot (Inicializační hodnota)
sVarAT_DownBreakpoint	int32	<-;-> (-)
sVarAT_UpBreakpoint	int32	<-;-> (-)
sVarAT_maxTorque	int32	<-;-> (-)
sVarAT_P	int32	<-;-> (-)
sVarAT_Temperature	int32	<0;255> (-)
sVarAT_ValveA	int32	<0;1> (0)
sVarAT_ValveB	int32	<0;1> (0)
sVarAT_ValveC	int32	<0;1> (1)
sVarAT_ValveD	int32	<0;1> (1)
sVarAT_ValveE	int32	<0;1> (0)
sVarAT_Gear	int32	<0;1> (0)
tipp_minus	int32	<0;1> (0)
tipp_plus	int32	<0;1> (0)

#### 4.4.12.3 sVarAT\_Temperature

Simulovaný výstup teplotního senzoru v stupních Celsia je uchovávaný v této proměnné. Tato hodnota je pak zpracována v bloku GearBox, kde je omezen moment motoru podle aktuální teploty.

## 4.5 ŘJ Motoru

Řídící jednotka motoru slouží v této simulaci pouze jako prvek, přes který je ovládaný stav motoru a úprava signálu KL\_15.

### 4.5.1 Popis zprávy msgMotor\_01

Zpráva uchovávající aktuální data o motoru. Signál motor running status je využitý k probouzení jednotky viz 4.4. Pozice pedálu je využita ve fyzikálním modelu k určení momentu motoru a určení přerážovačích bodů.

Tabulka 4.6: Popis zprávy msgMotor\_01

Název signálu	Rozmezí hodnot	Popis signálu	Přijímací jednotky
sigMotorRunningStatus	0 - 1	stav motoru	GW, AT
sigPedalPosition	0 - 100 %	stav plynového pedálu	GW, AT
sigEngineSpeed	0 - 8191 RPM	otáčky motoru	GW, AT
sigEngineTorque	0 - 1023 Nm	točivý moment motoru	GW, AT



## 4.6 ŘJ ShiftLever

### 4.6.1 Popis zprávy msgShiftLever.

Jde o zprávu odesílanou jednotkou Shift\_Lever za účelem předání informace o poloze voliče režimů jízdy ŘJ AT.

Tabulka 4.7: Popis zprávy msgShiftLever

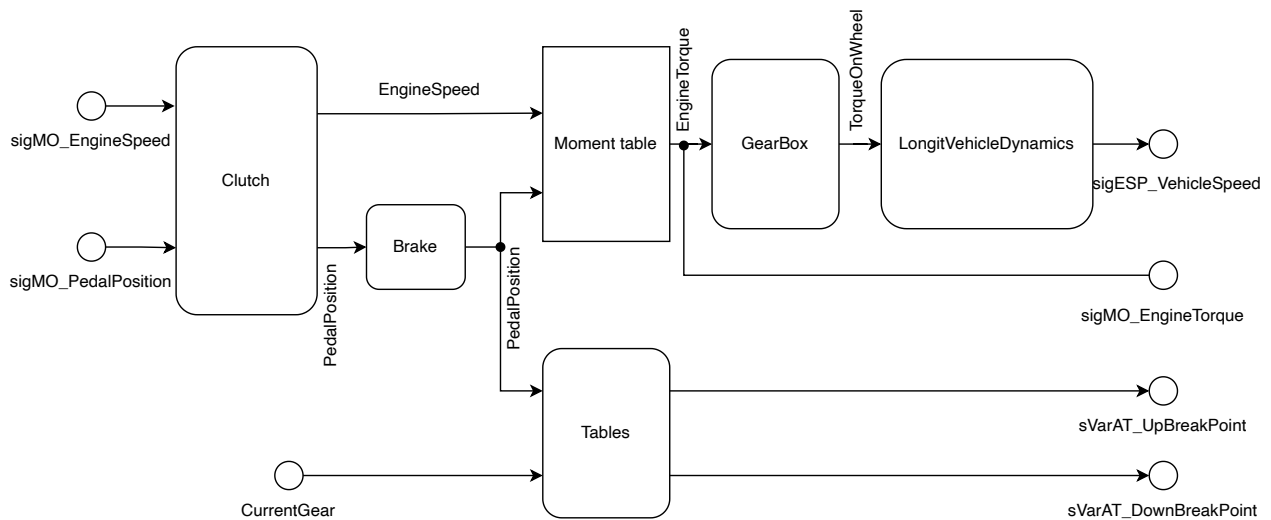
Název signálu	Rozmezí hodnot	Popis signálu	Přijímací jednotky
sigSL_Possition	0 - 9	údaje o pozici voličů režimů	GW, AT, MO
sigSL_GearRatio	0 - 7	zařazený rychlostní stupeň	AT, MO

## 4.7 Fyzikální model MATLAB/Simulink

V programu MATLAB v nadstavbě Simulink byla vytvořena fyzikální část programu. Pomocí této části je počítáno chování vozidla a pomocí souboru vehicle\_parameters.h jsou definovány konstantní parametry vozidla. Z modelu jsou vyvedeny údaje o rychlosti vozidla a aktuálním momentu vozidla. Moment je definovaný pomocí mapy, která přiřazuje otáčkám motoru a poloze plynového pedálu určitý moment. Program je složený z několika bloků rozepsaných níže.

