



ЖИТОМИРСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

100
РОКІВ

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ В ПАКЕТІ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ МАТЛАВ



**ЖИТОМИРСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА**

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**100
РОКІВ**

Лекція 9

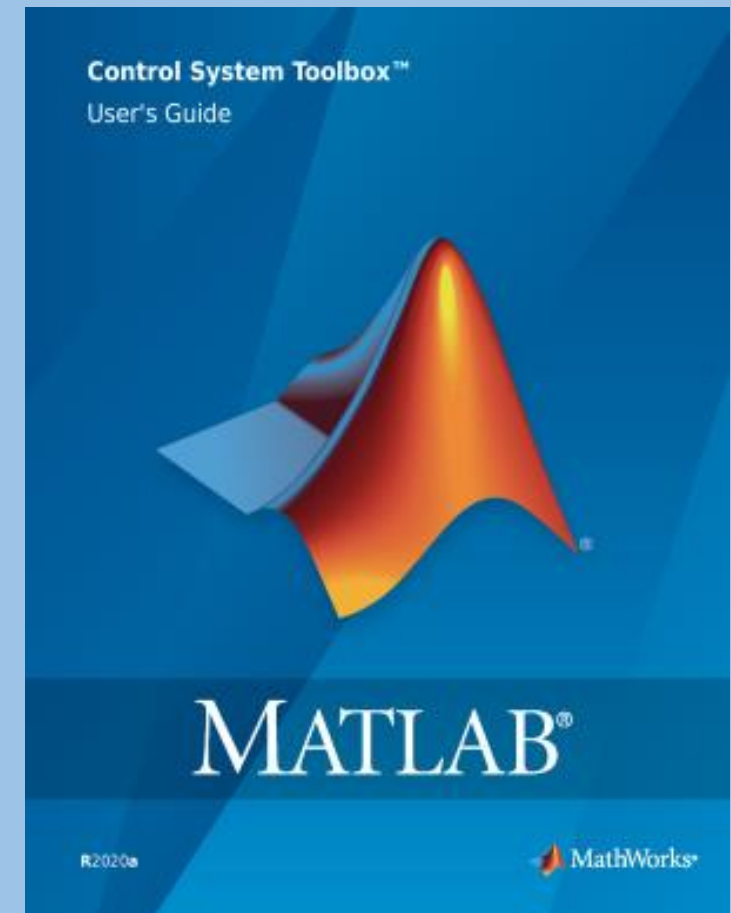
Моделювання систем в пакет Control System Toolbox

1. Загальна характеристика пакету Control System Toolbox.
2. Над чим працює Control System Toolbox.

1. Загальна характеристика пакету Control System Toolbox

Control System Toolbox надає алгоритми та додатки для систематичного аналізу, проектування та налаштування лінійних систем управління.

Система може бути представлена як передаточна функція, простір стану, використання нульового поля або модель частотної характеристики. Додатки та функції, такі як графік реакцій на ступенчатий вплив і графік Боде, дозволяють аналізувати та візуалізувати поведінку системи в тимчасовій та частотній областях.



Є можливість налаштування параметрів компенсатора, використовуючи інтерактивні методи, такі як формування ЛЧХ разомкнutoї системи і метод корневого годографа. Control System Toolbox автоматично налаштовує компенсатори SISO і MIMO, включаючи ПД-регулятори.

