

# POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

## WYDZIAŁ MECHANICZNY

---

KIERUNEK: MECHATRONIKA

## MECHATRONIKA W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

### **Etap I(30.03.2016):**

- Reasearch odnośnie działania systemów ABS. Zadanie zostanie zrealizowane w postaci krótkiego referatu na temat działania, budowy, genezy i potrzeby stosowania układu ABS. Wyjaśniona zostanie fizyka procesu hamowania potrzebna do zamodelowania systemu ABS. Dodatkowo zostanie opisany model pracy układu oraz algorytmy realizowane przez układ ECU.
- Na podstawie informacji zdobytych w pierwszej części etapu pierwszego zostaną wyodrębnione parametry decydujące o wektorze stanu systemu hamowania.

AUTORZY:

Michał Synoś 205688

Mateusz Puzio 205677

WROCŁAW 2016

---

## **1. Geneza powstania układu ABS**

Na przestrzeni ostatnich dekad zauważono potrzebę zwiększania bezpieczeństwa jazdy samochodami osobowymi. Pojazdy stawały się coraz szybsze, było ich coraz więcej, rosła więc ilość wypadków i ofiar transportu drogowego. W odpowiedzi stworzono takie wynalazki jak chociażby pasy bezpieczeństwa. Te osiągnięcia techniki wspaniale polepszały bezpieczeństwo w razie zaistnienia wypadku, nie istniały jednak sposoby na wspomoczenie kierowcy w uniknięciu wypadku.

Umożliwienie reagowania na zdarzenia drogowe, w celu uniknięcia niebezpiecznych zderzeń, jest jednym z kluczowych aspektów bezpieczeństwa czynnego stosowanego w pojazdach. Uniknięcie wypadku, choćby dużymi nakładami inwestycyjnymi, zawsze jest bardziej korzystne niż bierna ochrona, gdy zdarzenie jest już nieuniknione.

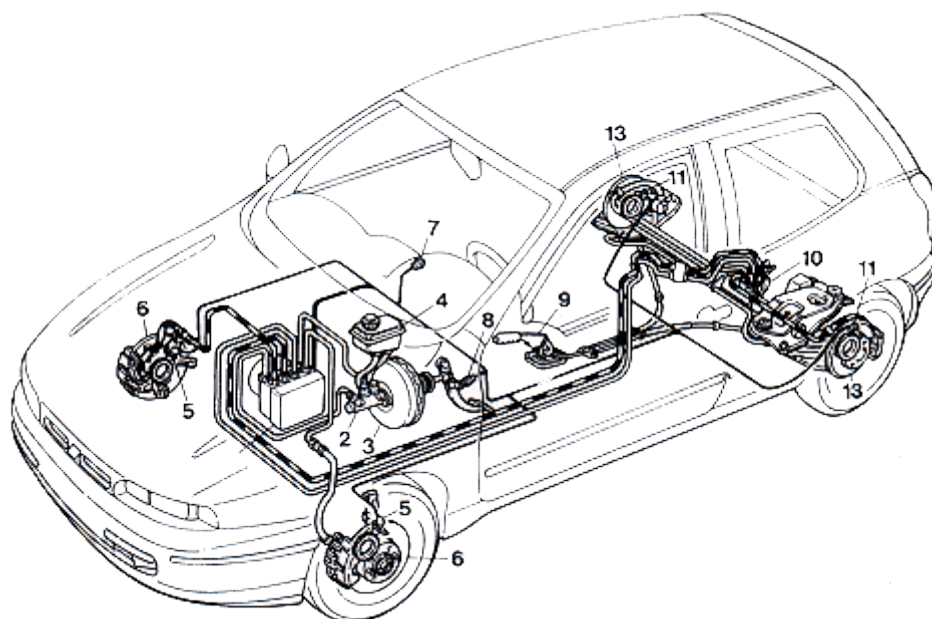
Typową reakcją kierowcy na niebezpieczeństwo na drodze, bardzo często manifestującą się w postaci za późno dostrzeżonej przeszkody na trajektorii ruchu, jest rozpoczęcie awaryjnego hamowania. Prowadzi to niestety do braku możliwości kontrolowania pojazdem, a w skrajnych przypadkach może doprowadzić do utraty stabilności toru jazdy. Nie jest to, ponadto, optymalny ze względu na długość drogi hamowania sposób wytracania prędkości. Układ ABS jest odpowiedzią na wspomniane tutaj problemy.

