



Diagnostyka Układów Mechatronicznych

Simscape Driveline: Projekt pojazdu

Michał Łukaszewicz (297696)

Spis treści

1	Cel projektu	1
2	Dane	1
3	Model symulacyjny	2
3.1	Skrzynia biegów	2
3.2	Sygnał sterujący	4
4	Wyniki symulacji	5
4.1	Badanie 1	5
4.2	Badanie 2	7
4.3	Badanie 3	9
5	Wnioski	11
6	Oświadczenie o samodzielności wykonania	12

1 Cel projektu

Celem projektu jest stworzenie modelu symulacyjnego pojazdu w środowisku *Simscape: Driveline* oraz symulacja parametrów jego ruchu.

2 Dane

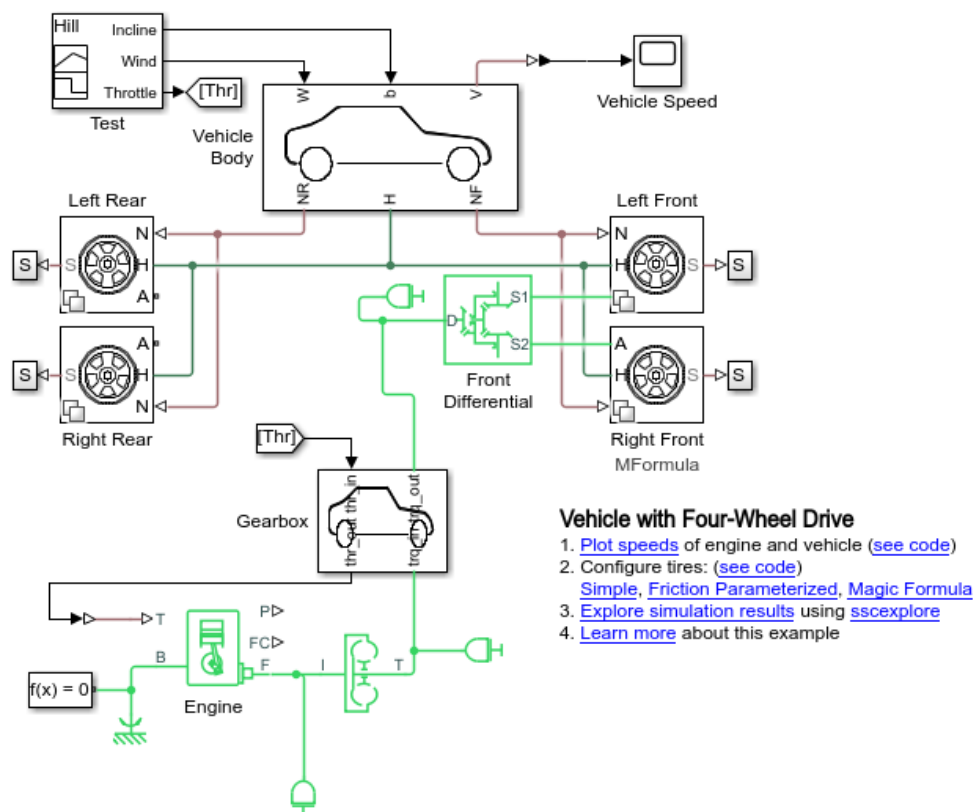
Do obliczeń wykorzystano dane pojazdu Mitsubishi Lancer 1.5 zaczerpnięte z [1]

Parametry pojazdu:

- Masa własna - $m = 955 \text{ kg}$
- Powierzchnia czołowa - $A = 2.18 \text{ m}^2$
- Współczynnik oporów powietrza - $c_x = 0.3$
- Współczynnik oporów toczenia - $f_0 = 0.01$
- Sprawność układów mechanicznych - $\eta = 0.9$
- Promień dynamiczny - $r_d = 0.36 \text{ m}$
- Maksymalna siła hamowania - $F_{brk-max} = 7500 \text{ N}$

$$i_b = \begin{cases} 3.31 & \text{Bieg 1} \\ 1.91 & \text{Bieg 2} \\ 1.31 & \text{Bieg 3} \\ 0.97 & \text{Bieg 4} \\ 0.81 & \text{Bieg 5} \end{cases} \quad (1)$$