Vstupy a výstupy simulace jsou realizovány pomocí bloků vstupů a výstupu svarů a signálů pro CANoe nadstavbu a běží v synchronním režimu se simulací v CANoe. MATLAB je v tomto využití i pro určení hodnoty rychlosti pro přeřazení. Jsou vytvořeny tabulky konstant, podle kterých dochází k řazení (viz. Obrázek 4.13).

Blokové schéma navrženého programu je zobrazené na obrázku 4.7.



Obrázek 4.7: Schéma fyzikální části modelu

#### 4.7.1 Statické parametry

Výpočty prováděné v Matlabu vycházejí z těchto statických parametrů.

Tabulka 4.8: Obecné parametry simulace

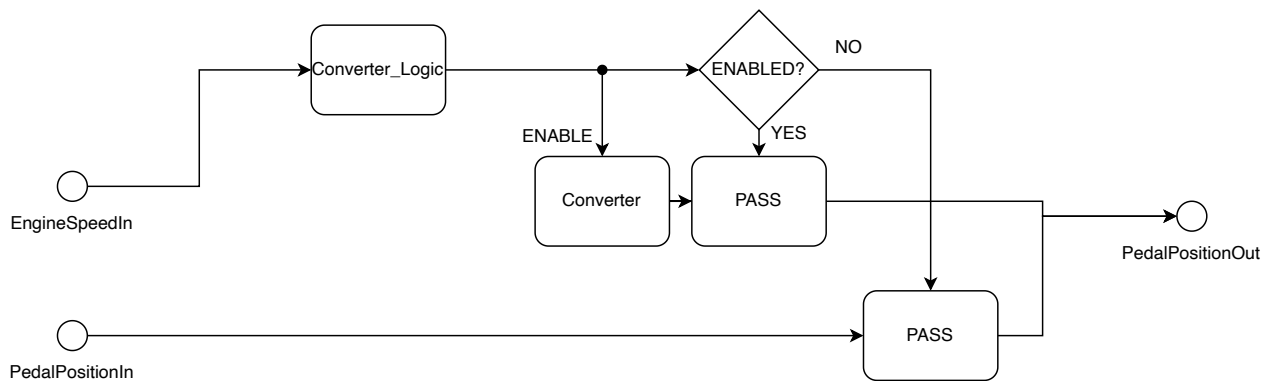
Název parametru	Označení	Hodnota
Hustota vzduchu	ro	1,25 $kg.m^3$
Gravitační zrychlení	g	9,81 $m.s^2$
Součinitel valivého odporu	f	0,1

Tabulka 4.9: Statické parametry vozidla simulace

Název parametru	Označení	Hodnota
Váha	m	1350 kg
Obvod kola	rk	0,27 m
Váha kola	mk	15 kg
Stálý převodový poměr	Fg	3,5
Součinitel vzdušného odporu	cx	0,1
Čelní plocha	Sx	2,25 m

#### 4.7.2 Clutch

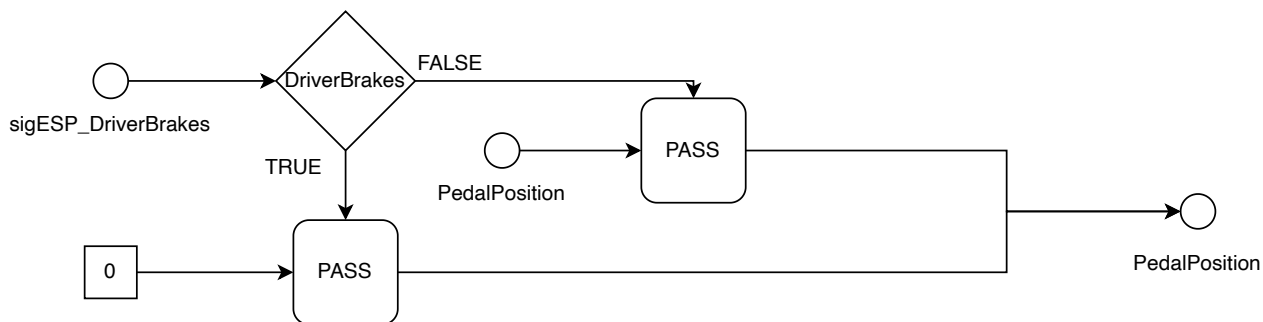
Jedná se o blok zajišťující rozjezd. Při zařazených stupních pro pohyb a nulové hodnotě pedálu akcelérátoru jsou splněny podmínky umístěny v bloku `Converter_Logic` a povolují řízení z bloku `Converter`. Ten simuluje polohu pedálu za účelem udržení vozidla při rychlosti 10 km/h. Schéma je zobrazeno na Obrázku 4.8.