## **2. Budowa układu hamulcowego z uwzględnieniem systemu ABS oraz zasada działania**

Układ hamulcowy wraz z systemem ABS składa się głównie z następujących elementów[2]:

1. ECU
2. Pompa hamulcowa
3. Urządzenie wspomagające siłę hamowania (potocznie tzw. servo)
4. Zbiornik płynu hamulcowego
5. Czujnik prędkości obrotowej koła
6. Elementy aktywne układu hamowania (np. tarcze hamulcowe)

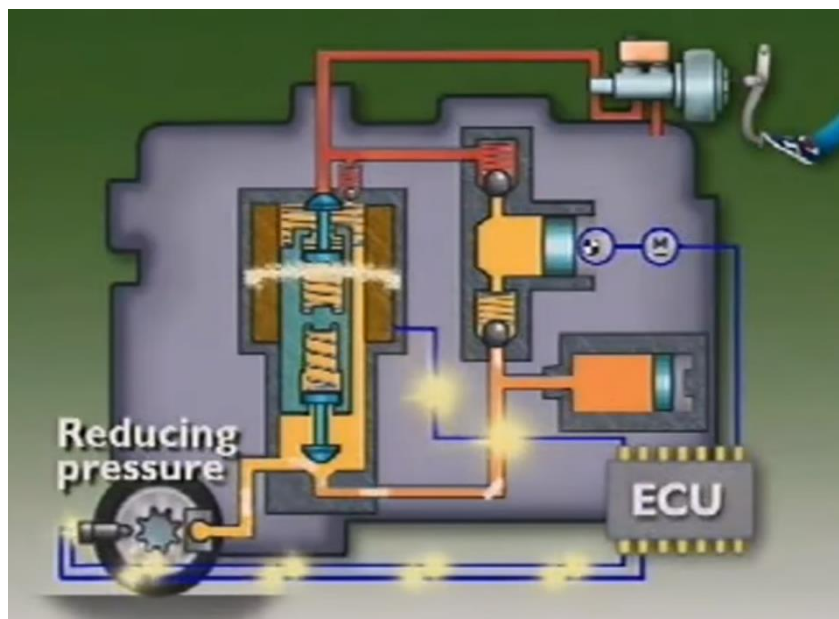
Schematycznie ilustruje to rysunek 2.1.