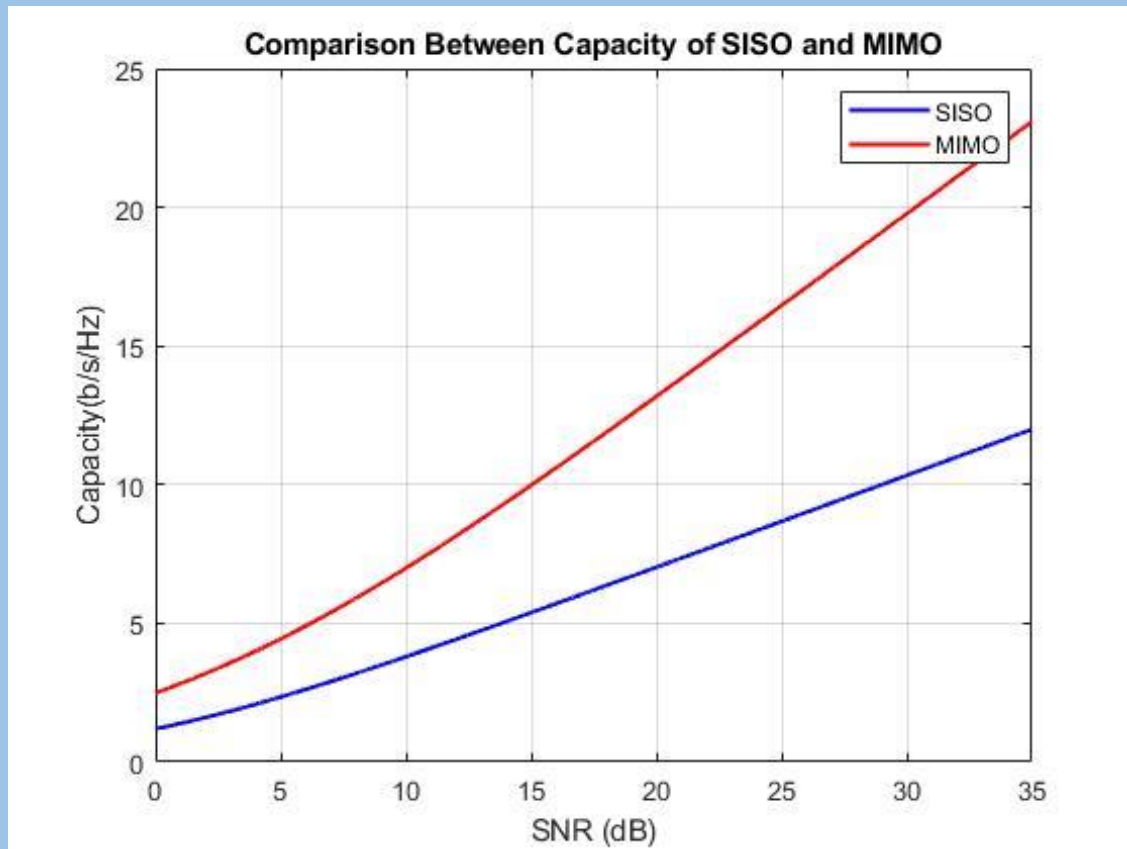
Компенсатори можуть включати кілька перебудовуваних блоків, охоплюючи кілька контурів зворотної зв'язку. Можна побудувати контролери з табличним управлінням і вказати цілі, такі як відстеження талона, подавлення перешкод і допустимі межі стійкості.

Для перевірки правильності налаштування доступні перевірки часу наростання, перерегулювання, часу встановлення, використання та запасу на етапі, а також інші перевірки.

2. Над чим працює Control System Toolbox

- Лінійні моделі;
- Лінійний аналіз;
- ПІД-регулятори;
- Розробка компенсаторів;
- Автоматичне налаштування систем управління;
- Табличне управління;
- Оцінка стану та проектування LQG-регуляторів;
- Розробка системи управління в Simulink.

Control System Toolbox дозволяє створювати лінійні моделі системи управління, використовуючи передавальні функції, простори та інші представлення лінійних систем. Моделюються SISO або MIMO неперервні або дискретні системи. Неперервні моделі можуть бути дискретизованими за допомогою команди MATLAB або інтерактивних задач Live Editor. Порядок системи може бути скороченим із збереженням динаміки за допомогою додатків Model Reducer.



Estimating Sunrise and Sunset

Knowing the local latitude (ϕ), the sun's declination (δ) and the solar time correction (SC) allows us to calculate the time of sunrise and sunset. Sunrise and sunset are calculated in Standard Time.

$$\text{sunrise} = 12 - \frac{\cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta)}{15^\circ} - \frac{SC}{60}$$

$$\text{sunset} = 12 + \frac{\cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta)}{15^\circ} - \frac{SC}{60}$$

```

sunrise = 12 - acosd(-tand(lat)*tand(delta))/15 - solarCorr/60;
sunset = 12 + acosd(-tand(lat)*tand(delta))/15 - solarCorr/60;

cif
plot(days, sunrise, days, sunset, 'Linewidth', 4)
axis([1 365 0 24])
title('Sunrise and Sunset')
xlabel('Day of Year')
ylabel('Time of Day')
legend('Sunrise', 'Sunset')
hold on
patch([days fliplr(days)], [sunrise fliplr(sunset)], [0.07 0.60 0.34])
    
```

Which Days Have the Earliest and Latest Sunset?

The plot shows the time of day for sunrise and sunset over a year. The x-axis is 'Day of Year' (0 to 365) and the y-axis is 'Time of Day' (0 to 24). The sunrise (blue line) and sunset (red line) times are plotted, and the area between them is shaded orange. The plot shows that the longest day (earliest sunrise and latest sunset) occurs around day 170, and the shortest day (latest sunrise and earliest sunset) occurs around day 350.

