

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**  
**Wydział Maszyn Roboczych i Transportu**

**PRACA DYPLOMOWA**

**BADANIA I MODELOWANIE PRACY UKŁADU NAPĘDOWEGO SAMOCHODU Z  
AUTOMATYCZNĄ SKRZYNIĄ BIEGÓW**

Autor:  
inż. Janusz Walkowiak

Promotor:  
dr inż. Grzegorz Ślaski

Poznań 2007

Wstęp.....	4
<b>1    ZADANIA I RODZAJE UKŁADÓW NAPĘDOWYCH.....</b>	<b>5</b>
1.1    RODZAJE UKŁADÓW NAPĘDOWYCH.....	5
1.2    SKRZYŃNIA BIEGÓW JAKO ELEMENT UKŁADU NAPĘDOWEGO.....	7
1.2.1 <i>Charakterystyka silnika spalinowego</i> .....	7
1.2.2 <i>Opory ruchu samochodu</i> .....	7
1.2.3 <i>Dobór przełożeń podczas eksploatacji pojazdu</i> .....	9
1.3    ROZWIĄZANIA TECHNICZNE AUTOMATYCZNYCH SKRZYŃ BIEGÓW.....	11
1.3.1 <i>Stopniowe automatyczne skrzynie biegów (AT)</i> .....	12
1.3.2 <i>Bezstopniowe automatyczne skrzynie biegów (CVT)</i> .....	13
1.3.3 <i>Zautomatyzowane stopniowe skrzynie biegów</i> .....	14
<b>2    BUDOWA I DZIAŁANIE AUTOMATYCZNYCH SKRZYŃ BIEGÓW JAKO NAPĘDU HYDROMECHANICZNEGO SAMOCHODU.....</b>	<b>15</b>
2.1    PRZEKŁADNIA HYDROKINETYCZNA.....	16
2.1.1 <i>Charakterystyka przekładni hydrokinetycznej</i> .....	18
2.1.2 <i>Współpraca przekładni hydrokinetycznej z silnikiem</i> .....	20
2.1.3 <i>Sprzęgło blokujące przekładni hydrokinetycznej</i> .....	23
2.1.4 <i>Przekładni hydrokinetycznej a własności dynamiczne samochodu</i> .....	24
2.2    PRZEKŁADNIA PLANETARNA.....	24
2.2.1 <i>Schemat funkcjonowania automatycznej skrzyni biegów ZF 5HP18</i> .....	26
2.2.2 <i>Sprzęgła i hamulce</i> .....	27
2.2.3 <i>Układ sterujący skrzyni biegów</i> .....	28
<b>3    DANE TECHNICZNE BADANEGO SAMOCHODU – BMW 525I 24V.....</b>	<b>33</b>
3.1    CHARAKTERYSTYKA SILNIKA M50B25.....	33
3.2    CHARAKTERYSTYKA SKRZYŃNIA BIEGÓW.....	34
3.2.1 <i>Charakterystyka przekładni hydrokinetycznej ZF – BMW współpracującej ze skrzynią 5HP18</i> .....	35
3.2.2 <i>Charakterystyka przekładni planetarnej skrzyni 5HP18</i> .....	37
3.2.3 <i>Charakterystyka sterowania zmianą biegów w skrzyni 5HP18</i> .....	37
3.3    POZOSTAŁE DANE TECHNICZNE SAMOCHODU.....	39
<b>4    BADANIA DROGOWE SAMOCHODU BMW 525I 24V WYPOSAŻONEGO W ZESPÓŁ NAPĘDOWY: SILNIK M50 B25 I SKRZYŃNIĘ AUTOMATYCZNĄ ZF 5HP18.....</b>	<b>41</b>
4.1    OBIEKT BADAŃ.....	41
4.2    METODOLOGIA BADAŃ.....	41
4.3    SPRZĘT POMIAROWO-REJESTRACYJNY.....	42
4.3.1 <i>Metodyka analizy wyników</i> .....	45
4.4    WYNIKI POMIARÓW DROGOWYCH SAMOCHODU BMW 525I 24V Z AUTOMATYCZNĄ SKRZYŃNIĄ BIEGÓW.....	47
4.5    PODSUMOWANIE BADAŃ DROGOWYCH.....	49
<b>5    BADANIA STANOWISKOWE UKŁADU NAPĘDOWEGO NA STANOWISKU LABORATORYJNYM.....</b>	<b>51</b>
5.1    OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO.....	51
5.1.1 <i>Dane techniczne głównych podzespołów</i> .....	52
5.2    BADANIA STANOWISKOWE.....	57
5.2.1 <i>Metodyka analizy wyników</i> .....	57
5.3    WYNIKI POMIARÓW NA STANOWISKU BADAWCZYM ZESPOŁU NAPĘDOWEGO Z AUTOMATYCZNĄ SKRZYŃNIĄ BIEGÓW.....	58
5.4    PODSUMOWANIE BADAŃ STANOWISKOWYCH.....	62
<b>6    BADANIA SYMULACYJNE POJAZDU BMW 525I I LABORATORYJNEGO STANOWISKA BADAWCZEGO UKŁADU NAPĘDOWEGO.....</b>	<b>63</b>
6.1    CELE BADAŃ SYMULACYJNYCH POJAZDU I STANOWISKA BADAWCZEGO.....	63
6.2    METODYKA BUDOWY MODELI SYMULACYJNYCH.....	63
6.3    ŚRODOWISKO SYMULACJI.....	64

