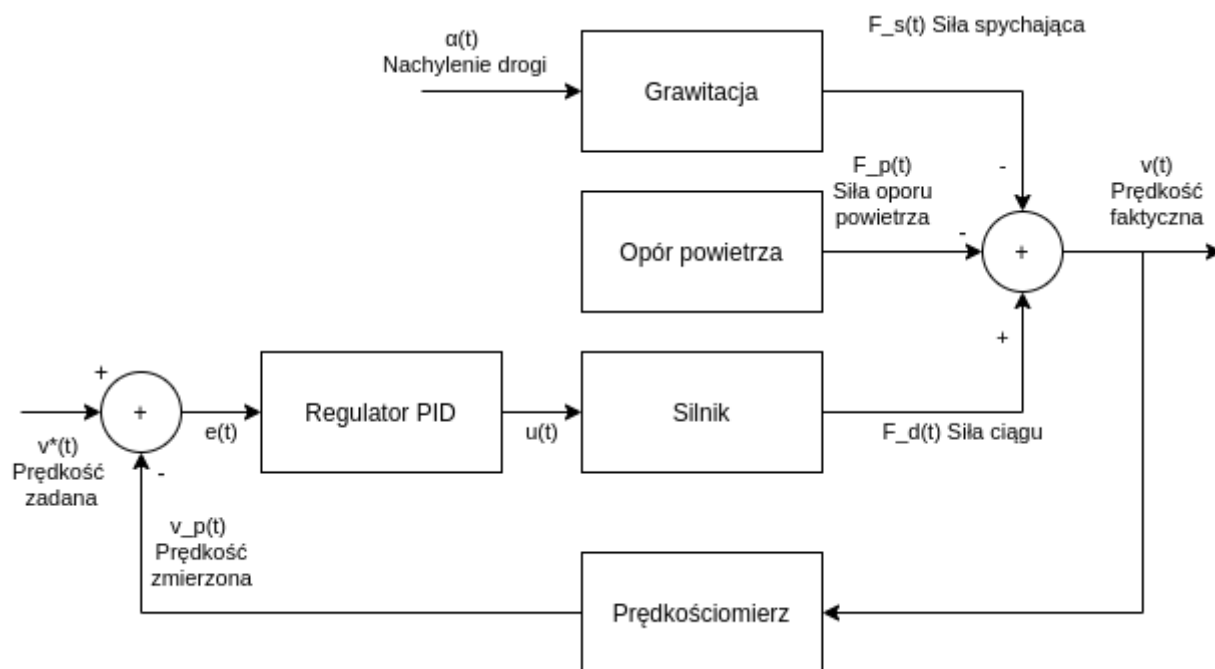


Skład grupy:	
Patryk Hubicki	145253
Jakub Kaczmarek	145291
Marcin Kasznia	145379
Anna Prałat	145395

Temat: Tempomat - regulacja prędkości zadanej za pomocą regulatora PID

Schemat blokowy



Opis

Celem projektu jest zaprojektowanie układu automatycznej regulacji kontrolującego prędkość pojazdu w formie aplikacji internetowej. Pod uwagę brane są siły silnika, spychające pojazd z nachylonej drogi oraz oporu powietrza.

Opis matematyczny

Parametry wejściowe:

- prędkość zadana $v^* \left[\frac{m}{s} \right]$
- kąt nachylenia podłoża $\alpha \text{ [rad]}$
- współczynnik oporu aerodynamicznego pojazdu C_a

- pole przekroju poprzecznego pojazdu $A [m^2]$
- masa całkowita pojazdu $m [kg]$
- ograniczenie siły ciągu $F_{dmax} [N]$
- ograniczenie wielkości sterującej u_{min} i $u_{max} [V]$

Wzór na wartość uchybu regulacji: $e(n) = v^*(n) - v(n)$

Wzór na wartość wielkości sterującej: $u(n) = k_p \left[e(n) + \frac{T_p}{T_i} \sum_{k=0}^n e(k) + \frac{T_d}{T_p} \Delta e(n) \right]$