Continuous to Discrete Conversion

Define second order transfer function with time delay.

```
G = tf([1 -2],[1 3 20],'inputdelay',1)
```

Compute zero-order hold (ZOH) discretization with sampling rate of 10 Hz.

```
Ts = 0.1; % sampling interval  
Gd = c2d(G,Ts)
```

Compare the continuous and discrete step responses.

```
step(G,'b',Gd,'r')  
legend('Continuous','Discretized')
```

G =

$$\exp(-1*s) * \frac{s - 2}{s^2 + 3 s + 20}$$

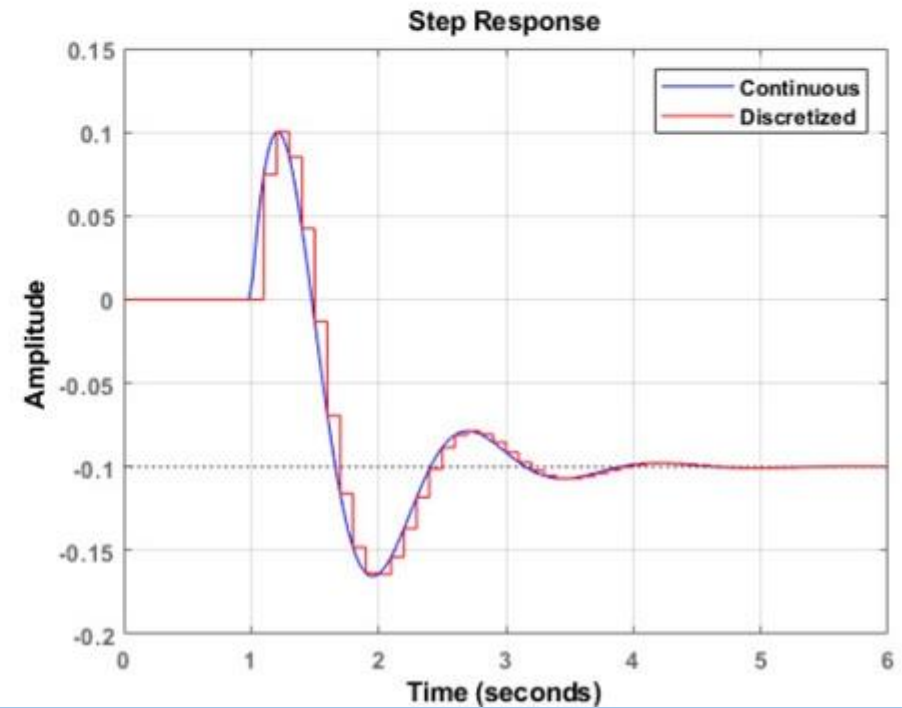
Continuous-time transfer function.

Gd =

$$z^{-10} * \frac{0.07462 z - 0.09162}{z^2 - 1.571 z + 0.7408}$$

Sample time: 0.1 seconds

Discrete-time transfer function.



