

## Цель работы

Построить корневой годограф (КГ) в соответствии с заданным вариантом при помощи графического интерфейса sisotool. Исследовать динамику замкнутой системы при различных значениях коэффициента усиления разомкнутой системы  $K$ , в том числе определить запасы устойчивости в частотной области.

## Теоретическая часть

Рассмотрим разомкнутую систему с передаточной функцией

$$W_{\text{рзк}}(s) = K \frac{N(s)}{D(s)}.$$

Характеристическое уравнение при отрицательной обратной связи имеет вид

$$1 + K \frac{N(s)}{D(s)} = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad D(s) + K N(s) = 0. \quad (1)$$

При  $K = 0$  корни уравнения (1) совпадают с полюсами разомкнутой системы, а при  $K \rightarrow \infty$  — с её нулями. По мере изменения  $K$  от 0 до  $\infty$  траектории корней начинаются в полюсах и заканчиваются в нулях. Если полюсов больше, чем нулей, то  $n - m$  ветвей КГ уходят в бесконечность.

Уравнение (1) называют основным уравнением метода корневого годографа.

## Практическая часть

### Исходные данные

Передаточная функция разомкнутой системы для варианта 1:

$W(s) = K \frac{(s + a)(s + b)}{s(s + c)(s + d)}$
---

Таблица 1: Ключевые точки корневого годографа

Значение $K$	Характеристика системы
1	Корни в левой полуплоскости, мнимых корней нет — система устойчива.
1,48	Появляются мнимые корни, но они в левой полуплоскости — система устойчива.
20	Корни на мнимой оси — граница устойчивости.
21	При $K > 20$ система становится неустойчивой.