Obrázek 4.8: Diagram bloku Clutch

### 4.7.3 Brake

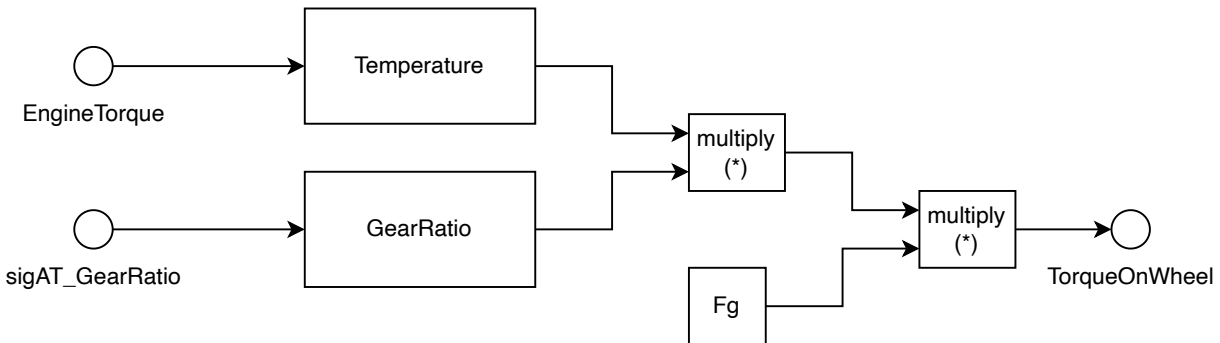
Tento blok umístěný před tabulkou pro určení momentu a za spojkou je řízený proměnnou sigESP\_DriverBrake, která je ovládaná tlačítkem na ovládacím panelu. Pokud je toto tlačítko sepnuté, subsystém nepouští polohu plynového pedálu do převodní tabulky, posílá stav 0 a model začne zpomalovat.



Obrázek 4.9: Diagram bloku Brake

#### 4.7.4 GearBox

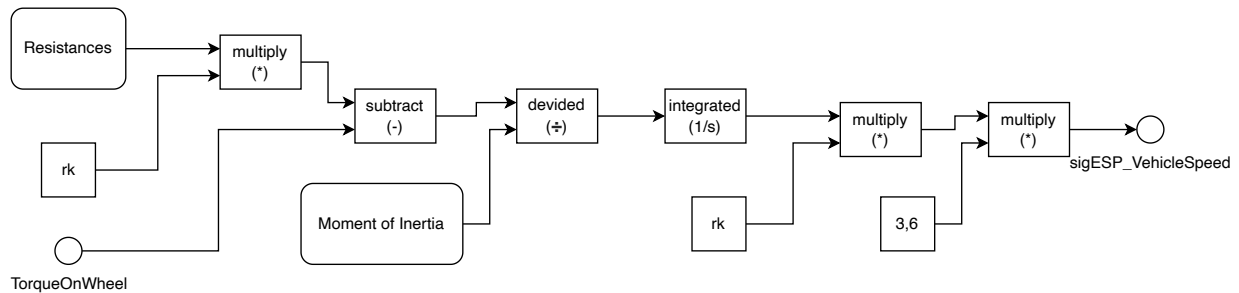
V tomto bloku dochází k přepočtu momentu motoru na moment na kole, mezi který je vložen stálý převod, a aktuálně zařazený převodový stupeň. Výstupní moment je také limitován v případě teplotního omezení.



Obrázek 4.10: Diagram bloku Gearbox

#### 4.7.5 LongitVehicleDynamics

V bloku LongitVehicleDynamics je realizovaný výpočet dynamiky vozidla. Od momentu na kole je odečten moment jízdních odporů a je zohledněn moment setrvačnosti. Vypočtená rychlost je přepočtena na kilometry za hodinu.



Obrázek 4.11: Diagram bloku LongitVehicleDynamics

##### 4.7.5.1 Jízdní odpory

V jízdě a rozjezdu brání vozidlu jízdní odpory, ty je potřeba překonat výkonem motoru. Níže je rozepsaný výpočet jednotlivých odporů.

Celkový odpor:

$$O_c = O_f + O_v + O_s + O_z \quad (4.1)$$

Odpor valivý:

$$O_f = mgf \cos \alpha \quad (4.2)$$

Odpor vzdušný:

$$O_v = 1/2 c_x S_x v^2 \rho \quad (4.3)$$

Odpor stoupání:

$$O_s = m g \sin \alpha \quad (4.4)$$

Odpor zrychlení:

$$O_z = ma + \frac{M_r}{r_k} \quad (4.5)$$

#### 4.7.5.2 Momenty setrvačnosti

Moment rotačních částí vozidla:

$$M_r = 4M_k \quad (4.6)$$

Moment setrvačnosti kola:

$$M_k = \frac{1}{2} m_k^2 \quad (4.7)$$

Moment setrvačnosti:

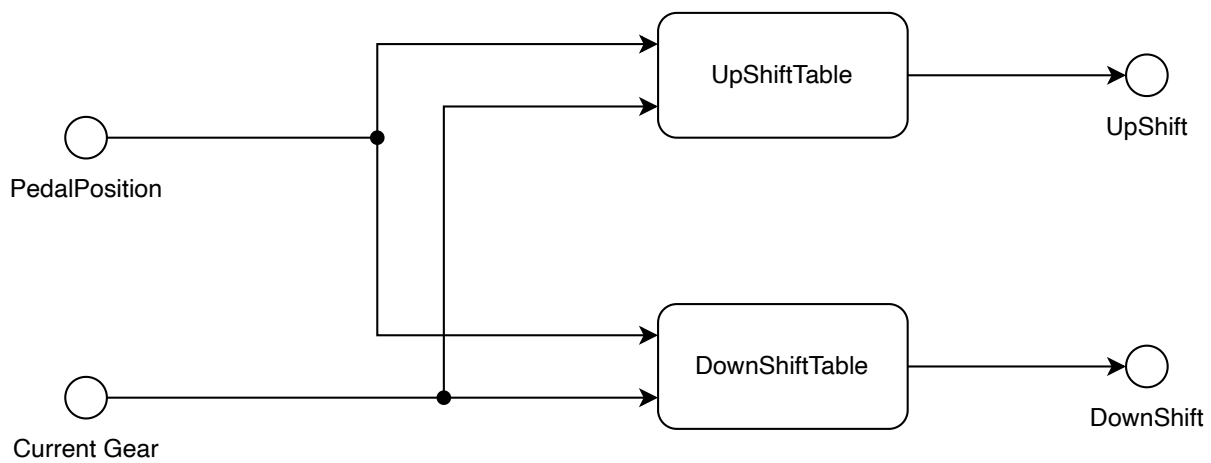
$$M_m = r_k^2 m \quad (4.8)$$

Celkový moment setrvačnosti vozidla:

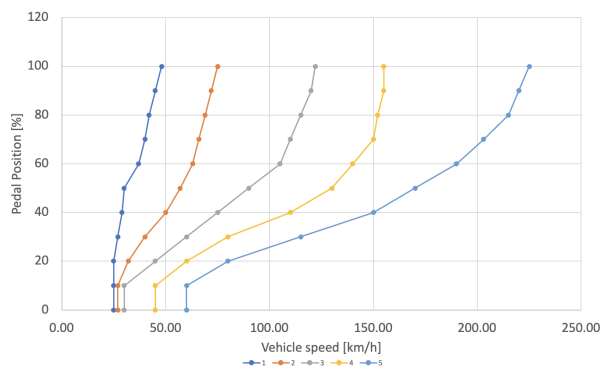
$$M_v = M_m + M_r \quad (4.9)$$

#### 4.7.6 Tables

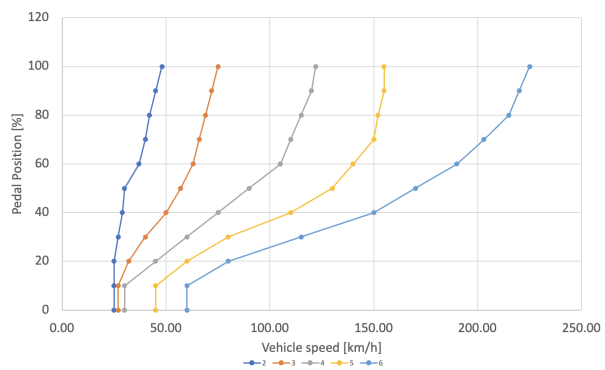
Blok, ve kterém se nachází tabulky s definovanými hodnotami pro místa přěrazení, pak ukládá do vytvořených sVarů pro předání hodnoty do jednotky automatické převodovky, podle aktuálního stavu pedálu a zařazeného rychlostního stupně. Tabulky se mění podle jízdního módu, pro mód S je jiná než pro mód D.



Obrázek 4.12: Schéma bloku Tables



(a) Řazení směrem nahoru.



(b) Řazení směrem dolů.

Obrázek 4.13: Mapy pro řazení

# Kapitola 5

## Výstupy ze simulace

### 5.1 Testovací scénáře

Za účelem popsání výstupů ze simulace automatické převodovky bylo vytvořeno několik testovacích scénářů.

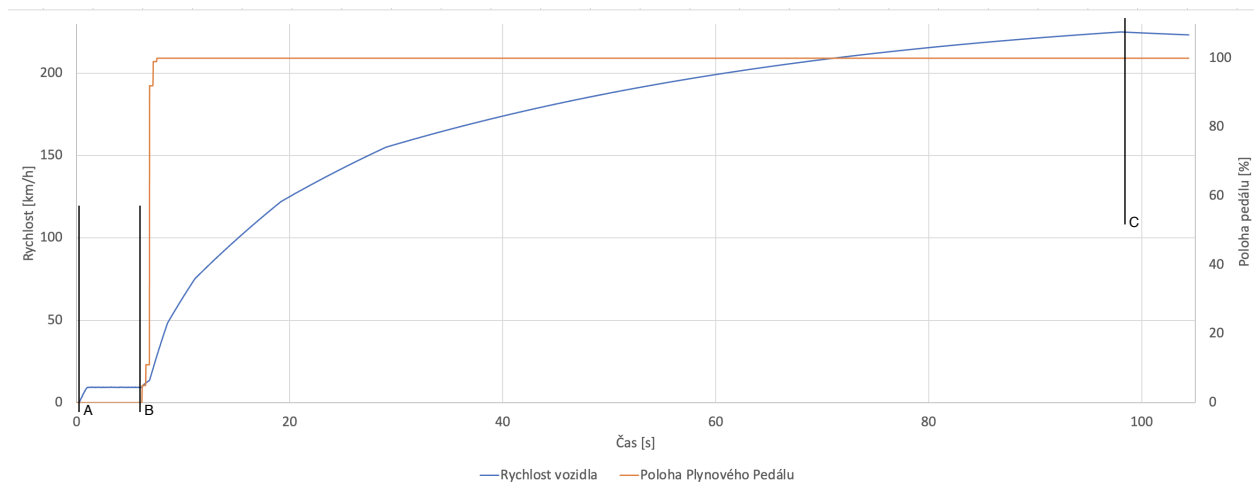
Ze simulace zachycujeme hodnoty rychlosti vozidla, rychlost otáček motoru, zařazený rychlostní stupeň a polohu plynového pedálu. Měření jsou prováděna v čase(t), zobrazeném na ose y. Převodovka se nacházela již v probuzeném stavu AT\_ON a pouze docházelo k změně jízdních režimů.