Дискретизація неперервної системи з використанням Control System Toolbox

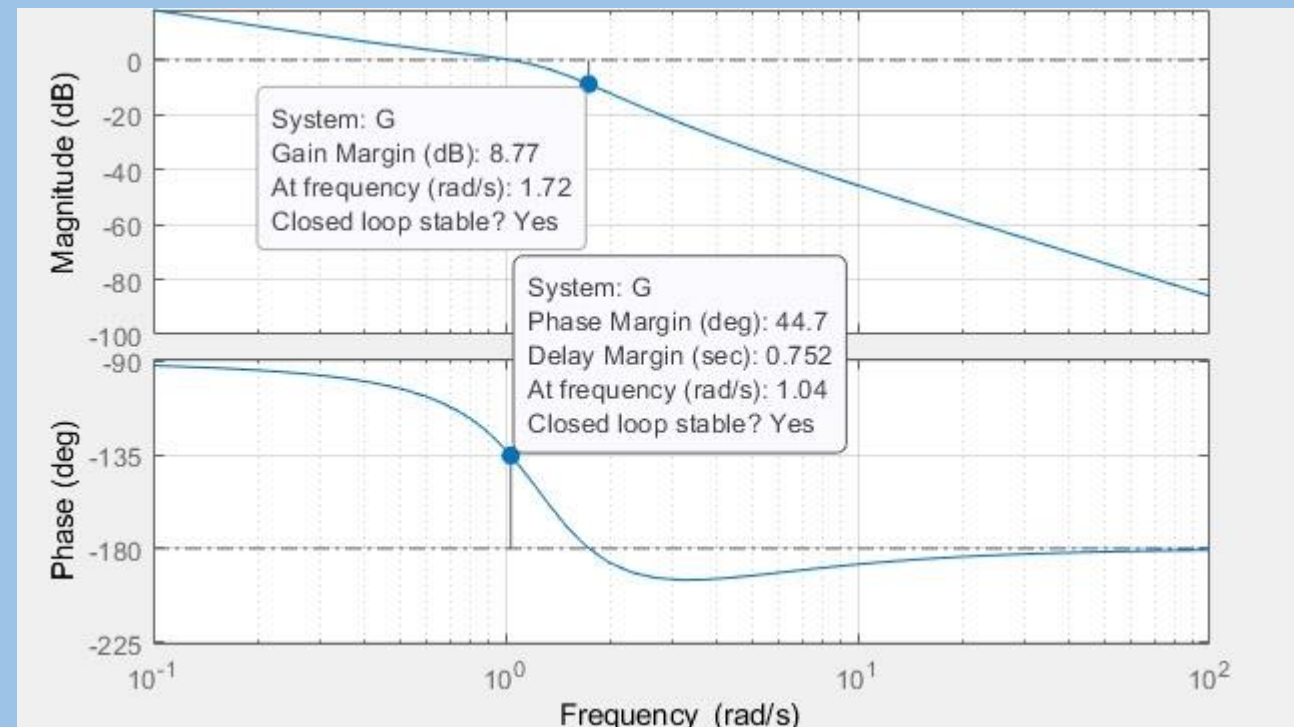
Лінійні моделі

- Передавальні функції в MATLAB (англ.);
- Моделювання системи управління з об'єктами моделей (англ.);
- Об'єднання моделей (англ.);
- Створення моделей в дискретному часу (англ.);
- Дискретизація моделей і зміни частоти дискретизації (англ.);
- Дискретизація регулятора (англ.);
- Дискретизація фільтра (англ.);
- Перевод моделі в дискретному часі в постійний час (англ.);
- Зменшення порядку моделі з використанням додатка Model Reducer (англ.).

Лінійний аналіз

Control System Toolbox дозволяє проводити лінійний аналіз системи та враховувати такі характеристики, як час уставки, перерегулювання, час наростання тощо, а також проводити аналіз стійкості. Доступний аналіз як у тимчасовій, так і в частотній області. За допомогою додатків Linear System Analyzer дозволяє переглядати та порівнювати різні характеристики лінійних систем.

- Тимчасові характеристики на графіках відкликання (англ.);
- Частотні характеристики на графіках відкликання (англ.);
- Оцінка запасу по амплітуді та фазі (англ.);
- Управління вібрацією для гнучкої балки (англ.).

