Projekt 2 TMiPA 2025/2026

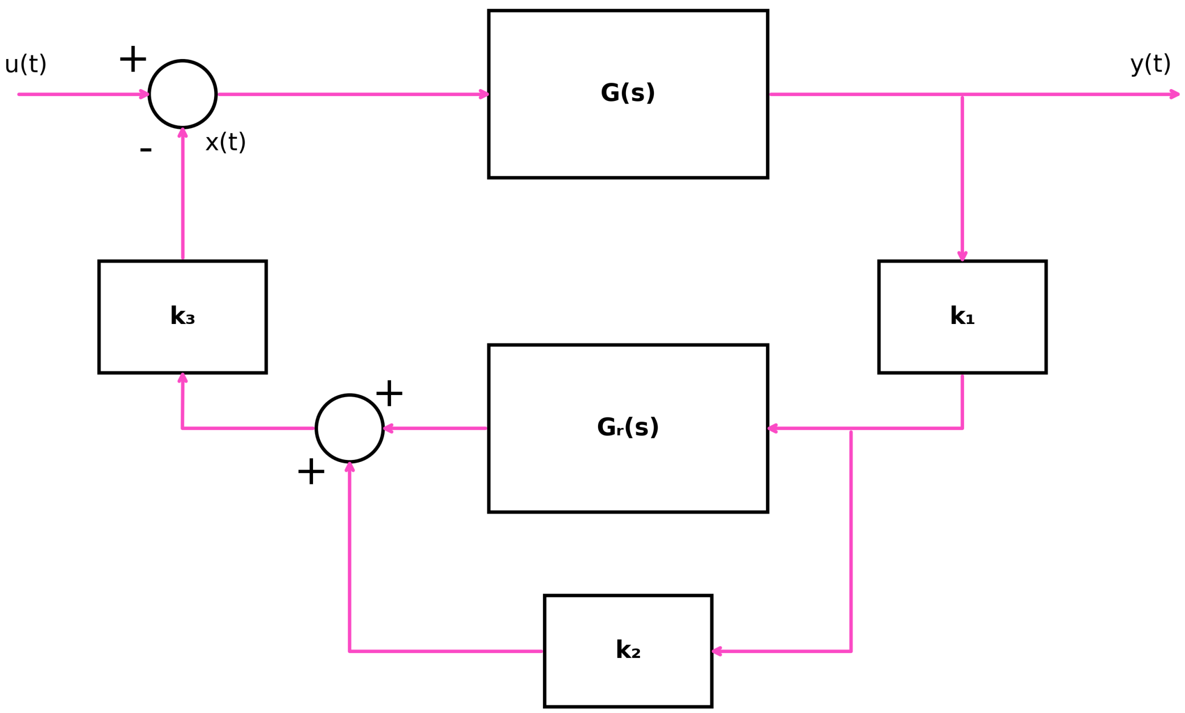
Analiza liniowego układu automatyki

Łukasz Błaszczyk, 339513

Zrobione w Pythonie, kod na Github:

https://github.com/LukeMech/STUDIA_TMiPA_Projects/tree/main/R2S1_P2

Założenia



$G(s) = \frac{1}{4s+1}$

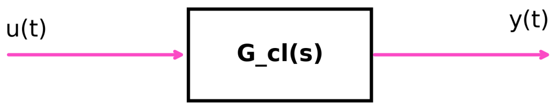
$G_r(s) = \frac{1}{s}$

$k_1 = 0.2$

$k_2 = 0.7$

$k_3 = 1.8$

a) Transmitancja zastępcza (redukcja układu do 1 bloku)