3 Model symulacyjny



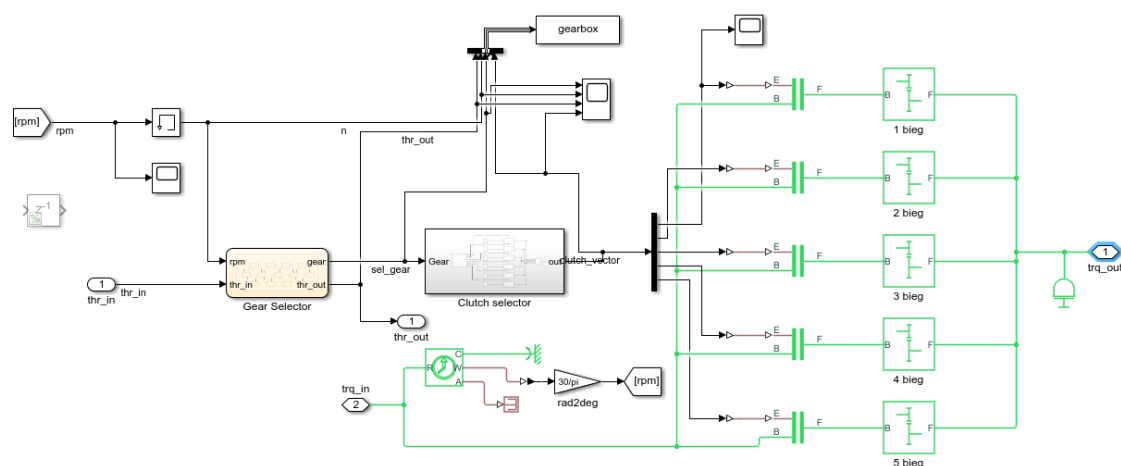
Rys. 1: Model symulacyjny w środowisku *Simulink*

Model symulacyjny przedstawiony na Rys. 1 składa się z modelu pojazdu, modeli opon dla każdego koła, modelu układu napędowego złożonego z silnika, przetwornika momentu, zautomatyzowanej skrzyni biegów oraz mechanizmu różnicowego napędzającego oś przednią. Dodatkowo w modelu wykorzystano moduły generujące sygnały sterujące oraz gromadzące informację o symulacji. Wszystkie moduły korzystają z danych pojazdu przedstawionych w sekcji 2.

Zastosowanie biblioteki *Simspace: Driveline* wprowadza do środowiska *Simulink* nowy rodzaj toru sygnałowego → tor fizyczny, oznaczony na Rys. 1 kolorem zielonym. Korzystając z dostarczonych modułów możliwe jest odczytywanie i interpretacja sygnałów bloków środowiska *Driveline*.

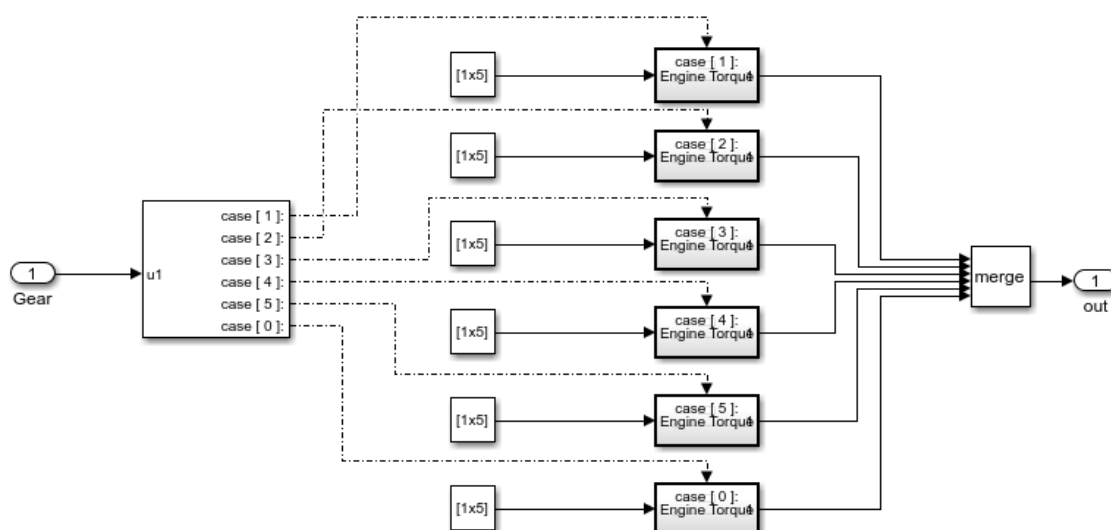
3.1 Skrzynia biegów

Zmiana biegów realizowana jest poprzez subsystem *Gearbox*, którego działanie opiera się o 5 modułów *Simple Gear* połączonych przez, oddzielne dla każdego modułu sprzęgła logiczne kierujące moment na aktywne w danym momencie przełożenie.

Rys. 2: Subsystem *Gearbox*

Aktywacja sprzęgieł realizowana jest przez wektor generowany w subsystemie *Clutch Selector* Rys. 3, który na podstawie wybranego biegu precyzuje, które sprzęgło powinno pracować w danym momencie. Sterowanie odbywa się poprzez instrukcję warunkową *case* przypisującą wektor aktywacji sprzęgieł na podstawie przekazanej do subsystemu numerycznej reprezentacji biegu (1-5). Wektor aktywacji przyjmuje następującą postać (2) gdzie każdy znacznik *cluth gear n* reprezentowany jest przez bit którego stan wysoki reprezentuje aktywację danego sprzęgła a stan niski jego rozłączenie a w efekcie czego załączenie lub rozłączenie biegu *n*.