Wzór na siłę wypadkową: $F_w = F_d - F_p - F_s$

- $F_d = x \cdot F_{dmax}$ - siła ciągu silnika (wprost proporcjonalna do wartości sterującej), ograniczona przez F_{dmax}
 - $x(n) = \frac{X_{max}}{u_{max}} \cdot u(n)$
- $F_s = mg \sin(\alpha)$ - składowa równoległa (do podłoża) siły grawitacji (siła spychająca)
- $F_p = \frac{1}{2} \rho A C_a (v)^2$ - siła oporu aerodynamicznego
 - C_a - współczynnik oporu aerodynamicznego pojazdu
 - A - powierzchnia przekroju poprzecznego pojazdu $[m^2]$
 - ρ - gęstość powietrza $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

Wzór na wartość prędkości pojazdu:

$$F_w = F_d - F_p - F_s$$

$$m \cdot \frac{dv(t)}{dt} = x(t) \cdot F_{dmax} - \frac{1}{2} \rho A C_d v(t)^2 - mg \sin \alpha$$

Równanie różniczkowe:

$$\frac{dv(t)}{dt} = \frac{1}{m} \left(x(t) \cdot F_{dmax} - \frac{1}{2} \rho A C_d v(t)^2 - mg \sin \alpha \right)$$

Równanie różnicowe:

$$\frac{\Delta v(n)}{T_p} = \frac{1}{m} \left(x(n) \cdot F_{dmax} - \frac{1}{2} \rho A C_d v(n)^2 - mg \sin \alpha \right)$$

Rozwiązanie równania różnicowego - rekurencja:

$$\begin{cases} v(0) = v_0 \\ v(n+1) = \frac{T_p}{m} (x(n) \cdot F_{dmax} - \frac{1}{2} \rho A C_a v(n)^2 - mg \sin \alpha) + v(n) \end{cases}$$

Opis implementacji

Strona internetowa: tempomat-pa-pp.herokuapp.com (<https://tempomat-pa-pp.herokuapp.com>).

Aplikację internetową wykonano przy pomocy framework'a Flask w języku Python. Wykresy przygotowywane są przez bibliotekę Bokeh. Parametry symulacji wprowadzane są przez użytkownika do formularza na udostępnionej stronie internetowej. Wyniki symulacji (wykres oraz wskaźniki jakości) pobierane są przy pomocy skryptów w JavaScript z wystawionego api.

Użytkownik jest informowany o wskaźnikach jakości regulacji, a w przypadku podania niewłaściwych wartości parametrów, o ich ograniczeniach.

Tworzenie aplikacji zostało wsparte systemem kontroli wersji Github. Aplikacja uruchamiana jest automatycznie przez platformę Heroku.

Interfejs użytkownika

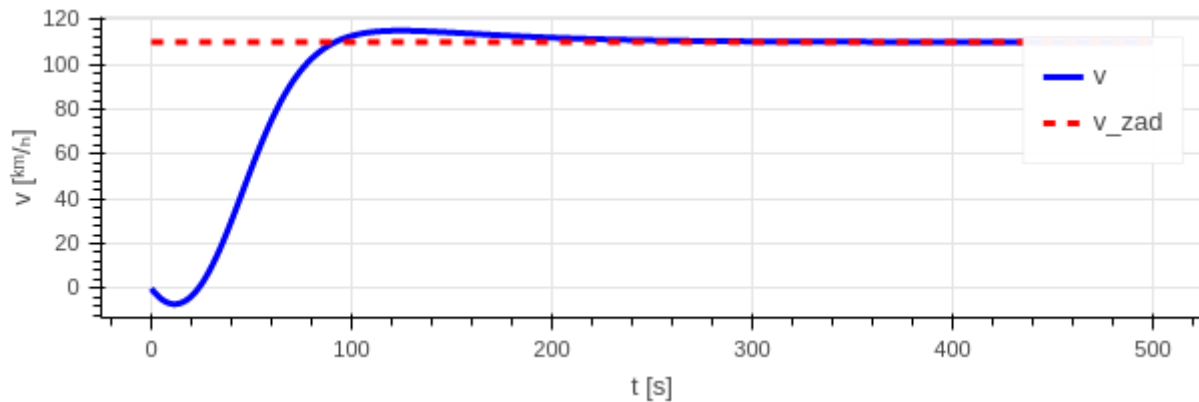
Prędkość startowa	<input type="text" value="0"/>	km/h	Powierzchnia przekroju poprzecznego pojazdu	<input type="text" value="7"/>	m ²
Prędkość zadana	<input type="text" value="110"/>	km/h	Współczynnik oporu aerodynamicznego	<input type="text" value="0.24"/>	
Nachylenie	<input type="text" value="5"/>	°	Masa samochodu	<input type="text" value="1000"/>	kg
Wzmocnienie regulatora	<input type="text" value="0.0007"/>		Maksymalna siła silnika	<input type="text" value="10000"/>	N
Czas wyprzedzenia	<input type="text" value="0.009"/>		<input type="button" value="GENERUJ WYKRES"/> <input type="button" value="RESET"/>		
Czas zdwojenia	<input type="text" value="0.4"/>				