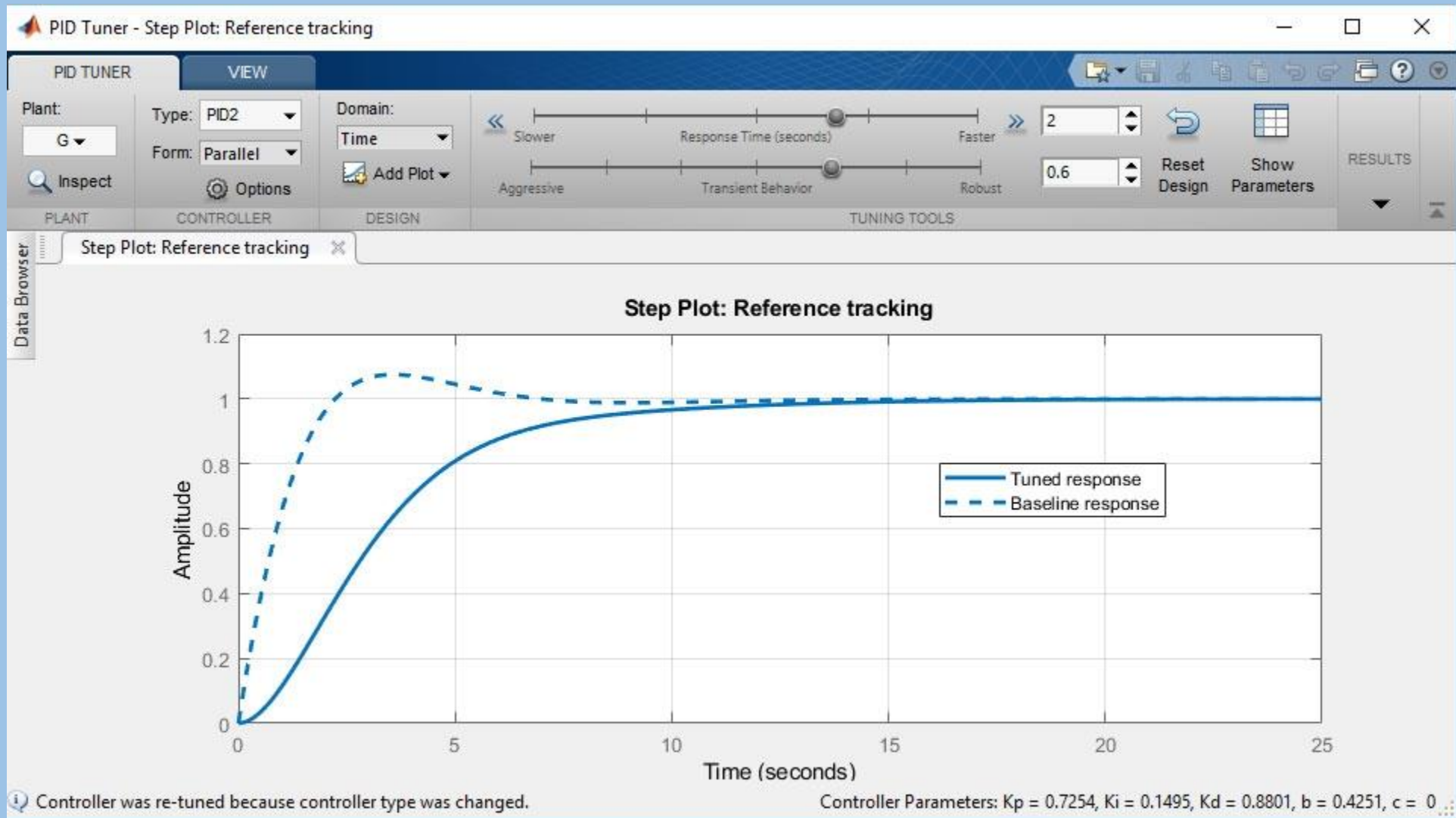


Розрахунок запасу по фазі та інших частотних характеристик

PID регулятори

Control System Toolbox дозволяє автоматично підбирати коефіцієнт використання ПІД-регулятора за допомогою додатків PID Tuner, інтерактивних задач Live Editor або функцій командної строки. Для налаштування ПІД-регулятора вводиться ідентифікація об'єкта управління при допомозі System Identification Toolbox. Доступна налаштування дискретних і неперервних ПІД-регуляторів з однією і двома ступенями свободи.

1. Розробка ПІД-регулятора для задач швидкого складання (англ.);
2. Інтерактивна розробка алгоритмів управління за допомогою інтерактивних задач Live Editor (англ.);
3. Багатоконтурна система управління рукою робота (англ.).