$$\begin{bmatrix} \text{cluth gear 1} & \text{cluth gear 2} & \text{cluth gear 3} & \text{cluth gear 4} & \text{cluth gear 5} \end{bmatrix} \quad (2)$$

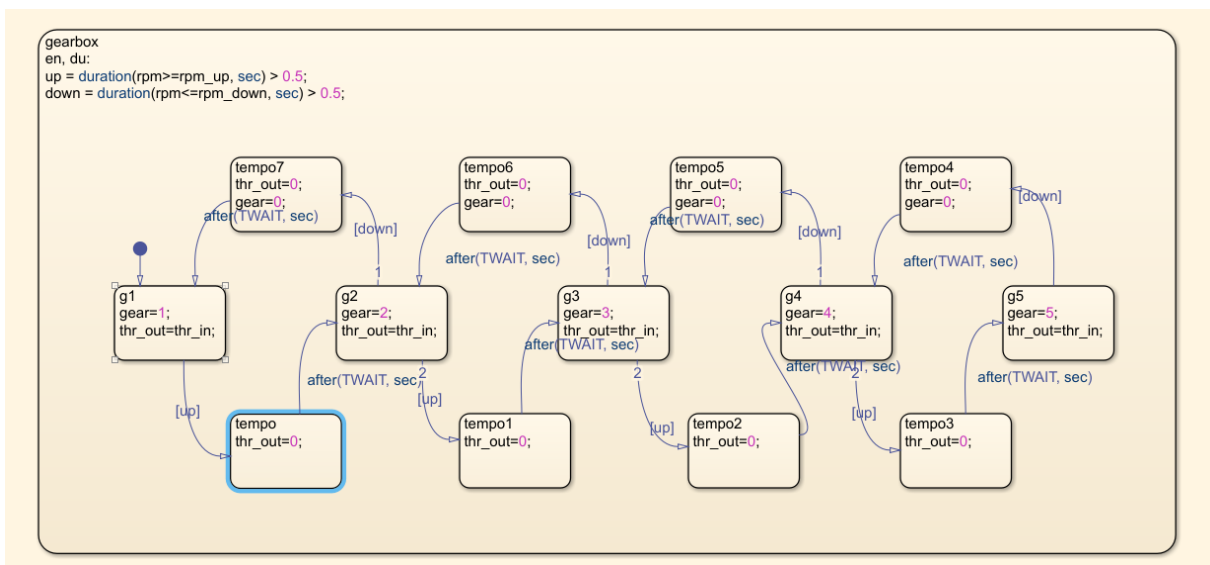
Rys. 3: Subsystem *Clutch Selector* odpowiedzialny za wybór pracującego przełożenia

Wybór biegu dokonywany jest za pomocą bloku *Gear Selector* Rys. 4, zbudowanego za pomocą biblioteki *Stateflow*, umożliwiającej tworzenie algorytmów sterowania w postaci

grafów.

Układ realizuje zmianę biegów zgodnie warunkami przedstawionymi w (3) dodatkowo z wprowadzeniem pośredniego stanu, spełniającego rolę opóźnienia (o czasie opóźnienia $TWAIT=0.2s$), w którym zerowany jest sygnał położenia przepustnicy oraz dezaktywowane są wszystkie sprzęgła logiczne. Zmiana biegów odbywa się po stanie klasyfikującym do zmiany biegu utrzymującym się przez $0.5s$ (dzięki wykorzystaniu instrukcji *duration*). Każdy ze stanów reprezentujących bieg (g1-g5) ustawia wartość parametru wyjściowego *gear* na numer symbolizujący wybrany bieg oraz przekazuje wchodzący sygnał wejściowy położenia przepustnicy na wyjście modułu.

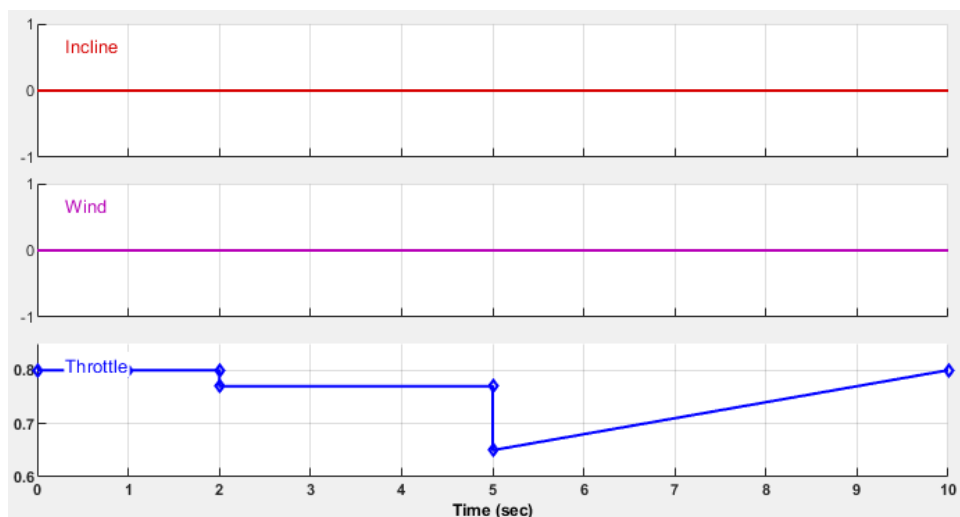
$$bieg = \begin{cases} \text{zmiana biegu na wyższy} & \text{dla } n > rpm_gear_up \text{ przez } 0.5 \text{ s} \\ \text{zmiana biegu na niższy} & \text{dla } n < rpm_gear_down \text{ przez } 0.5 \text{ s} \\ \text{brak zmiany} & \text{dla } rpm_gear_down < n < rpm_gear_up \end{cases} \quad (3)$$



