

# A. Informacje o zespole realizującym ćwiczenie

<b>Nazwa przedmiotu:</b> Automatyka pojazdowa	
<b>Nazwa ćwiczenia:</b>	Systemy hamulcowe
<b>Data ćwiczenia:</b>	2019-05-08
<b>Czas ćwiczenia:</b>	08:00 – 09:30
<b>Zespół realizujący ćwiczenie:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Katarzyna Wątorska</li><li>• Jacek Wójtowicz</li><li>• Bartłomiej Mróz</li></ul>



## B. Sformułowanie problemu

Celem zajęć była budowa modelu systemu ABS i jego symulacja komputerowa. W środowisku MATLAB/Simulink stworzyliśmy model opisujący dynamikę hamującego samochodu. Reprezentują go równania:

$$F_f(t) = F_i(t)$$

$$F_f(t) = \mu(t)m_v g$$

$$F_i(t) = m_v a_v(t) = m_v \frac{dv_v(t)}{dt}$$

$$\frac{dv_v(t)}{dt} = \mu(t)g$$

$$J_w \frac{d\omega_w(t)}{dt} = T_b(t) - F_f(t)r_w = T_b(t) - \mu(t)m_v g r_w$$

$$s(t) = 1 - \frac{\omega_w(t)}{\omega_v(t)}$$

$$\mu(s) = a(b(1 - e^{-cs(t)}) - ds(t))$$

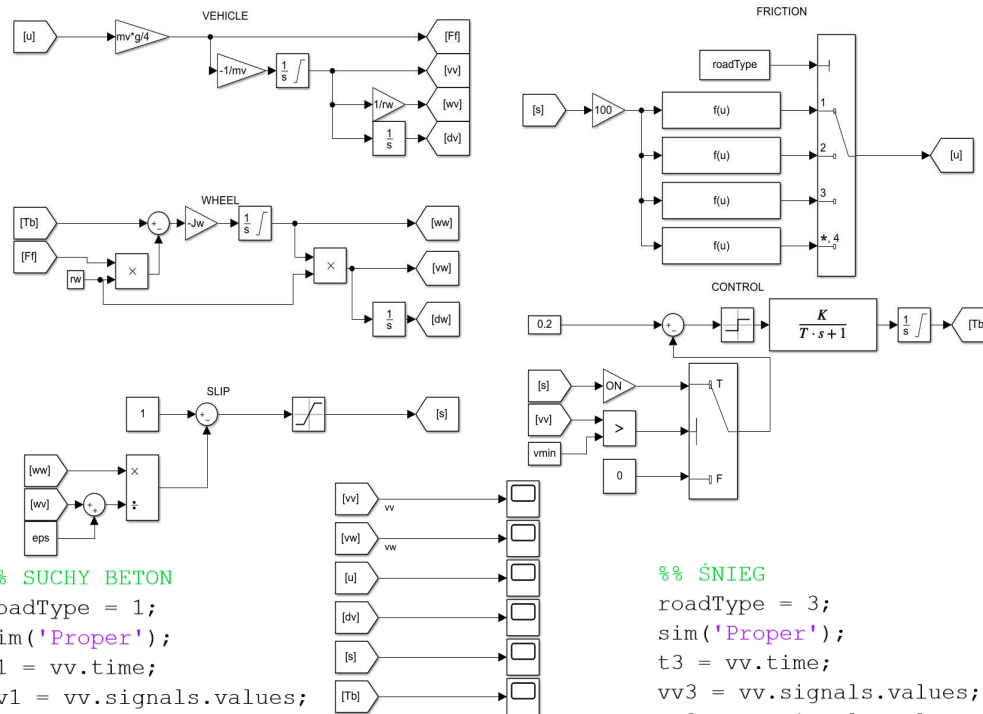
Gdzie:

- $m_v$  - całkowita masa pojazdu
- $g$  - przyspieszenie grawitacyjne
- $v_v(t)$  - prędkość samochodu
- $a_v(t)$  - przyspieszenie samochodu
- $\mu(t)$  - współczynnik tarcia między kołem a drogą
- $J_w$  - moment bezwładności koła
- $\omega_w$  - prędkość kątowa koła
- $s$  - poślizg pojazdu
- $\omega_v$  - prędkość kątowa koła wyliczona w oparciu o prędkość pojazdu:
$$\omega_v(t) = \frac{v_v(t)}{r_w}$$
- $a, b, c, d$  - parametry dobrane w sposób empiryczny w zależności od rodzaju podłoża

W oparciu o model przeprowadziliśmy następnie symulacje komputerowe, reprezentujące różne scenariusze hamowania. Analizę porównawczą wykonaliśmy w kontekście parametru określającego poślizg koła. W drugiej części ćwiczenia zaprojektowaliśmy prosty regulator, który w momencie wykrycia poślizgu kół zmniejszał na zadany czas siłę hamowania pochodzącą od układu hamulcowego.