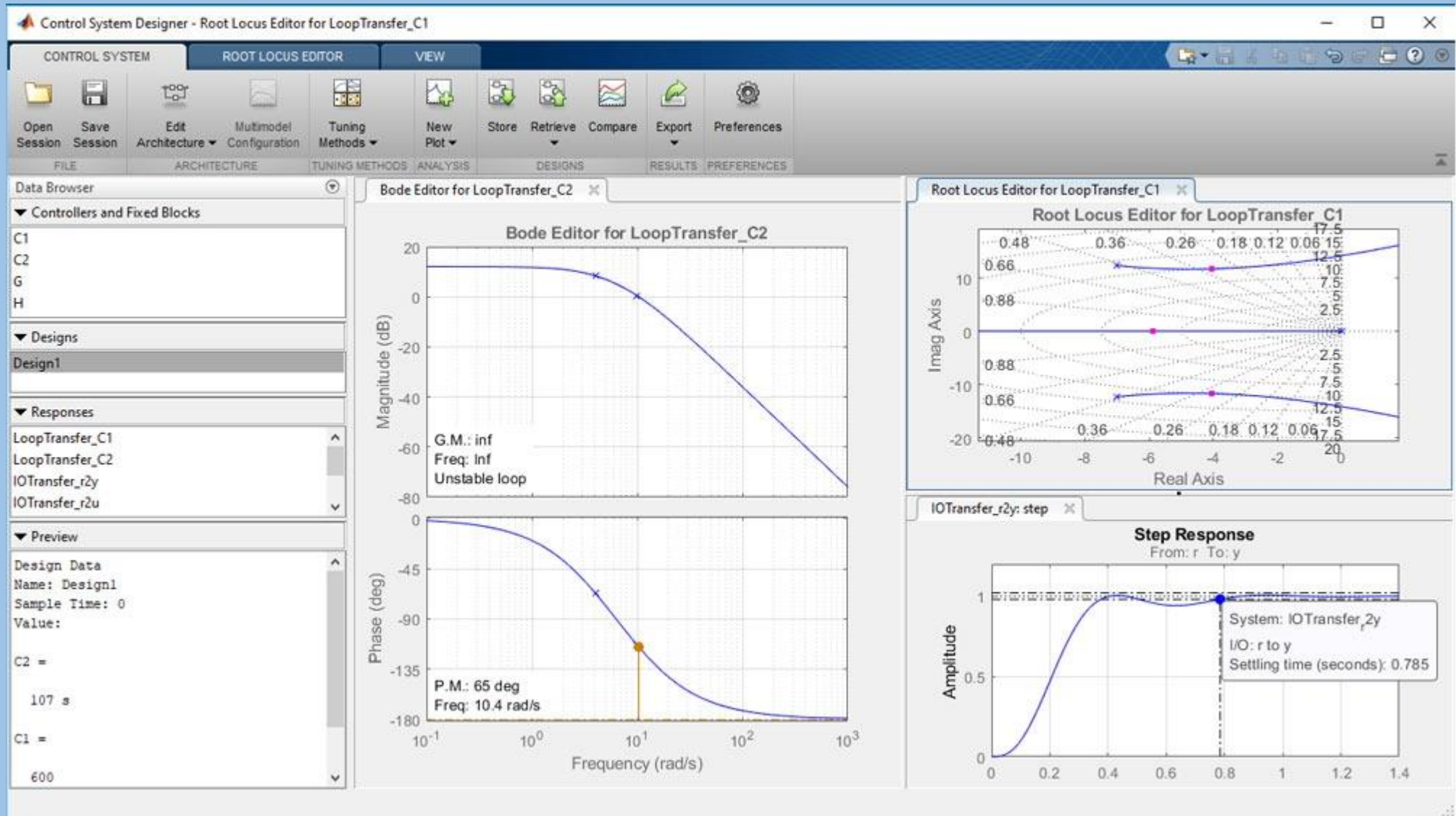


Налаштування PID-регулятора з двома ступенями свободи (загальна лінія) та його порівняння з PID-регулятором з однією ступенем свободи (пунктирної лінії) у додатках PID Tuner

Розробка компенсаторів

Додаток Control System Designer служить для інтерактивного проектування та аналізу системи управління з одним входом і виходом. По мірі налаштування регулятора візуалізуються та обновлюються від натискання разомкнутого та замкнутого контуру, їх частотні та інші характеристики.

- Початок роботи с Designer System Control (англ.);
- Аналіз за допомогою графіків відкликів системи (англ.);
- Створення багатоконтурної системи управління в замкнутому контурі (англ.).