Rys. 4: Diagram *Gear Selector* odpowiedzialny za wybór biegu

3.2 Sygnał sterujący

Sterowanie modelem odbywa się poprzez zadanie w formie sygnału parametrów pozycji przepustnicy, siły wiatru czołowego oraz kąta wzniesienia. Tworzenie przebiegów tych parametrów odbywa się w bloku *Signal Builder* o nazwie *Test*. Zadane przebiegi przedstawiono na Rys. 5.

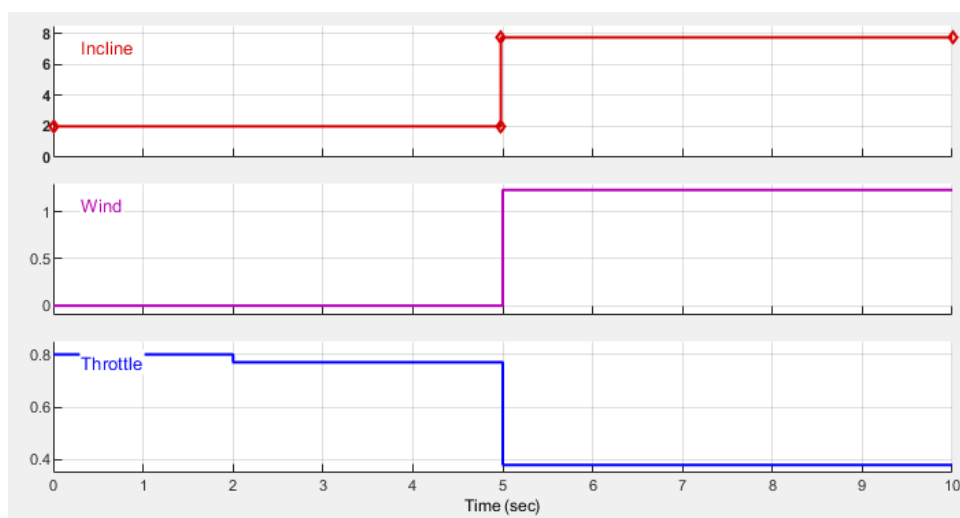


Rys. 5: Przykładowy sygnał sterujący

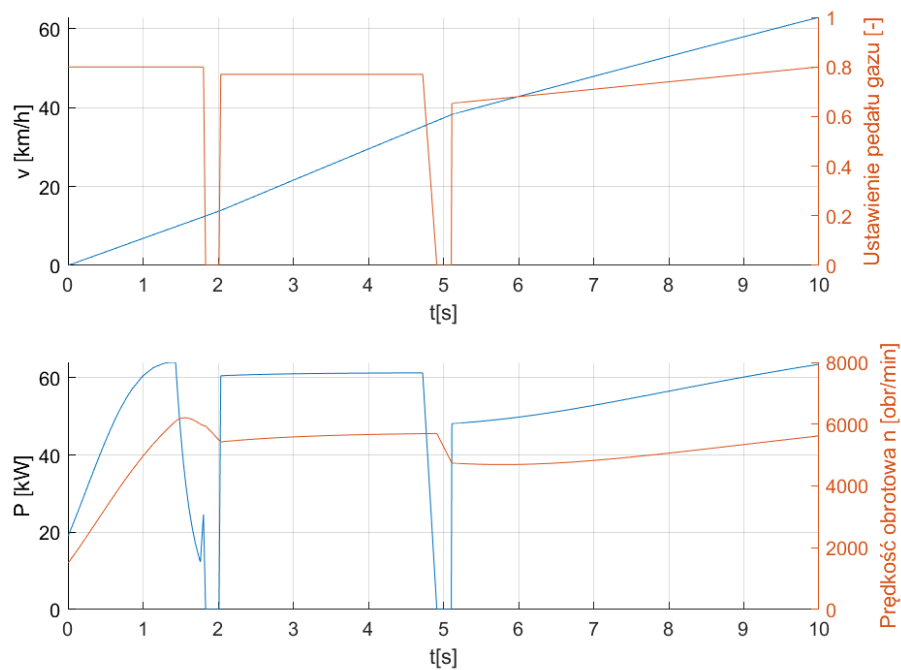
4 Wyniki symulacji

4.1 Badanie 1

Przebiegi w badaniu 1 sprawdzają zachowanie skrzyni biegów i całego modelu pojazdu przy zmianie parametrów oporów ruchu i oporów wzniesienia. Sprawdzana jest zarówno multiplikacja biegu jak i redukcja.