*Rys.2.1 Schemat systemu ABS [2].*

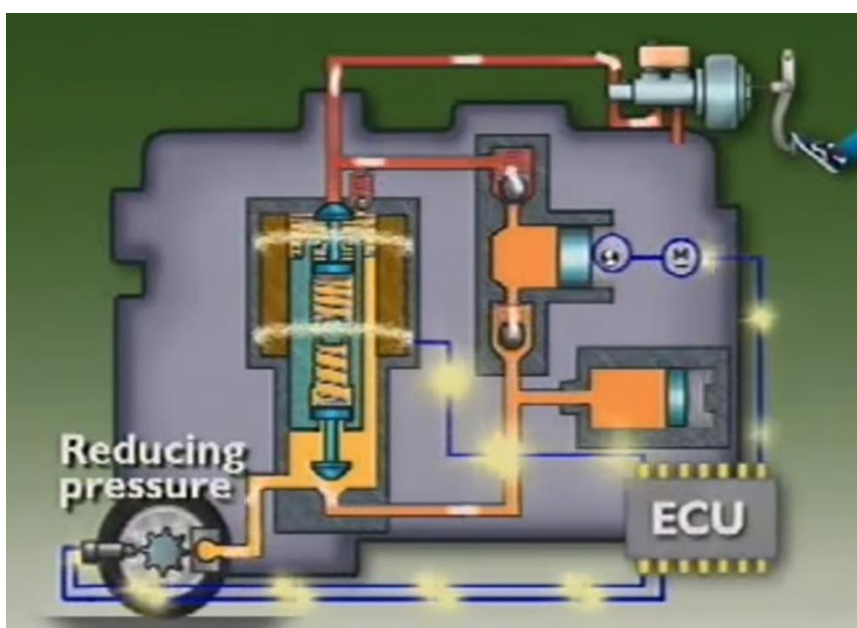
Głównym elementem wykonawczym układu ABS są elektrozawory sterowane elektronicznie, które umieszcza się między hamulcami a pompą hamulcową. Mają one za zadanie zmniejszyć ciśnienie w układzie, jeśli ECU określi, że wartość poślizgu wzdłużnego jest zbyt wysoka. Przy lekkim hamowaniu układ z ABS nie włącza się: ciśnienie wytworzone przez pedał hamulca jest wspomagane przez tzw. servo, po czym, załadując odpowiednie przełożenie hydrauliczne, odkłada się na tłoczkach hamulcowych.

W przypadku zaistnienia poślizgu o zbyt wysokiej wartości, zostaje zamknięty obwód od strony hamulców od układu pompy hamulcowej, aby ciśnienie w układzie nie mogło wzrosnąć (rysunek 2.2). Jeśli to nie pomoże pojemność rezerwuaru płynu hamulcowego jest powiększana za pomocą tłoczka, dzięki otwiera się zawór zmniejszając dalej ciśnienie.



*Rys.2.2 Zamknięcie poprzez zawór dolnej części układu od pompy hamulcowej i zmniejszenie ciśnienia w tym układzie[3]*

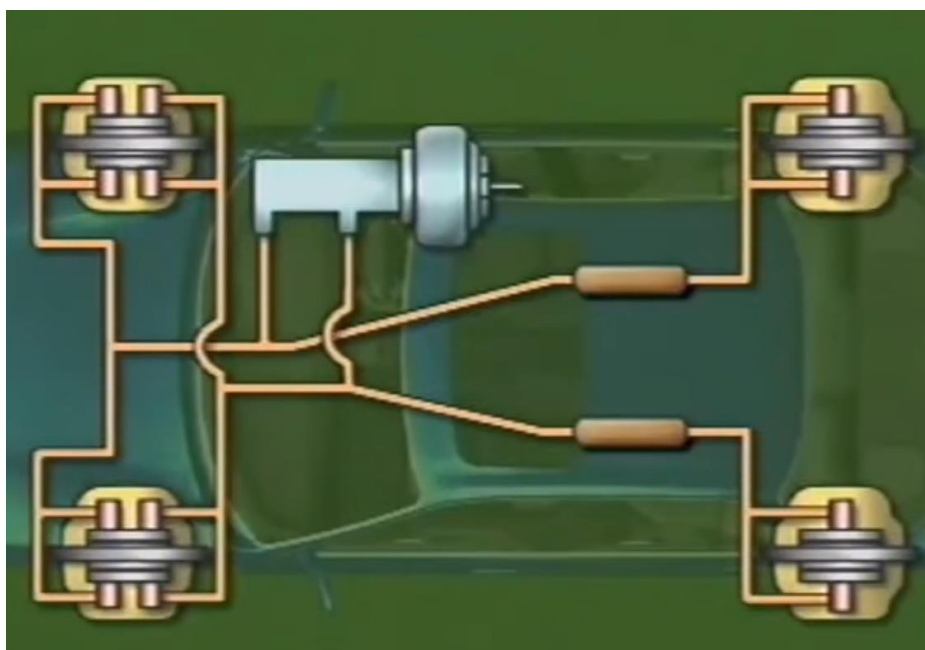
Jeśli ciśnienie w układzie w dalszej części jest zbyt wysokie, układ impulsowo generuje wysokie ciśnienie w układzie zamkniętym zaworami zwrotnymi, co powoduje impulsowe cofanie się czynnika do układu pompy hamulcowej. Skutkuje to stopniowym zmniejszeniem ciśnienia w układzie hamulcowym. Proces ten powtarza się, aż do uzyskania odpowiedniego ciśnienia. Przedstawia to rysunek 2.3.