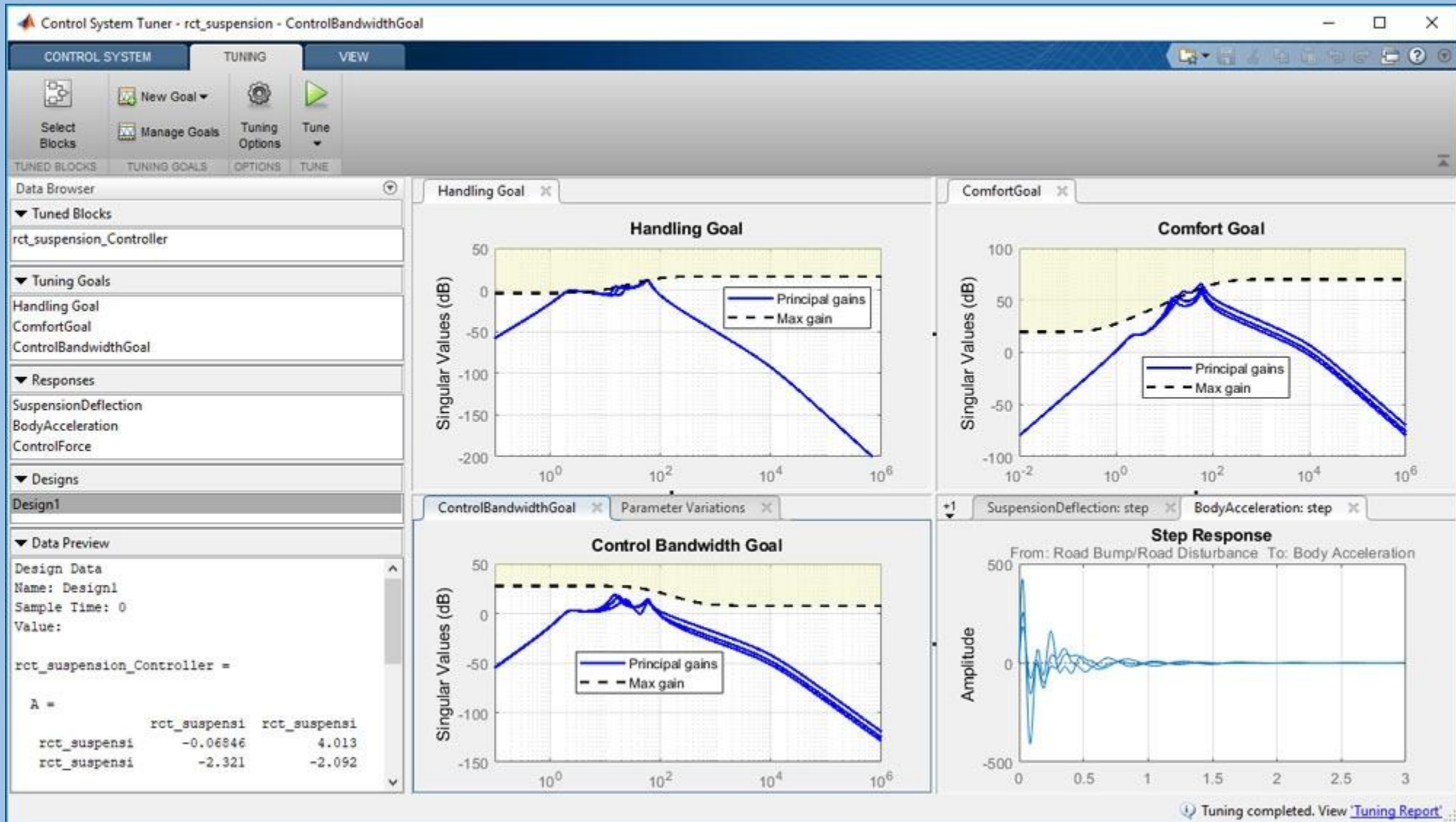


Додаток Control System Designer

Автоматична налаштування систем управління

Програма System Control Tuner або функції командного рядка використовуються для моделювання та налаштування архітектур систем управління SISO або MIMO за допомогою простих елементів, таких як коефіцієнти посилення, ПІД-регулятори або фільтри низького порядку. Автоматичне налаштування параметрів контролера здійснюється для задоволення обов'язкових вимог (проектних обмежень) і найкращого задоволення вимог, що залишилися (цілей).

- Налаштування багатоконтурних систем керування (англ.);
- Управління зворотним маятником на візку (англ.);
- Стійка до відмови система управління пасажирським реактивним літаком (англ.).