#### 5.1.1 Scénář zrychlení

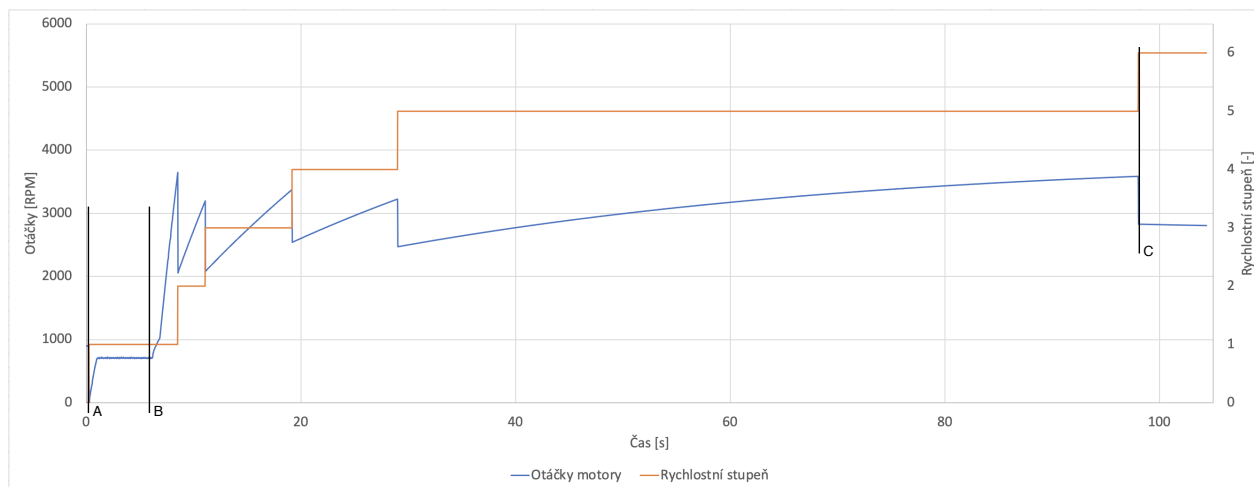
Jde o testovací scénář v módu D. Na obrázcích 5.1 a 5.2 se nachází průběh zrychlení vozidla.

Nejprve je vozidlo v režimu N po vyznačený bod A, proto simulace má nulovou rychlost a otáčky motoru jsou volnoběžné 900 RPM. Mezi bodem A a bodem B dochází k zvolení režimu D, vozidlo se rozjede a je ponecháno s nulovým stavem plynového pedálu, reguluje rychlost na 10 km/h čemuž odpovídají otáčky motoru zhruba 700 RPM. Simulovaný model se tak chová jako vozidlo, které jede díky hydrodynamickému momentovému měniči. Za bodem B je prudce přidaná poloha plynového pedálu až na 100 %, model začíná zrychlovat. Řadí se vyšší rychlostní stupně, jsou označeny oranžově na obrázku 5.1. Nejvyšší rychlosti 224 km/h model dosahuje při zařazené rychlosti 5. Po zařazení rychlostního stupně 6 vozidlo nemá dostatečný moment a rychlost začne lehce klesat, tento bod je možné vidět na obrázku 5.2 v bodě C.

Dochází k předpokládanému průběhu otáček motoru a navýšení rychlosti. Vždy, když je zařazená rychlost, dochází k navýšení otáček do bodu, kde je nízký točivý moment, v tu chvíli se zařadí vyšší rychlost, prudce poklesnou otáčky a tento proces se opakuje. Nejdéle se pak drží při 5. rychlostním stupni.



Obrázek 5.1: Graf zobrazující otáčky motoru a zařazený rychlostní stupeň při zrychlení na maximum