Wyniki - zestaw I

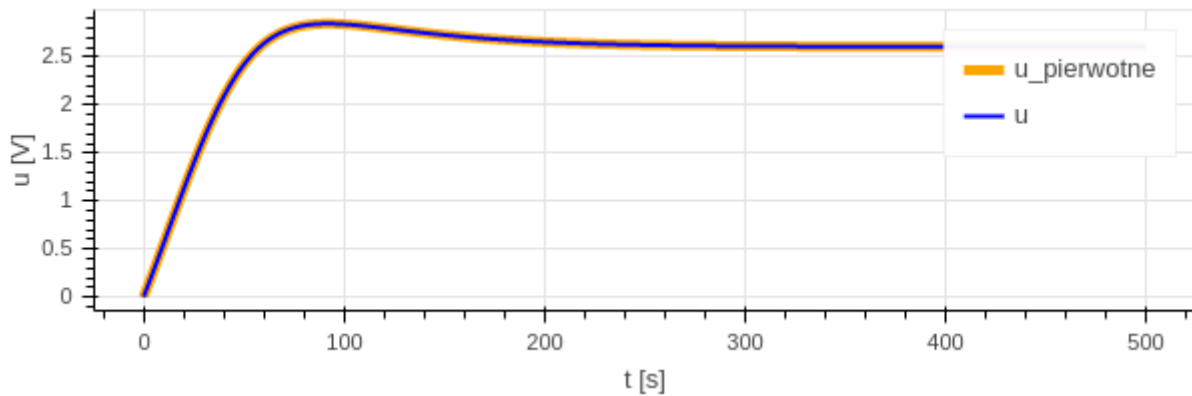
Wskaźniki jakości:

Przeregulowanie: 4.61%; Czas regulacji: 82.4s; Dokładność regulacji: 1763.14; Koszt regulacji: 1262.65

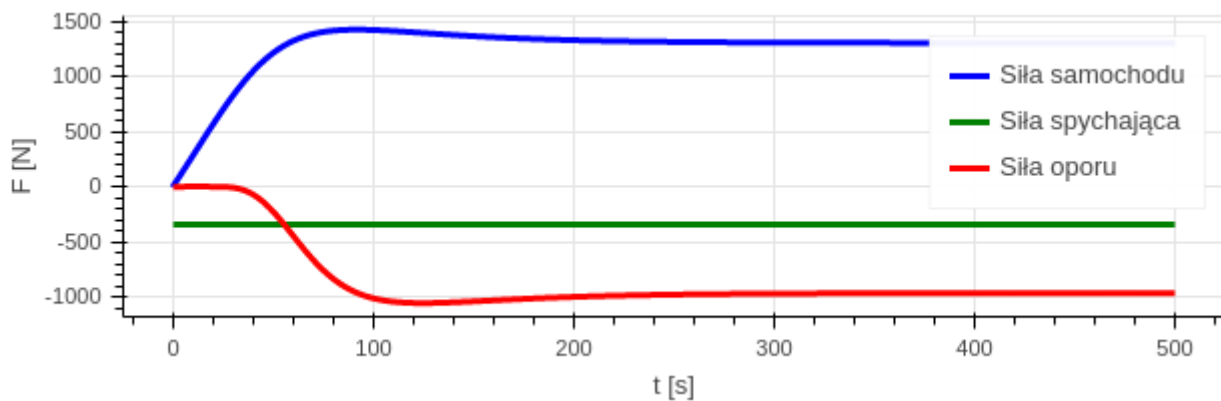
Wartość prędkości pojazdu oraz prędkości zadanej w czasie:



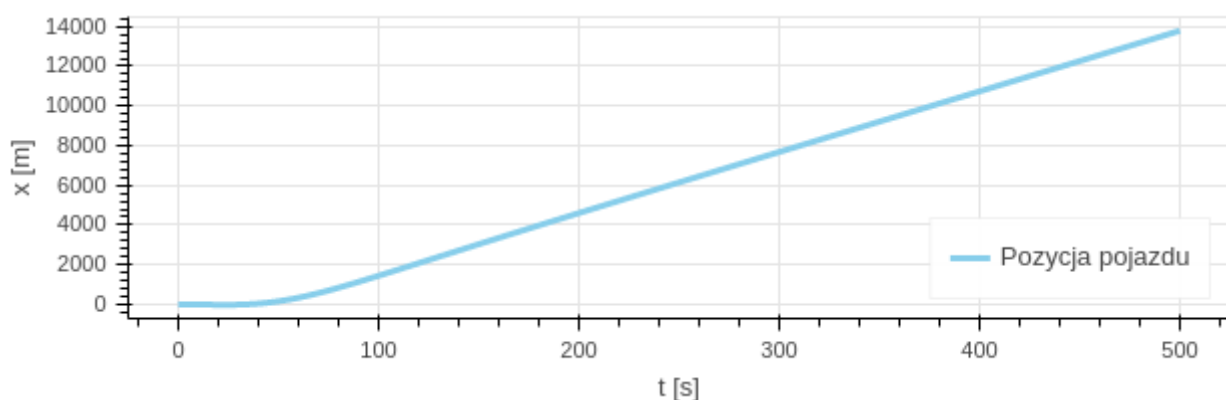
Wartość wielkości sterującej podawanej przez regulator ($u_{\text{pierwotne}}$) i z ograniczeniami (u) w czasie:



Wartości sił działających na samochód w czasie:



Pozycja samochodu w zależności od czasu:



Wyniki - zestaw II

Przy ujemnym nachyleniu - samochód zjeżdża z góry. Widok całej strony:

Symulator Tempomatu Aktywnego

Prędkość startowa km/h

Prędkość zadana km/h

Nachylenie °

Wzmocnienie regulatora

Czas wyprzedzenia

Czas zdwojenia

Powierzchnia przekroju
poprzącznego pojazdu m²

Współczynnik oporu
aerodynamicznego

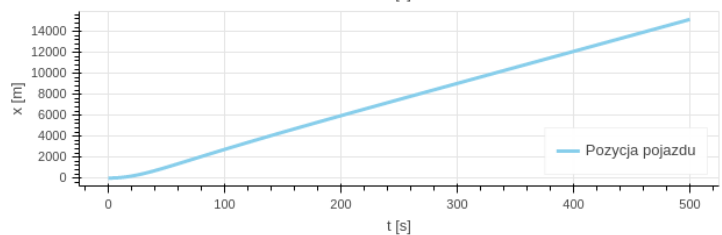
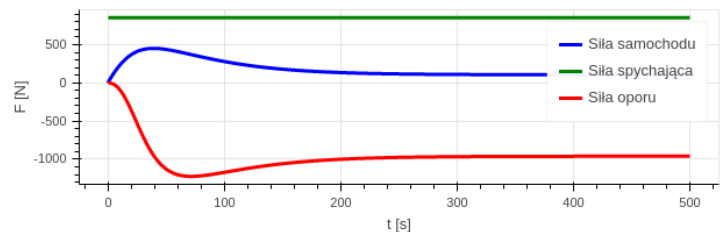
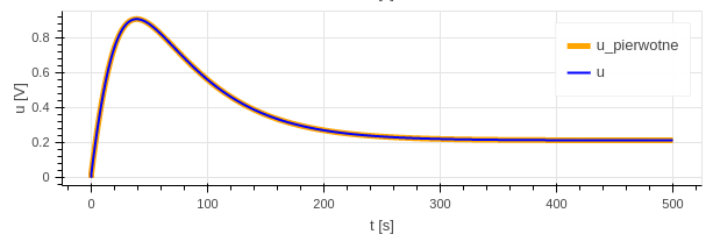
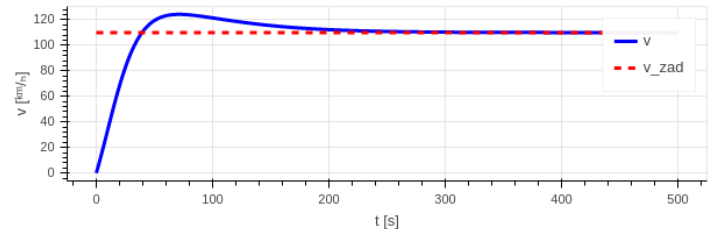
Masa samochodu kg