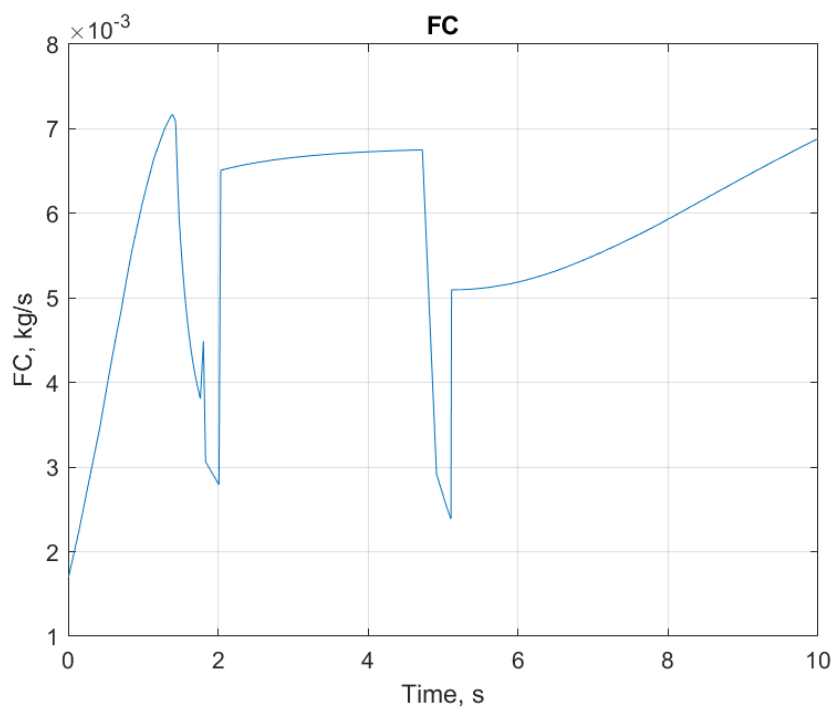
Rys. 6: Sygnał sterujący wykorzystany w badaniu 1



Rys. 7: Charakterystyki prędkości, mocy i prędkości obrotowej w funkcji czasu



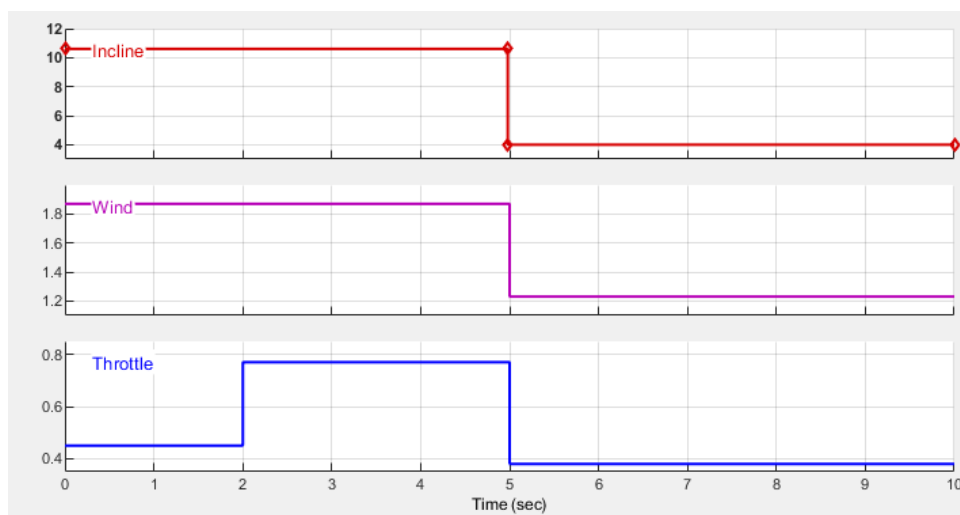
Rys. 8: Charakterystyka doboru biegu w czasie