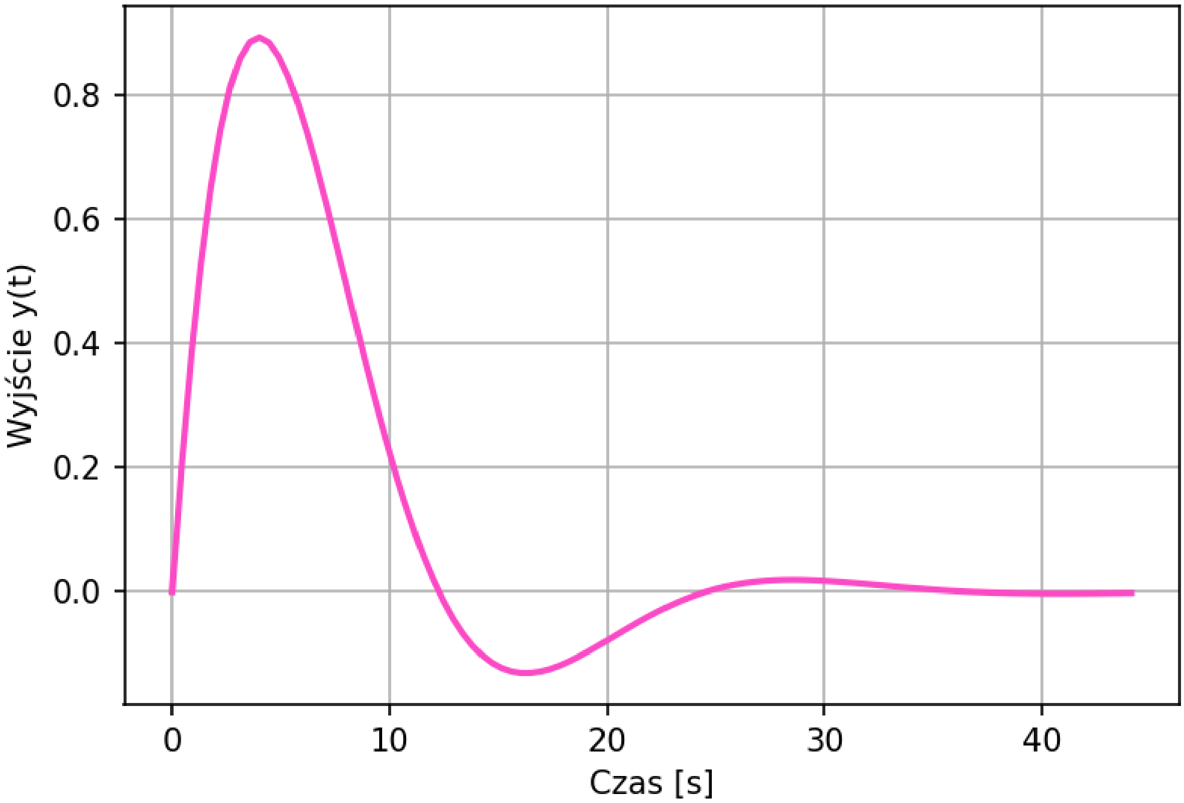
$$H_{wew}(s) = k_1(G_r(s) + k_2) = 0.14 + \frac{0.2}{s}$$

$$H(s) = k_3 H_{wew}(s) = 0.252 + \frac{0.36}{s}$$

$$G_{cl}(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} = \frac{s}{4s^2 + 1.252s + 0.36}$$

b) Analiza wymuszenia skokowego u0(t) = 2*1(t)

Wykres odpowiedzi skokowej dla wymuszenia u0(t) = 2 * 1(t) pokazuje, jak układreaguje na skokową zmianę sygnału wejściowego z wartości 0 do 2 w chwili t = 0. Napoczątku, układ znajduje się w stanie ustalonym, a wartość odpowiedzi wynosi 0. Wmomencie t = 0, gdy sygnał skacze do 2, układ zaczyna reagować na tę zmianę.Odpowiedź układu zaczyna się zmieniać od tej chwili, dążąc do nowego stanuustalonego, który jest proporcjonalny do wartości wymuszenia (w tym przypadku dowartości 2). Na wykresie widać, że odpowiedź układu początkowo szybko rośnie, anastępnie stopniowo zbliża się asymptotycznie do wartości końcowej, co możezależeć od charakterystyki układu (np. stałych czasowych). Jeśli układ jest układliniowy, odpowiedź będzie miała charakter monotoniczny lub oscylacyjny, wzależności od parametrów. Na wykresie wynikowa krzywa pokazuje przejście układuod stanu początkowego do stanu końcowego, zachowując kształt typowy dlaodpowiedzi skokowej.