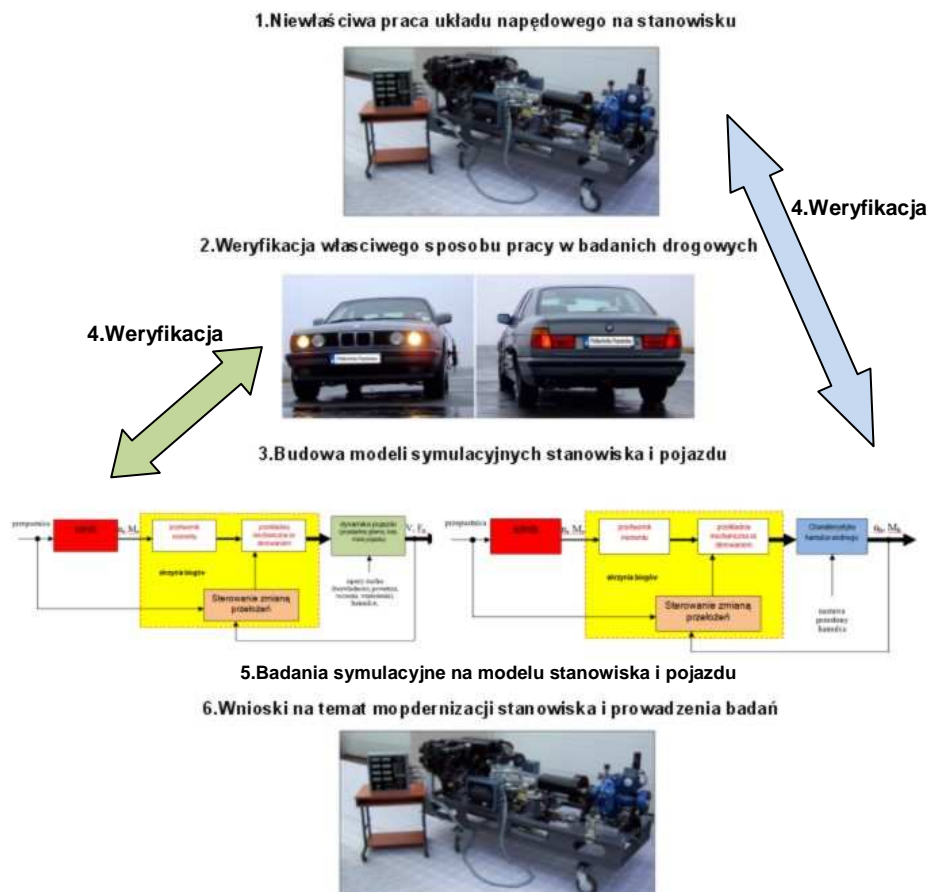
6.4	STRUKTURA MODELI POJAZDU I STANOWISKA.....	64
6.5	ZAPIS MODELU W MATLABIE I SIMULINKU.....	65
6.5.1	<i>Plik sterujący symulacją.....</i>	65
6.5.2	<i>Ogólna struktura modelu w Simulinku.....</i>	66
6.5.3	<i>Model silnika.....</i>	67
6.5.4	<i>Model skrzyni biegów.....</i>	68
6.5.5	<i>Model pojazdu.....</i>	72
6.5.6	<i>Model stanowiska badawczego.....</i>	74
6.6	WERYFIKACJA I IDENTYFIKACJA PARAMETRÓW MODELU .....	76
6.7	BADANIA PROCESU ROZPĘDZANIA ZE ZMIANĄ PRZEŁOŻEŃ .....	83
<b>7</b>	<b>PROPOZYCJE MODERNIZACJI STANOWISKA.....</b>	<b>87</b>
7.1	DODANIE MASY BEZWŁADNOŚCIOWEJ.....	87
7.1.1	<i>Obliczenia masy zastępczej samochodu zredukowanej do osi obrotu wału napędowego.....</i>	89
7.2	SYMULACJA DLA STANOWISKA Z WIRUJĄCĄ MASĄ BEZWŁADNOŚCIOWĄ.....	91
7.3	ZASTOSOWANIE AKTYWNEGO GENEROWANIA MOMENTU OBCIĄŻAJĄCEGO UKŁAD NAPĘDOWY .....	94
<b>8</b>	<b>PODSUMOWANIE .....</b>	<b>96</b>

## Wstęp

W ramach inżynierskiej pracy dyplomowej zrealizowanej przez autora niniejszej pracy magisterskiej zaprojektowane i wykonane zostało stanowisko badawcze zespołu napędowego z automatyczną skrzynią biegów. Z założenia stanowisko to przeznaczone jest do celów dydaktycznych w zakresie właściwości funkcjonalnych. Zespół umożliwia również prowadzenie badań doświadczalnych. Obciążenie jest realizowane za pomocą hamulca wodnego. Funkcjonowanie zespołu jest w pełni sterowane i monitorowane przez elektroniczne układy sterujące.

W trakcie prowadzonych na stanowisku badań stwierdzono jednak znaczne różnice w funkcjonowaniu zespołu napędowego na stanowisku, w stosunku do identycznego układu napędowego pojazdu rzeczywistego w warunkach drogowych. W ramach poszukiwania możliwych przyczyn istniejących różnic sformułowano hipotezę o niewłaściwym sposobie symulowania rzeczywistych sił oporów ruchu, przede wszystkim oporów bezwładności, realizowanego za pomocą hamulca wodnego.

Niniejsza praca magisterska ma na celu weryfikację tej hipotezy w oparciu o badania porównawcze stanowiska, pojazdu oraz odpowiednich modeli matematycznych poddanych symulacji w środowisku Matlab – Simulink.



Rys. 1.1 Struktura i chronologia prezentowanej pracy