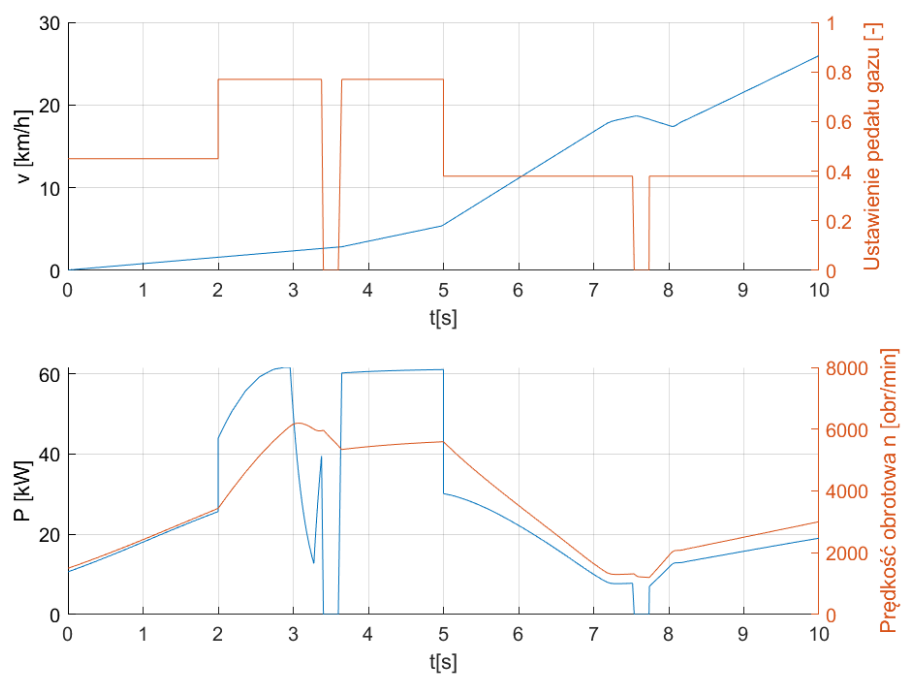
Rys. 9: Zużycie paliwa

4.2 Badanie 2

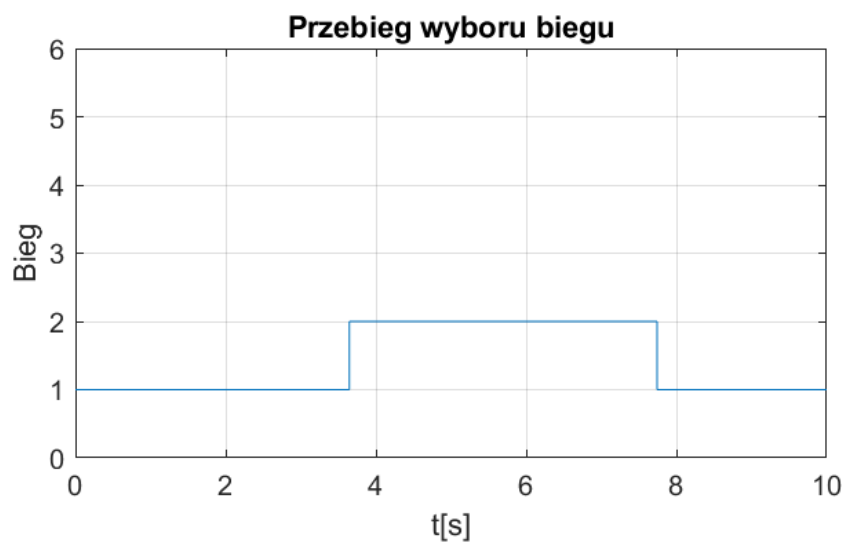
W badaniu drugim sprawdzono zachowanie pojazdu w przypadku dużego kąta nachylenia zbocza.



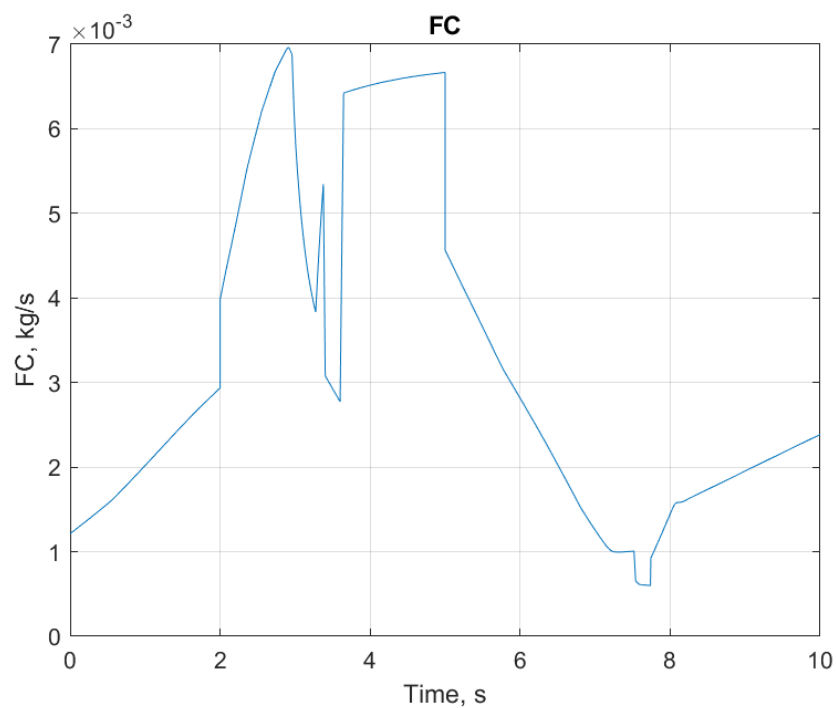
Rys. 10: Sygnał sterujący wykorzystany w badaniu