# C. Sposób rozwiązania problemu

Wykorzystując pakiet SIMULIK zamodelowano układ równań oraz napisano skrypt symulujący różne rodzaje podłoża:



```
%% SUCHY BETON
```

```
roadType = 1;
sim('Proper');
t1 = vv.time;
vv1 = vv.signals.values;
vw1 = vw.signals.values;
dv1 = dv.signals.values;
s1 = s.signals.values;
u1 = u.signals.values;
Tb1 = Tb.signals.values;
%% MOKRY BETON
roadType = 2;
sim('Proper');
t2 = vv.time;
vv2 = vv.signals.values;
vw2 = vw.signals.values;
dv2 = dv.signals.values;
s2 = s.signals.values;
u2 = u.signals.values;
Tb2 = Tb.signals.values;
```

```
mv = 1200;
Jw = 0.01;
rw = 0.28;
v0 = 28;
vmin = 1.4;
g = 9.81;
K = 1000;
T = 0.01;
Tbmax = 2000;
eps = 2.2204e-16;
ON = 1;
```

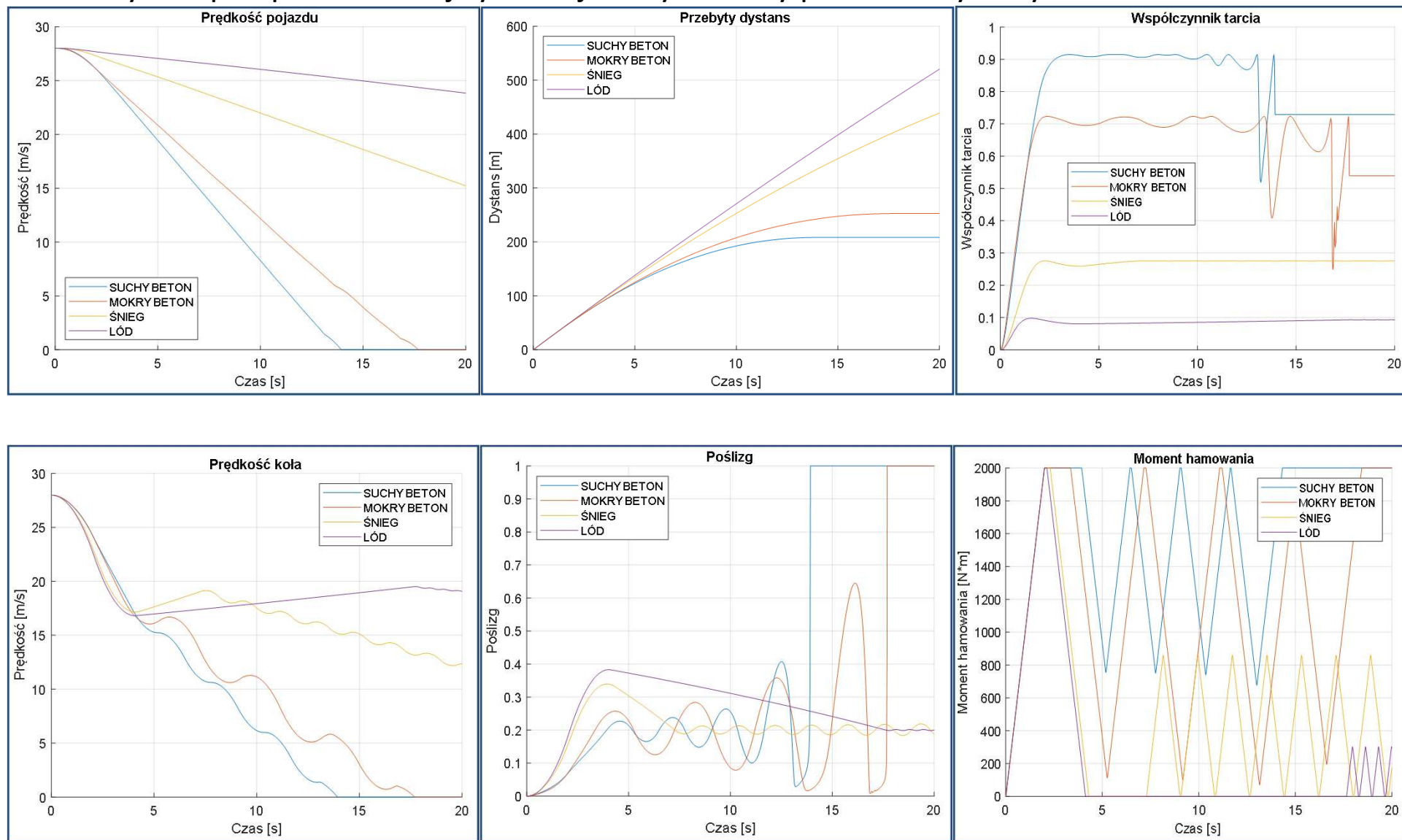
```
%% ŚNIEG
```

```
roadType = 3;
sim('Proper');
t3 = vv.time;
vv3 = vv.signals.values;
vw3 = vw.signals.values;
dv3 = dv.signals.values;
s3 = s.signals.values;
u3 = u.signals.values;
Tb3 = Tb.signals.values;
%% LÓD
roadType = 4;
sim('Proper');
t4 = vv.time;
vv4 = vv.signals.values;
vw4 = vw.signals.values;
dv4 = dv.signals.values;
s4 = s.signals.values;
u4 = u.signals.values;
Tb4 = Tb.signals.values;
```

```
plot(t1,vv1,t2,vv2,t3,vv3,t4,vv4);
title("Prędkość pojazdu");
xlabel("Czas [s]"); ylabel("Prędkość [m/s]");
legend("SUCHY BETON","MOKRY BETON","ŚNIEG","LÓD","Location','SouthWest');
hold off;
figure;
hold on; grid on;
plot(t1,dv1,t2,dv2,t3,dv3,t4,dv4);
title("Przebyte dystans");
xlabel("Czas [s]"); ylabel("Dystans [m]");
legend("SUCHY BETON","MOKRY BETON","ŚNIEG","LÓD","Location','NorthWest');