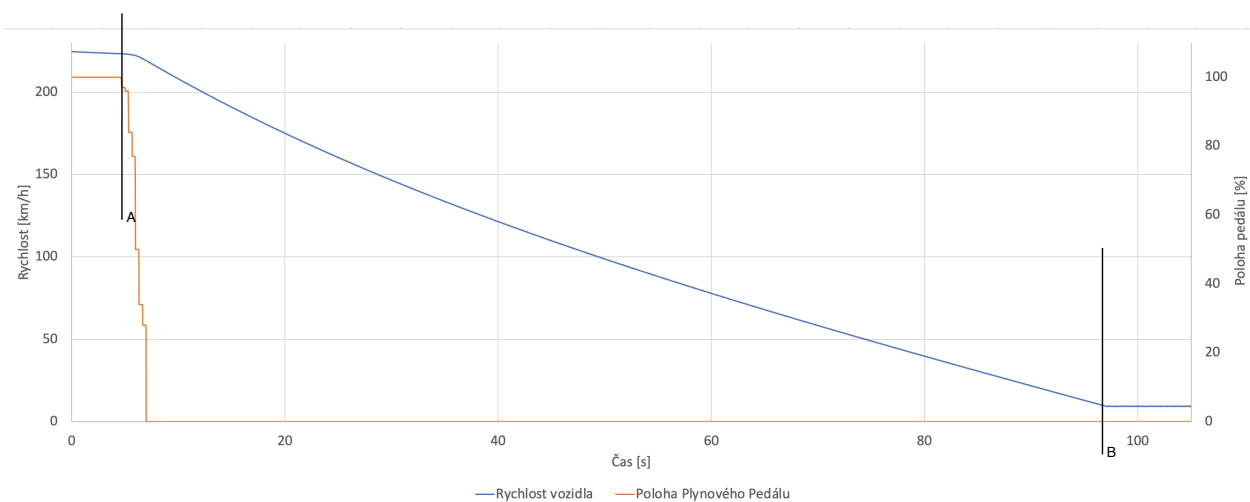


Obrázek 5.2: Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při zrychlení na maximum

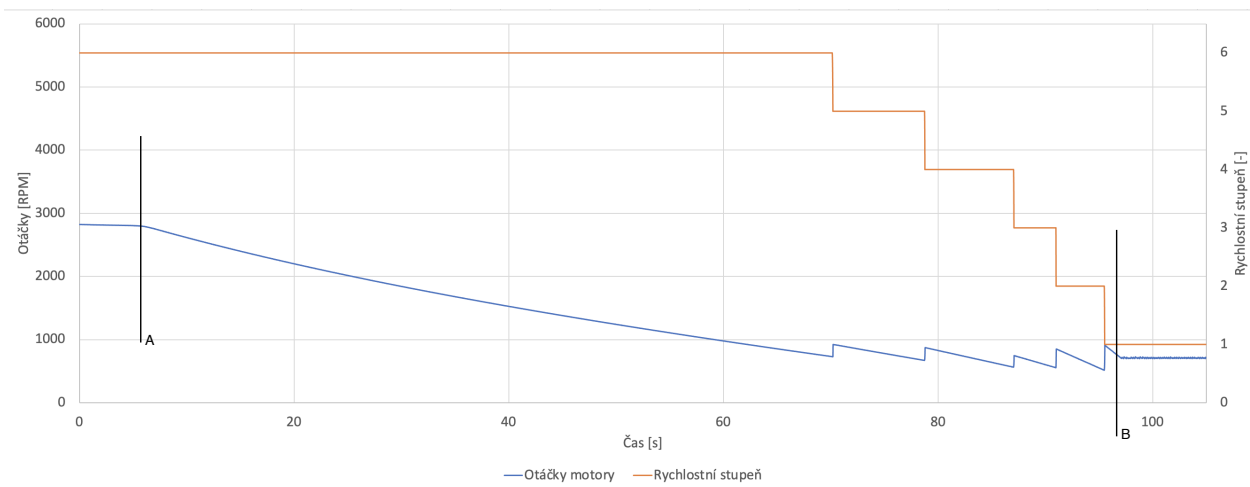
## 5.1.2 Scénář zpomalení

Simulace se nachází v situaci, kdy je dosaženo nejvyšší maximální rychlosti při maximální výchylce plynového pedálu. V bodě A na Obrázku 5.3 je plynový pedál prudce snižován na minimální hodnotu. Simulace se chová jako vozidlo, které plachtí v dopředném pohybu díky momentu setrvačnosti. Kvůli poloze pedálu 0 dochází k podřazení až v nízkých rychlostech. V bodě B je simulace v rychlostním stupni 1 a dochází k regulaci, tak aby se simulace chovala jako s hydrodynamickým měničem momentu.





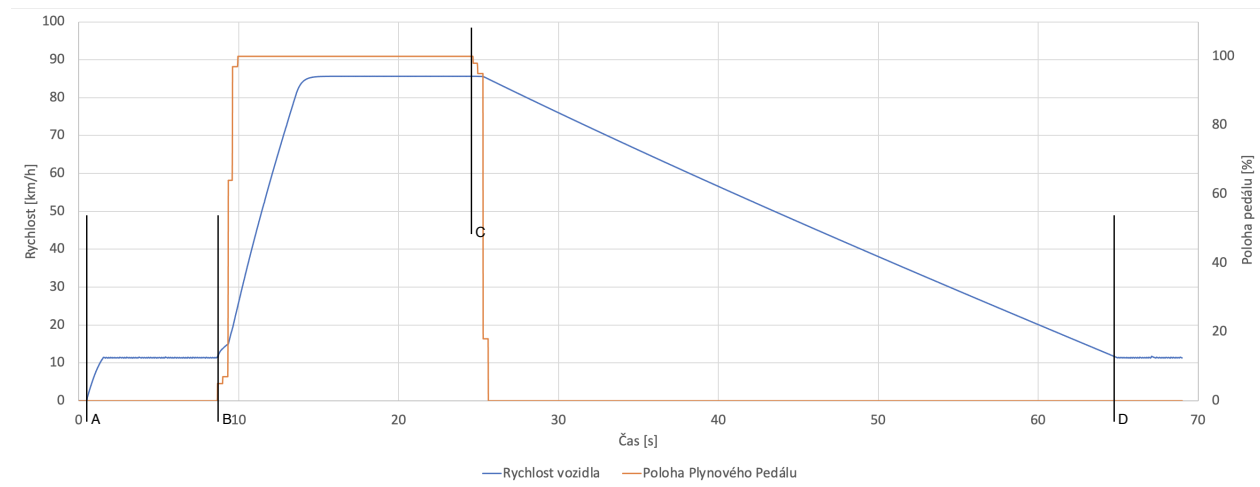
Obrázek 5.3: Graf zobrazující otáčky motoru a zařazeného rychlostního stupně při zpomalení