*Rys.2.3 Dalsze impulsowe zmniejszanie ciśnienia wywieranego na układ hamulcowy[3].*

Jeśli ciśnienie powróci do wartości normatywnych zawór wraca do pozycji wyjściowej i układ ABS przestaje pracować.

Układ hamulcowy pełni kluczową rolę w bezpieczeństwie jazdy, dlatego musi posiadać zabezpieczenia na wypadek, gdy ulegnie uszkodzeniu. Dowolna nieszczelność układu hydraulicznego może prowadzić do braku możliwości hamowania. Dlatego w rzeczywistym układzie stosuje się dwie osobne drogi przepływu. Może być to np. połączenie czterech tłoczków w prawym przednim kole z tłoczkami w lewym tylnym kole i analogicznie dla przedniego lewego koła. Przykładowy, inny niż opisany wyżej, układ przedstawiono na rysunku 2.4.



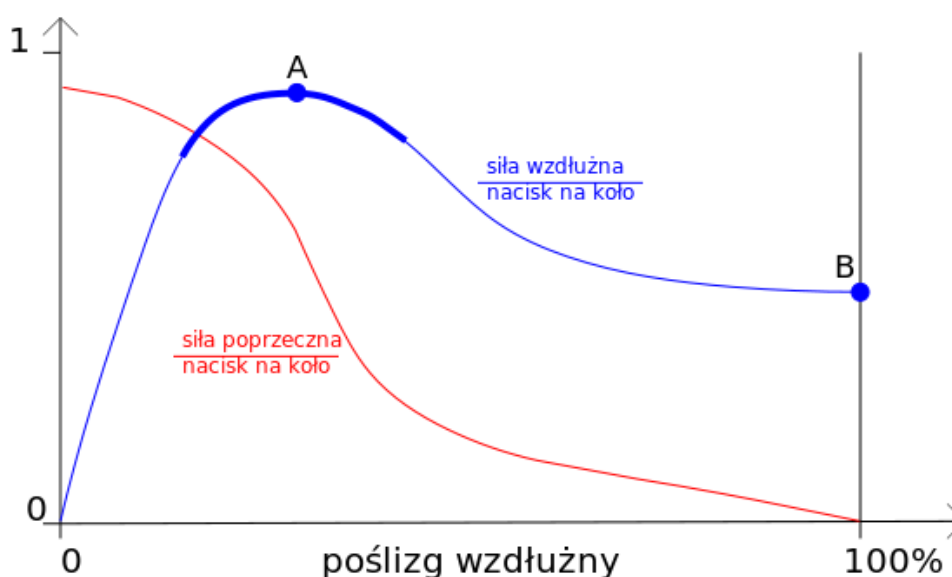
*Rys.2.4 Przykładowe połączenia hydrauliczne w układzie hamulcowym zapewniające redundantność pracy układu[3].*

### 3. Model fizyczny przyczepności koła samochodowego (przyczepność wzdłużna i poprzeczna)

Głównymi zadaniami dla systemu ABS, zgodnie z hierarchią istotności, są:

- Niedopuszczenie do utraty stabilności w wyniku hamowania
- Umożliwienie sterowania kierunkiem jazdy podczas hamowania
- Skrócenie drogi potrzebnej na wyhamowanie pojazdu

Zadanie istotniejsze jest wykonywane z wyższym priorytetem, zatem przy awaryjnym hamowaniu podczas manewru omijania przeszkody nie jest typowe istotne skrócenie drogi hamowania. Niemniej jednak w wyniku działania systemu ABS dochodzi do skrócenia drogi hamowania, szczególnie jeśli porównamy ją z drogą, która zostałaby pokonana podczas hamowania ze zablokowanymi kołami.