Maksymalna siła
silnika N

GENERUJ WYKRES

RESET

Przeregulowanie: 12.94%; Czas regulacji: 149.8s; Dokładność regulacji: 912.78; Koszt regulacji: 175.51



Github Autorzy: Jakub Kaczmarek, Marcin Kasznia, Anna Prałat, Patryk Hubicki

Wyniki - zestaw III

Przy ujemnej prędkości samochód porusza się w przeciwnym kierunku.

Symulator Tempomatu Aktywnego

Prędkość startowa km/h

Prędkość zadana km/h

Nachylenie °

Wzmocnienie regulatora

Czas wyprzedzenia

Czas zdwojenia

Powierzchnia przekroju
poprzecznego pojazdu m²

Współczynnik oporu
aerodynamicznego

Masa samochodu kg

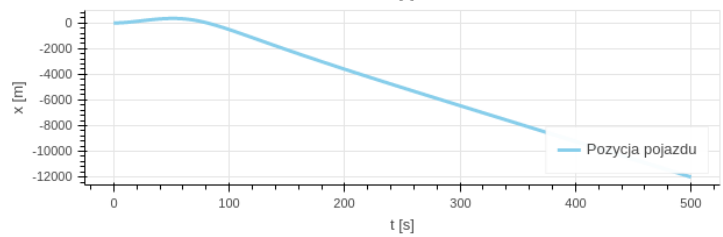
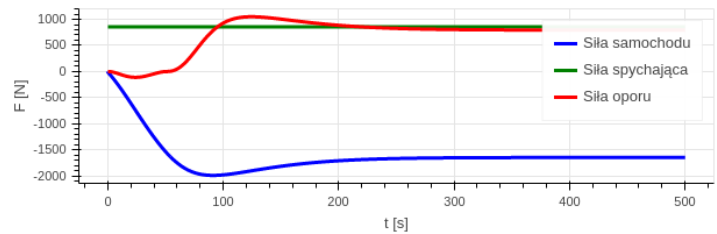
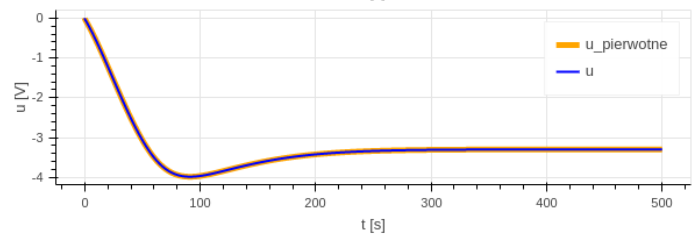
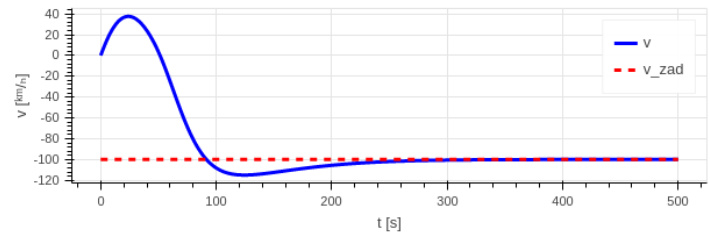
Maksymalna siła
silnika N

GENERUJ WYKRES

RESET



Przeregulowanie: 14.95%; Czas regulacji: 205.8s; Dokładność regulacji: 2666.53; Koszt regulacji: 1624.94



Github Autorzy: Jakub Kaczmarek, Marcin Kasznia, Anna Prałat, Patryk Hubicki