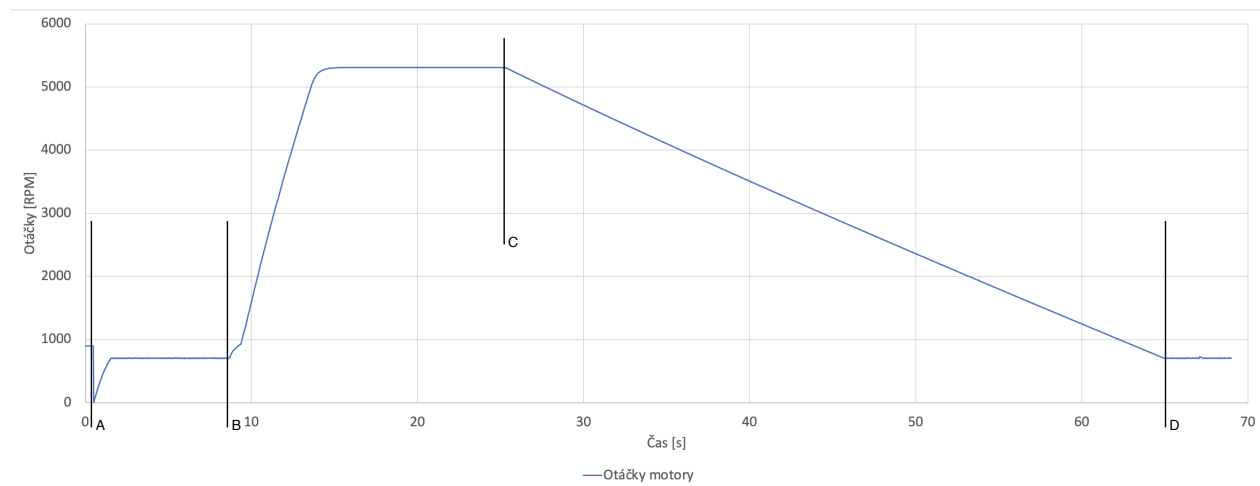
Obrázek 5.4: Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při zpomalení

### 5.1.3 Scénář zpětného chodu

Simulace pro zpětný chod, byla spuštěna v režimu neutrálu, takže se na otáčkách motoru držela hodnota 900 RPM až do bodu A na Obrázku 5.5. Mezi body A a B je zvolený režim zpátečky, rychlost je zařazená, ale není přidán plyn. Simulace proto reguluje rychlost na 10 km/h. V bodě B dochází ke změně hodnoty plynového pedálu na 100 % a simulace vozidla se rozjede na maximální možnou rychlost. V bodě C dochází k vypnutí plynového pedálu. V simulaci se snižuje rychlost, až opět dojde do bodu, kde se udržuje minimální rychlost potřebná k jízdě. Dále dochází v bodě D k opětovnému zařazení módu neutrálu.