Rys. 11: Charakterystyki prędkości, mocy i prędkości obrotowej w funkcji czasu



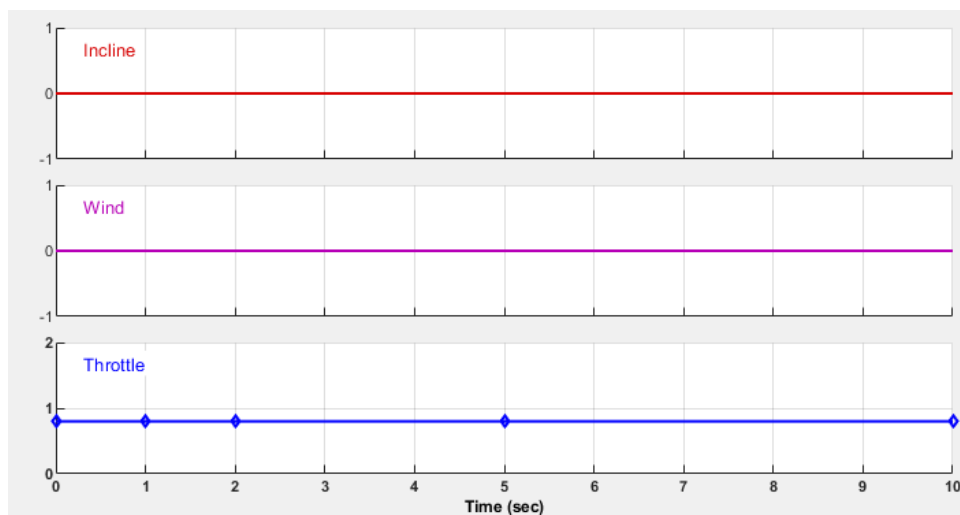
Rys. 12: Charakterystyka doboru biegu w czasie



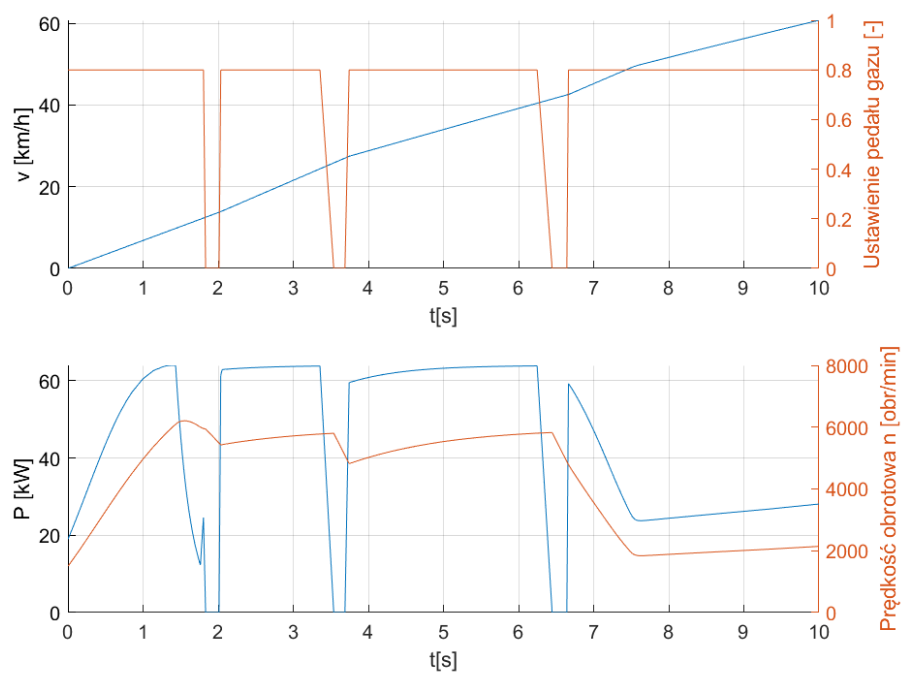
Rys. 13: Zużycie paliwa

4.3 Badanie 3

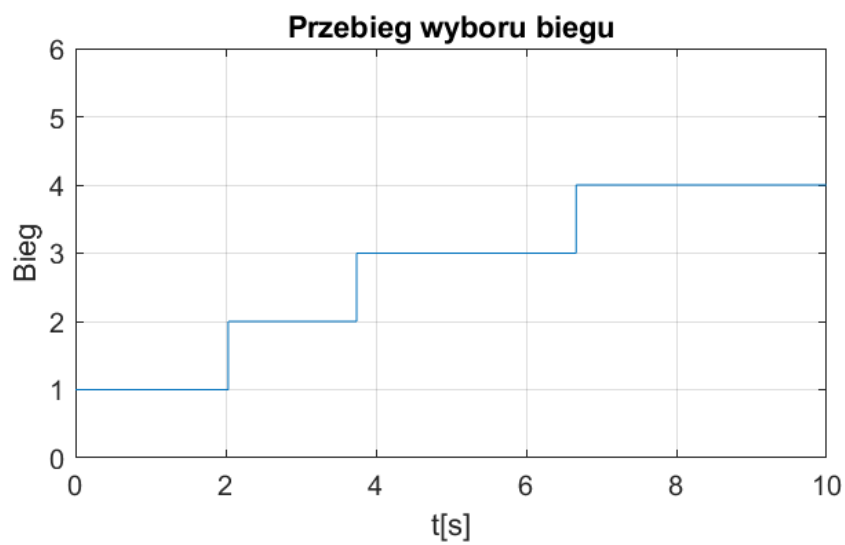
W badaniu trzecim testowane jest zachowanie pojazdu przy stałych parametrach ruchu.