Rys. 3.1 Wykres siły poprzecznej i wzdłużnej, które może przenieść połączenie koło-droga w funkcji poślizgu wzdłużnego [1].

Rysunek 3.1 przedstawia siły: poprzeczną oraz wzdłużną działające na koło podczas pracy w zależności od wartości poślizgu wzdłużnego. Wartość poślizgu wzdłużnego 0 oznacza, że prędkość koła samochodu jest taka sama, jak wynika to prędkości pojazdu

oraz promienia koła samochodu. Dla takiej wartości poślizgu poprzecznej siła poprzeczna, jaką może przenieść koło jest maksymalna. Jest to sytuacja pożądana, bowiem osiągnięcie maksymalnej przyczepności poprzecznej umożliwia osiągnięcie największej kontroli nad pojazdem. Wraz ze zwiększaniem poślizgu wzdłużnego, do czego nieuchronnie dochodzi podczas silnego hamowania, wartość możliwej do przeniesienia siły poprzecznej przez koło szybko zmniejsza się. Jak wynika z powyższego wykresu, dla poślizgu wzdłużnego powyżej 50%, sterowalność pojazdem jest ograniczona do minimum.

Podczas hamowania awaryjnego istotne jest zatrzymanie samochodu na jak najkrótszej drodze hamowania. W celu osiągnięcia takiej optymalizacji należy utrzymywać poślizg wzdłużny kół podczas hamowania na takim poziomie, aby siła wzdłużna jaką może przenieść koło była maksymalna. Punkt, dla którego zachodzi taka zależność został zaznaczony na rysunku jako A. Jak pokazuje rysunek 3.1 dla tego punktu wartość siły poprzecznej jest względnie duża i pozwala na manewrowanie pojazdem (omijanie przeszkody) w trakcie procesu awaryjnego hamowania.

Sterowanie układem hamowania, tak aby uzyskać parametry poślizgu jak dla punktu A niesie za sobą problemy implementacyjne. Przekroczenie tego punktu o małą wartość poślizgu wzdłużnego w prawą stronę wykresu powoduje drastyczne zmniejszenie się siły poprzecznej jaką może przenieść koło a zatem i możliwości manewrowania samochodem podczas mocnego wciśnięcia pedału hamulca. Szacuje się, że optymalna wartość poślizgu wzdłużnego powinna oscylować w granicach 10%-30% [2].

#### **4. Model systemu ABS dla jednego koła przy założeniu znanej rzeczywistej liniowej prędkości pojazdu**

Pierwszym modelem działania systemu ABS jaki chcielibyśmy zaprezentować, jest model prezentowany w bibliotece programu matlab/Simulink.

Na początku założymy jaką prędkość obrotową pojedynczego koła, która jest prędkością przed zastosowaniem hamulców. Do układu docierają dwie wartości prędkości. Jest to aktualna prędkość kątowna koła oraz prędkość pojazdu. W rzeczywistości prędkość pojazdu może być wyznaczana poprzez wykorzystanie modułów GPS albo na podstawie sygnałów docierających od pozostałych kół znajdujących się w pojeździe, na podstawie których będzie wyznaczana prędkość obiektu.