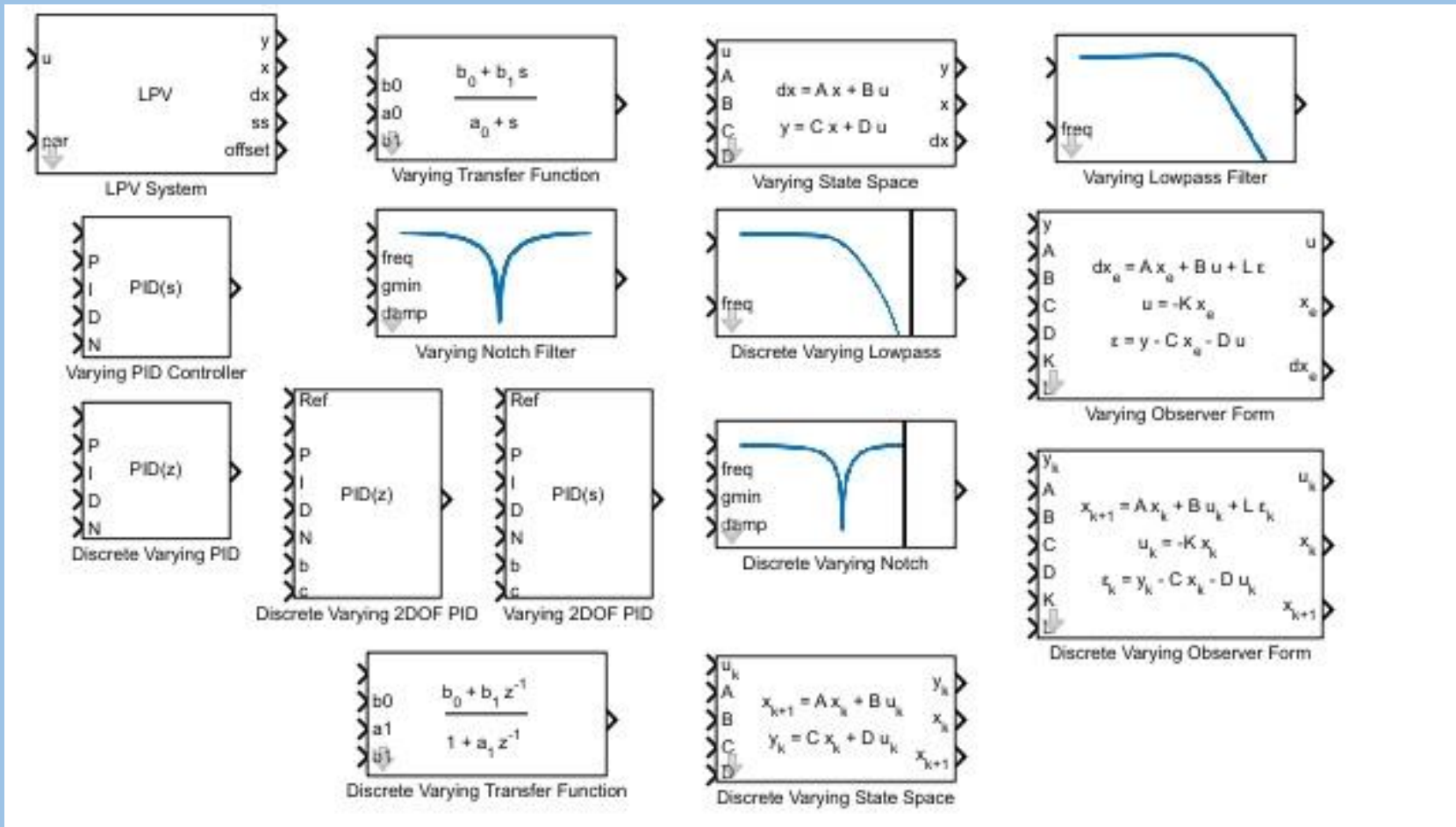


Розробка регулятора, стійкого до змін параметрів об'єкта керування

Табличне керування

Control System Toolbox дозволяє проектувати і налаштовувати регулятори з коефіцієнтами, що змінюються, для нелінійних або змінюваних у часі установок. Доступне автоматичне налаштування поверхні коефіцієнтів посилення для задоволення вимог до продуктивності у всьому робочому діапазоні системи та досягнення плавних переходів між робочими точками.

- Управління кутовою швидкістю для автопілота HL-20 (англ.);
- Реалізація ПІД-регуляторів з табличним керуванням (англ.);
- Розробка сімейства ПІД-регуляторів для кількох робочих точок (англ.).

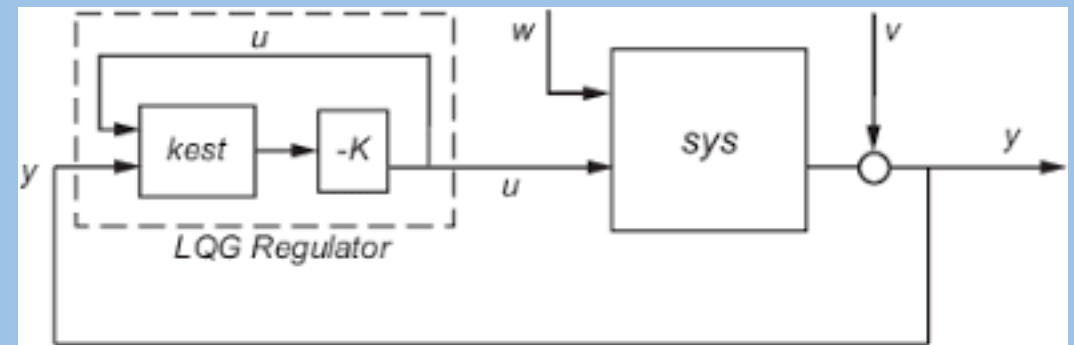


Бібліотека для моделювання регуляторів з табличним керуванням

Оцінка стану та проектування LQG-регуляторів

Control System Toolbox дозволяє розробляти безперервні та дискретні лінійно-квадратичні (LQR) регулятори та лінійно-квадратичні-гаусові (LQG) регулятори. Обчислюються матриці посилення зворотний зв'язок розміщення полюсів замкнутого контуру в необхідних місцях. Для оцінки стану інструмент дозволяє проектувати і моделювати лінійні стаціонарні фільтри Калмана, що змінюються в часі. Для оцінки станів нелінійних систем використовуються розширені фільтри Калмана та фільтри частинок.

- Управління двигуном постійного струму (англ.);
- Використання фільтрів Калмана у Simulink (англ.);
- Розробка фільтрів Калмана (англ.);
- Оцінка станів нелінійної системи за допомогою множинних багатошвидкісних датчиків (англ.).



Розробка систем управління у Simulink

Linear Analysis Tool, що входить до Simulink Control Design, дозволяє лінеаризувати моделі Simulink для подальшого аналізу. Інструмент Control System Designer дозволяє інтерактивно налаштовувати контури зворотного зв'язку SISO-систем, змодельованих у Simulink. Програма Control System Tuner використовується для налаштування багатоконтурних систем керування, змодельованих у Simulink.

- ❑ Обрізка, лінеаризація та розробка системи керування для повітряного судна (англ.);
- ❑ Завдання стеження двигуна постійного струму зі змінними параметрами (англ.);
- ❑ Автоматизоване налаштування блоку PID Controller (англ.);
- ❑ Налаштування багатоконтурної системи керування (англ.).