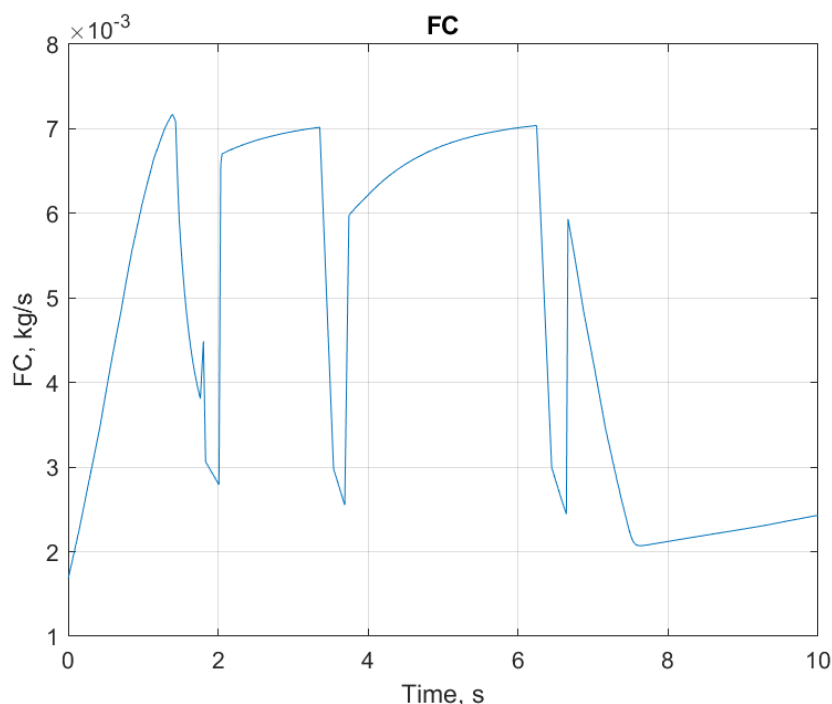
Rys. 14: Sygnał sterujący wykorzystany w badaniu



Rys. 15: Charakterystyki prędkości, mocy i prędkości obrotowej w funkcji czasu



Rys. 16: Charakterystyka doboru biegu w czasie



Rys. 17: Zużycie paliwa

5 Wnioski

1. Zastosowanie środowiska *Simscape: Driveline* umożliwia znaczne uproszczenie modelowania pojazdów oraz ich podzespołów. Zastosowanie fizycznych torów sygnałowych podobnie jak w środowisku *LMS AMESim* pozwala na rzetelniejszą integrację komponentów modelu oraz ich analizę.
2. Działanie modelu i subsystemu skrzyni biegów jest zbliżone do rzeczywistego, w Badaniu 2 (4.2) w trakcie zmiany biegu możemy zaobserwować znaczny spadek mocy, a co za tym idzie również spadek momentu napędowego. Tworzy to potencjalnie niebezpieczną sytuację mogącą skutkować zatrzymaniem silnika i stoczeniem się pojazdu. Przed takim zdarzeniem kierowca pojazdu może się zabezpieczyć nabierając prędkości przed zmianą biegu (zwiększając energię kinetyczną pojazdu) lub stosując szybszą zmianę biegu, albo układy zmiany biegu pod obciążeniem.
3. W zastosowanym modelu ciężko jest w sposób jednoznaczny odwzorować zachowanie skrzyni biegów w sposób dosłowny. Jest to spowodowane złożonym modelem inercji silnika i elementów układu napędowego, który wymaga specjalnego przystosowania aby symulacja oddawała rzeczywiste zachowanie tego typu układów. Widocznym problemem jest zbyt mały spadek obrotów silnika przy wyzerowaniu sygnału przepustnicy, czyli bardzo duża bezwładność pracy silnika.

Literatura

- [1] *Mitsubishi Lancer 1.5 2009*, strona internetowa Automobile Catalog
Data dostępu: 4.04.2021
- [2] *Dokumentacja biblioteki Stateflow*, Mathworks
Data dostępu 25.05.2021

- [3] *Dokumentacja biblioteki Simscape:Driveline*, Mathworks
Data dostępu 25.05.2021

6 Oświadczenie o samodzielności wykonania

Oświadczam że niniejsza praca zaliczeniowa stanowiąca podstawę obecny efektów uczenia się z przedmiotu *Diagnostyka Układów Mechatronicznych* została przeze mnie wykonana samodzielnie.

Michał Łukaszewicz
297696