Mając te dwie wartości prędkości obliczany jest poślizg obiektu.

$$\omega_v = \frac{V}{R}$$

$$\omega_v = \frac{V_v}{R_r}$$

$$slip = 1 - \frac{\omega_w}{\omega_v}$$

Gdzie:

$\omega_v$  – prędkość kątowna koła

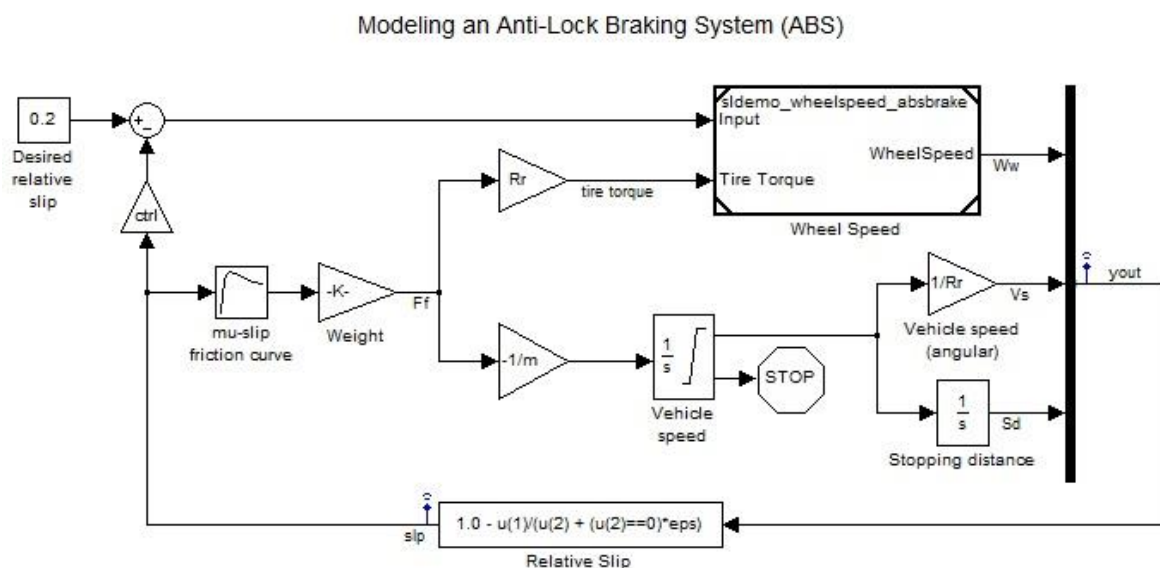
$V_v$  – prędkość liniowa pojazdu

$R_r$  – promień koła

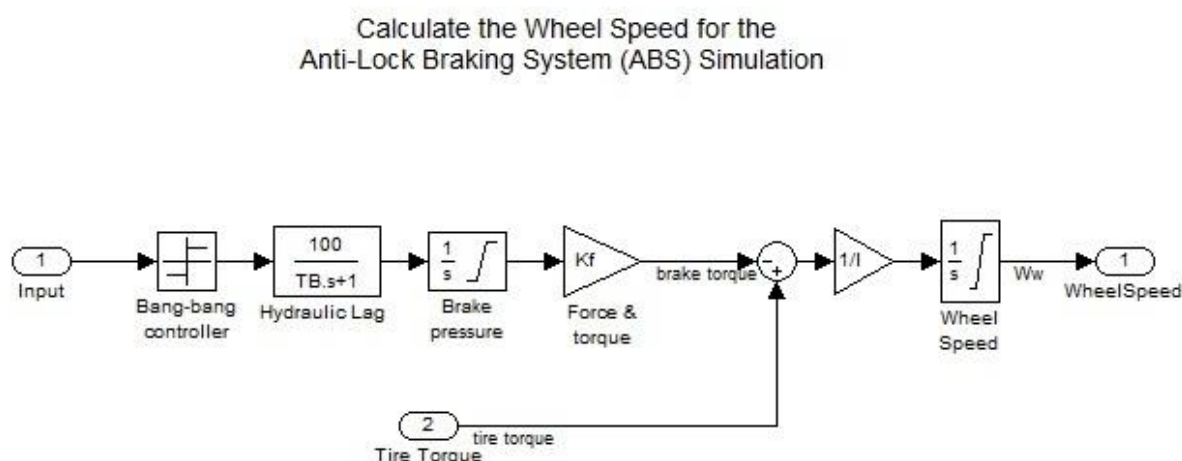
$\omega_w$  – prędkość kołowa rozpatrywanego koła