Obrázek 5.5: Graf zobrazující otáčky motoru při zpátečce

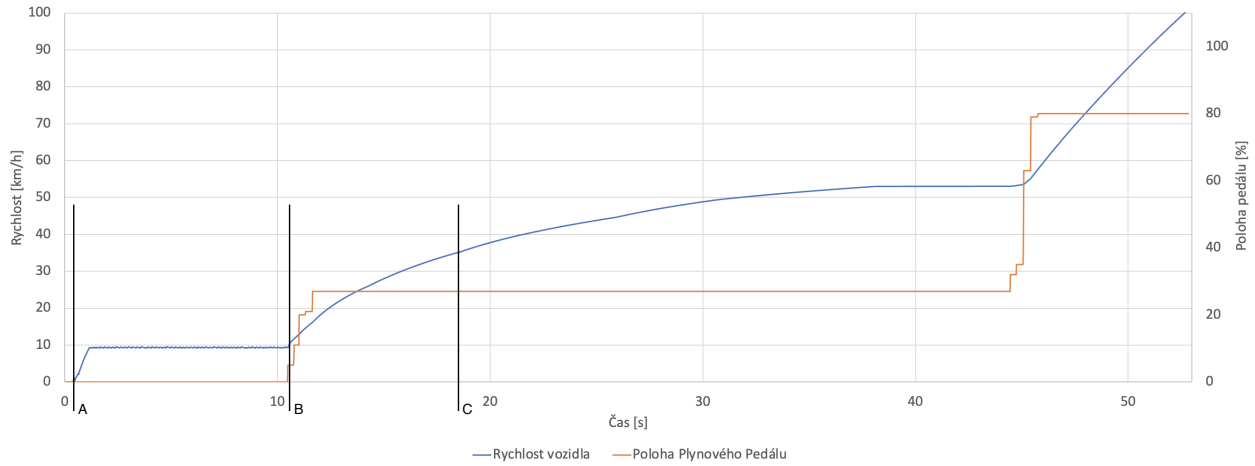


Obrázek 5.6: Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při zpátečce

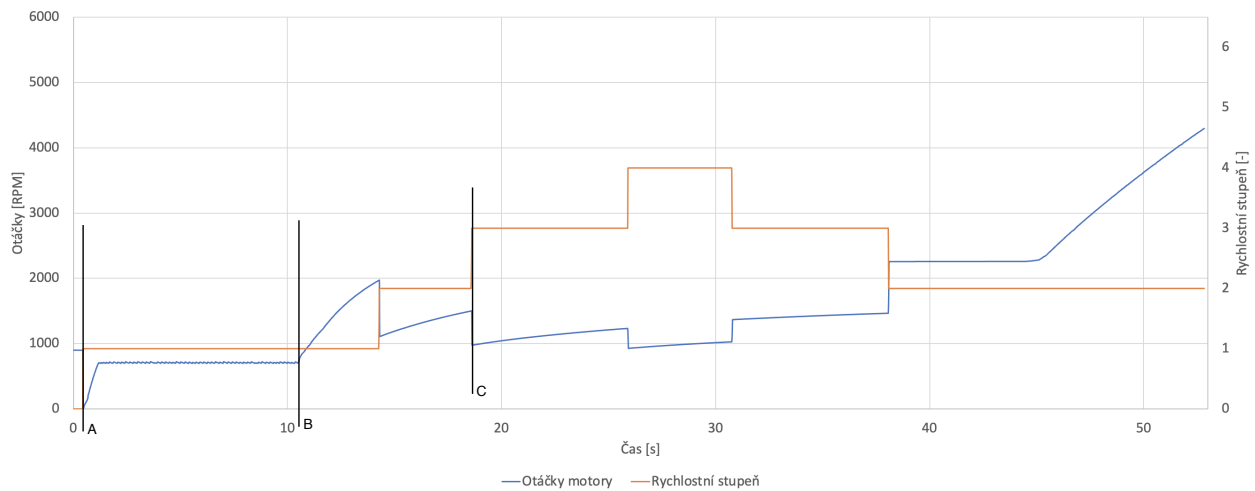
### 5.1.4 Scénář manuální režim

Manuální režim umožňuje osobě ovládající simulaci zvolit rychlostní stupeň dle svého uvážení tak, aby nenastal krizový stav v motoru a otáčky nepřesáhly hodnotu 6000 RPM.

Proto je na Obrázku 5.7 vidět při změně rychlostního stupně to, že se změní otáčky, ale nemění se rychlost, ta se pak mění podle požadavku na plynový pedál.



Obrázek 5.7: Graf zobrazující otáčky motoru při manuálním módu



Obrázek 5.8: Graf zobrazující rychlost vozidla a polohu plynového pedálu při manuálním módu

## Kapitola 6

### Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit simulační model automatické převodovky. Pro vytvoření modelu bylo nutno vypracovat detailní analýzu automatické převodovky 09E. Následně byl navržen simulační model automatické převodovky, který byl implementován do simulačního modelu AEScar. Na základě měřených výstupních veličin bylo detailně popsáno chování modelu.

# Zdroje

1. RIZZO, Denise M. *Engine Torque Curve*. Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/figure/Engine-torque-curve\\_fig14\\_304090958](https://www.researchgate.net/figure/Engine-torque-curve_fig14_304090958).
2. GUY, Matthew. *CVT*. Dostupné také z: <https://www.autotrader.ca/editorial/20200317/cvt-transmission-pros-and-cons/>.
3. DEVCOM. *CAN-BUS*. Dostupné také z: <https://www.devcom.cz/automotive-systemy/can-bus-analyza/>.
4. MROVĚC, Tomáš. *CAN-message*. Dostupné také z: [https://lms.vsb.cz/pluginfile.php/1964926/mod\\_resource/content/0/01\\_cv\\_cs\\_MSAS\\_CANoe\\_basic\\_2022.pdf](https://lms.vsb.cz/pluginfile.php/1964926/mod_resource/content/0/01_cv_cs_MSAS_CANoe_basic_2022.pdf).
5. VECTOR. *Prostředí CANoe*. Dostupné také z: <https://www.vector.com/int/en/products/products-a-z/software/canoe/#c60442>.
6. VECTOR. *Převodník*. Dostupné také z: [https://cdn.vector.com/cms/content/products/VH6501/Docs/VH6501\\_Manual\\_EN.pdf](https://cdn.vector.com/cms/content/products/VH6501/Docs/VH6501_Manual_EN.pdf).
7. MATLAB. *Ukázka kódu Simulink*. Dostupné také z: <https://de.mathworks.com/help/simulink/slref/dashboard-merge.html>.
8. AUDI. *SSP 283*.
9. AUDI. *SSP 284*.