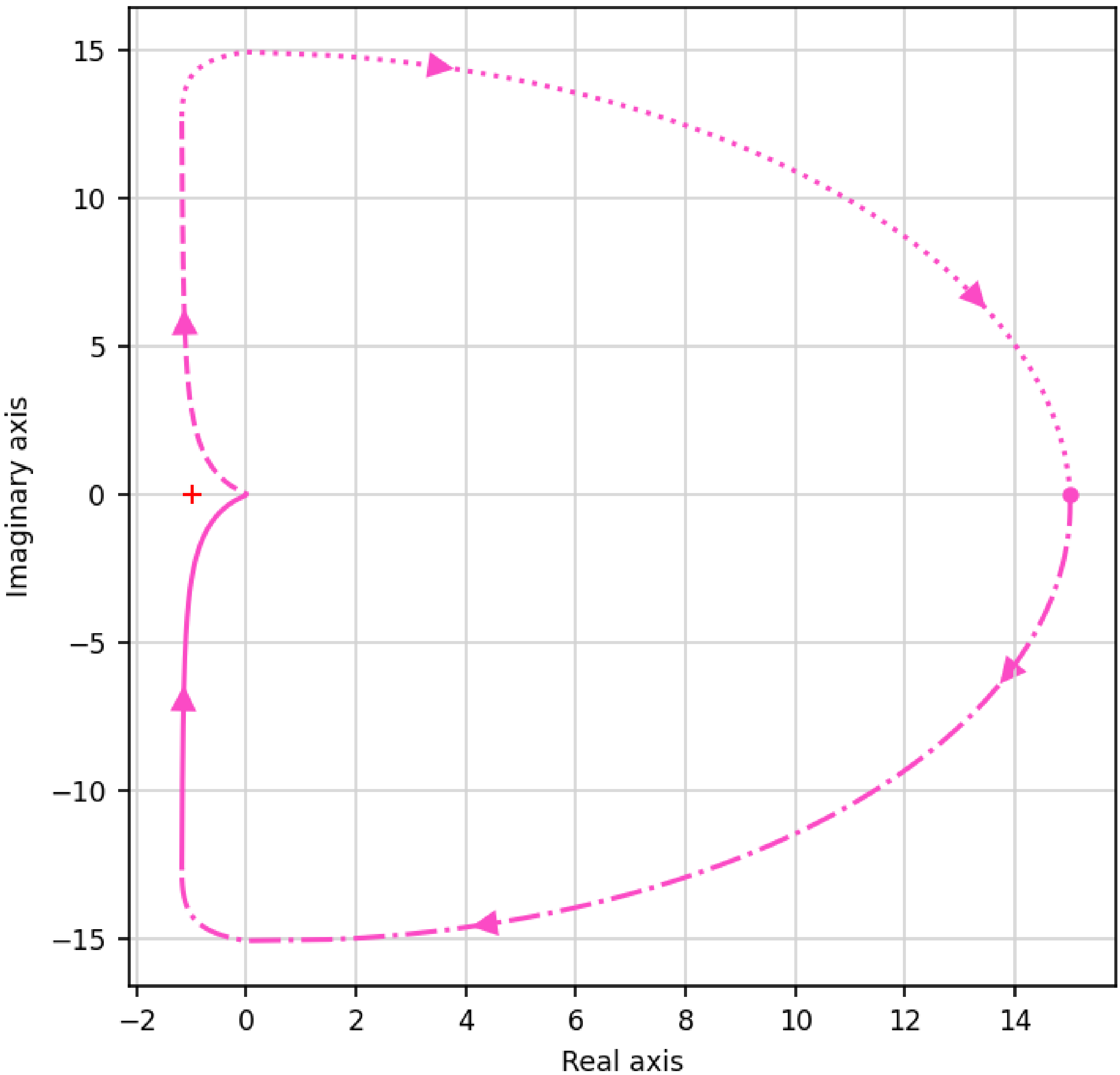
c) Wykres Nyquista

Wykres Nyquista przedstawia odpowiedź częstotliwościową układu w dziedzinie liczbzespolonych, pokazując zależność między częścią rzeczywistą (Re) a urojoną (Im)transmitancji układu L(jω), gdzie ω jest częstotliwością. Wykres jestparametryzowany poprzez zmianę częstotliwości ω, tworząc krzywą na płaszczyźniezespolonej. Ukazuje zachowanie układu w całym zakresie częstotliwości, co pozwalana analizę stabilności i właściwości dynamicznych systemu bez koniecznościrozwiązania równań różniczkowych.

$$Re[L(j\omega)] = -\frac{1.188}{16\omega^2 + 1}$$

$$Im[L(j\omega)] = \frac{-16.128\omega^4 - 6.768\omega^2 - 0.36}{\omega(256.0\omega^4 + 32.0\omega^2 + 1.0)}$$

$$s = j\omega \to L(j\omega) = \frac{0.252\omega - 0.36i}{\omega(4.0i\omega + 1.0)}$$



d) Redukcja transmitancji operatorowej sprzężenia

$$H(s) = k_3 H_{wew}(s) = 0.252 + \frac{0.36}{s}$$

e) Analiza stabilności (Hurwitz i Nyquist)

Hurwitz: Układ jest stabilny
Analiza Hurwitza została przeprowadzona na podstawie równania charakterystycznego układu. Stabilność została określona poprzez sprawdzenie kryterium Hurwitza, które wymaga, aby wszystkie główne minory macierzy Hurwitza

były dodatnie. Dodatkowo, współczynniki równania charakterystycznego muszą być dodatnie i spełniać warunki określone przez kryterium Hurwitza. Na podstawie tych warunków stwierdzono, że układ jest stabilny.

Wyznaczniki Hurwitza:

$$D_1 = 1.252$$

$$D_2 = 0.4507$$

Macierz Hurwitza:

$$H = [1.252, 0.0] | [4.0, 0.36]$$

Nyquist: Punkt (-1, 0) jest poza wykresem. Układ jest stabilny
Analiza Nyquista pozwala ocenić stabilność układu zamkniętego na podstawiewykresu charakterystyki Nyquista układu otwartego. Jeśli punkt (-1, 0) znajduje siępoza wykresem charakterystyki Nyquista, oznacza to, że układ zamknięty jeststabilny. Oznacza to również, że wykres Nyquista nie otacza punktu (-1, 0), co zgodniez kryterium Nyquista wskazuje na brak niestabilności w układzie zamkniętym. Innymisłowy, system jest stabilny, ponieważ nie występują bieguny układu zamkniętego wprawej półpłaszczyźnie płaszczyzny zespolonej.