Na podstawie wyżej opisanych zależności można zauważyć że poślizg będzie przyjmował wartość zerową gdy obie prędkości, obliczona prędkość kołowa pojazdu oraz prędkość aktualnie rozpatrywanego koła będą sobie równe. Natomiast sam poślizg będzie miał miejsce w momencie gdy koło zostanie zblokowane. Wówczas wartość poślizgu wyniesie jeden. Najbardziej pożądana wartość poślizgu wynosi 0,2. Oznacza to że ilość obrotów kół wyniesie 0,8 krotność liczby obrotów w warunkach niehamujących przy tej samej prędkości pojazdu. Wówczas mamy do czynienia z maksymalizacją przyczepności pomiędzy oponą a drogą co przekłada się bezpośrednio na minimalizację drogi hamowania przy najbardziej efektywnym wykorzystaniu współczynnika tarcia pomiędzy powierzchnią na której zachodzi prace wyhamowania pojazdu a kołem. Na poniższym rysunku przedstawiono schemat blokowy reprezentujący model działania systemu ABS. Z kolei na drugim rysunku zaprezentowano bloczek *Wheel Speed* wyliczający prędkość koła.





Rys.4.1 Schemat blokowy modelu systemu ABS [4]



Rys.4.2 Schemat blokowy reprezentujący sposób wyliczania prędkości koła w modelu systemu ABS [4]

Do układu ABS dostarczana jest wartość poślizgu. Jest ona sprzężona równaniem różnicowym z wartościami wyjściowy układu. Wartość wynika służy do wyznaczenia prędkości kątowej koła. Drugim parametrem brany pod uwagę na tym etapie jest moment jaki jest generowany na kołach. Na tej podstawie wyznaczana jest siła hamowania kół oraz estymowana prędkość kątowa koła. Równoległe z tym procesem układ wyznacza aktualną wartość poślizgu na podstawie wyliczonej prędkości obrotowej koła. Dodając do tej wartości, w odpowiedniej zależności masę danego pojazdu, jesteśmy w stanie wyznaczyć aktualną prędkość pojazdu oraz moment jaki jest w danej chwili czasu  $\Delta T$  generowany w rozpatrywanym kole. Wyznaczona prędkość pojazdu podlega całkowaniu i na podstawie tak

uzyskanego wyniku podejmowana jest decyzja czy samochód stoi( w przypadku zerowej prędkości), czy nadal znajduje się w ruchu( system musi pozostawiać aktywny). Jeżeli prędkość rozpatrywanego pojazdu nie jest zerowa, wówczas system wyznacza prędkość kątową pojazdu oraz dystans drogi hamowania. Model zwiększa kilkukrotnie siłę tarcia na kole o promieniu  $R_r$ , generując wartość momentu obrotowego. Moment hamowania jest odejmowany od momentu obrotowego który jest generowany na kole. Przedstawione to jest na rysunku 4.2. Podzielenie przez momentu generowanego na kole przez bezwładność obrotową tego koła otrzymamy przyspieszenie koła, które następnie może zostać przeliczone na aktualną prędkość.

## **Literatura:**

- [1] <http://autokult.pl/16131,abs-cel-i-zasada-dzialania> stan z dnia: 24.03.2016
- [2] <http://bluesbreaker.w.interiowo.pl/abs.html> stan z dnia 24.03.2016
- [3] <http://www.wykop.pl/link/3069797/jak-dziala-system-abs/> stan z dnia 22.03.2016
- [4] <http://www.mathworks.com/help/simulink/examples/modeling-an-anti-lock-braking-system.html?requestedDomain=www.mathworks.com> stan z dnia 22.03.2016