hold off;
figure;
hold on; grid on;
plot(t1,s1,t2,s2,t3,s3,t4,s4);
title("Poślizg");
xlabel("Czas [s]"); ylabel("Poślizg");
legend("SUCHY BETON","MOKRY BETON","ŚNIEG","LÓD","Location','NorthWest');
hold off;
figure;
hold on; grid on;
plot(t1,u1,t2,u2,t3,u3,t4,u4);
title("Współczynnik tarcia ");
xlabel("Czas [s]"); ylabel("Współczynnik tarcia");
legend("SUCHY BETON","MOKRY BETON","ŚNIEG","LÓD");
hold off;
figure;
hold on; grid on;
plot(t1,Tb1,t2,Tb2,t3,Tb3,t4,Tb4);
title("Moment hamowania ");
xlabel("Czas [s]"); ylabel("Moment hamowania [N*m]");
legend("SUCHY BETON","MOKRY BETON","ŚNIEG","LÓD");
hold off;
figure;
hold on; grid on;
plot(t1,vw1,t2,vw2,t3,vw3,t4,vw4);
title("Prędkość koła");
xlabel("Czas [s]"); ylabel("Prędkość [m/s]");
legend("SUCHY BETON","MOKRY BETON","ŚNIEG","LÓD");
```

# D. Wyniki

W wyniku przeprowadzonej symulacji otrzymaliśmy poniższe wykresy:



## E. Wnioski

Do zamodelowania układu hamulcowego ABS wykorzystaliśmy uproszczony modelu samochodu poruszającego się w linii prostej. Przeprowadziliśmy symulacje dla różnych nawierzchni. Zgodnie z oczekiwaniami, prędkość pojazdu/koła malała najszybciej dla największego współczynnika tarcia (dla suchego betonu). Również przebyta droga podczas hamowania była najkrótsza. Dla tej nawierzchni współczynnik poślizgu jest utrzymywany na poziomie 10%-30%, co zapewnia sterowność pojazdu. Na wykresie momentu hamowania widoczne jest, jak system ABS naśladuje hamowanie impulsowe; wartość momentu okresowo się zmienia, aż do chwili zatrzymania pojazdu.