## Графические результаты

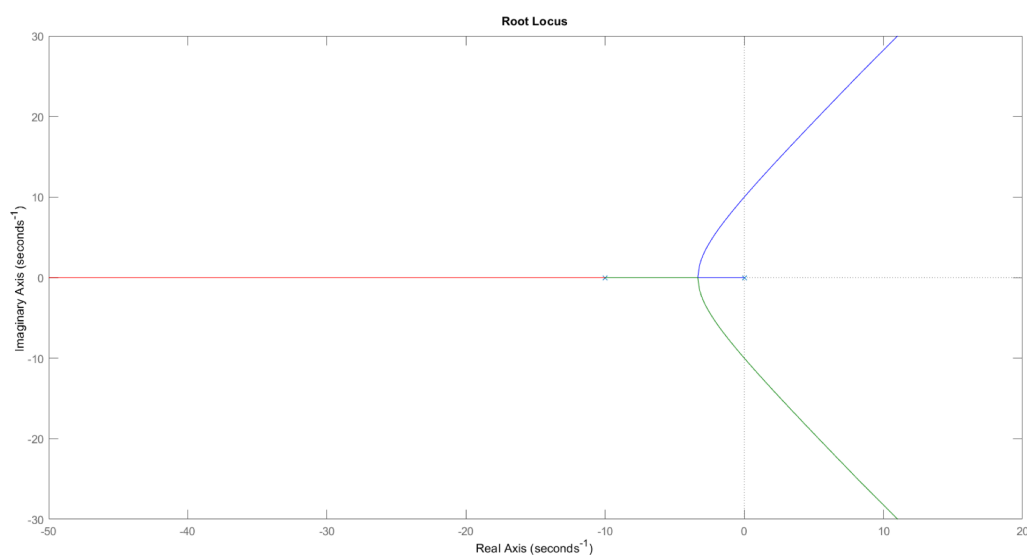


Рис. 1: Корневой годограф замкнутой системы при  $K$  от 0 до  $\infty$

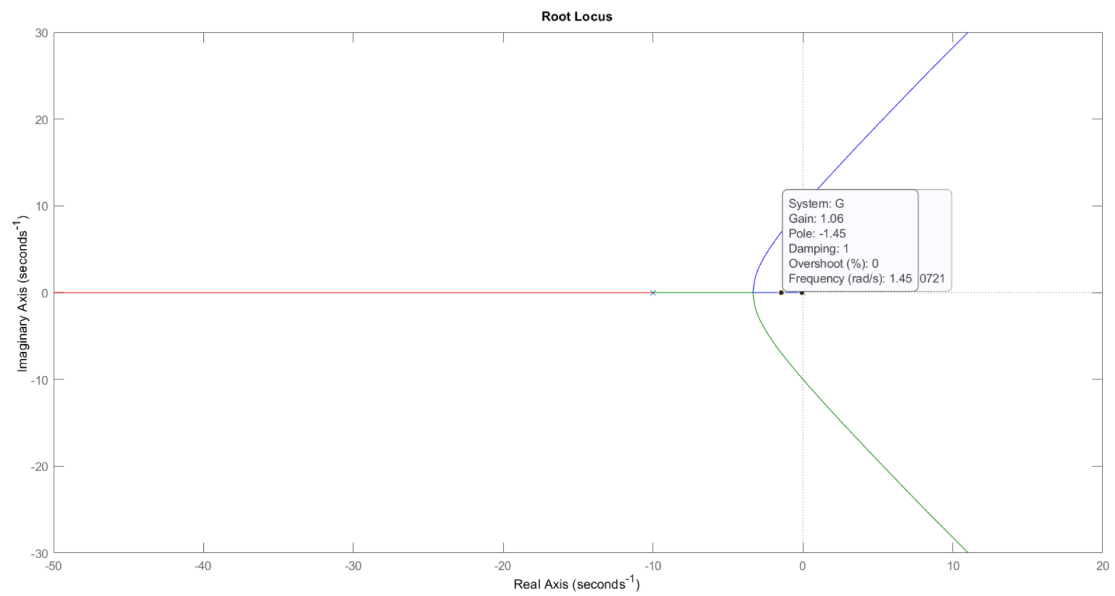


Рис. 2: Расположение корней при  $K = 1$

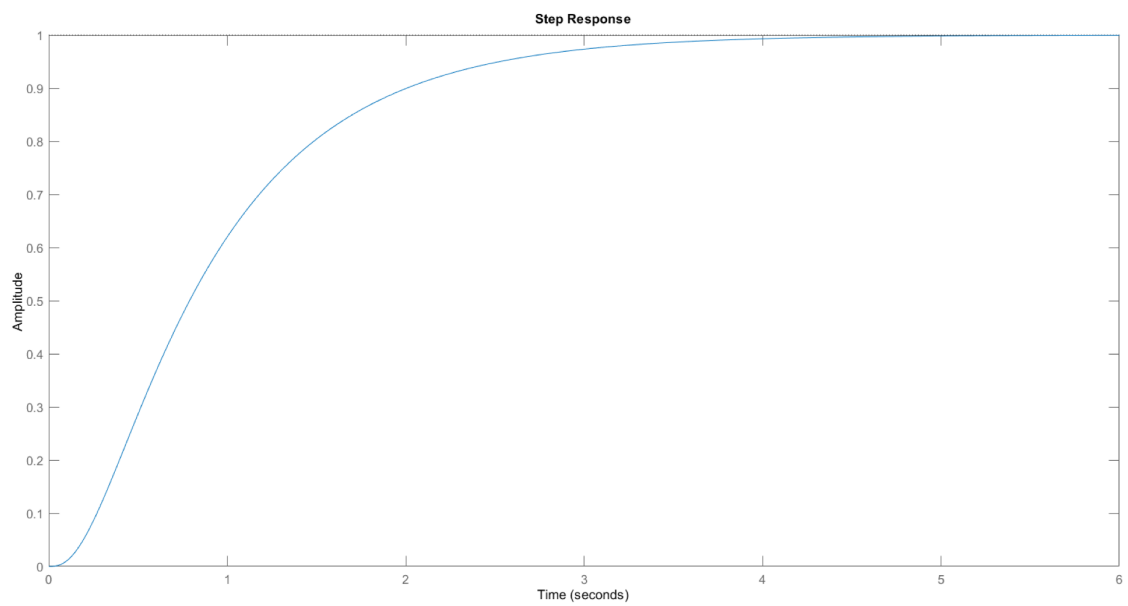


Рис. 3: Переходная характеристика системы при  $K = 1$

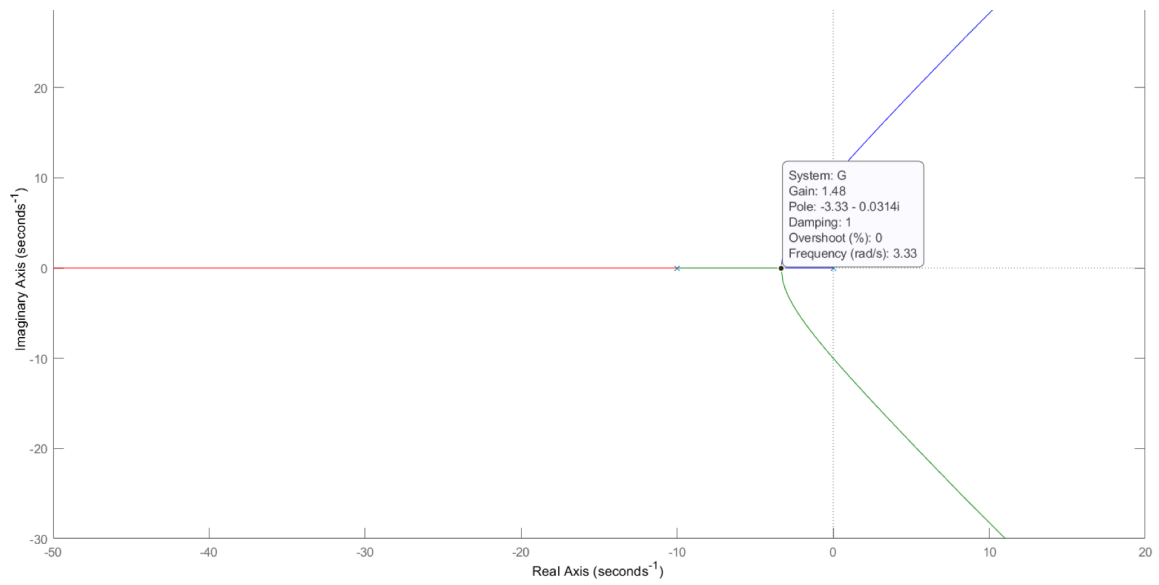


Рис. 4: Фрагмент КГ при  $K = 1,48$

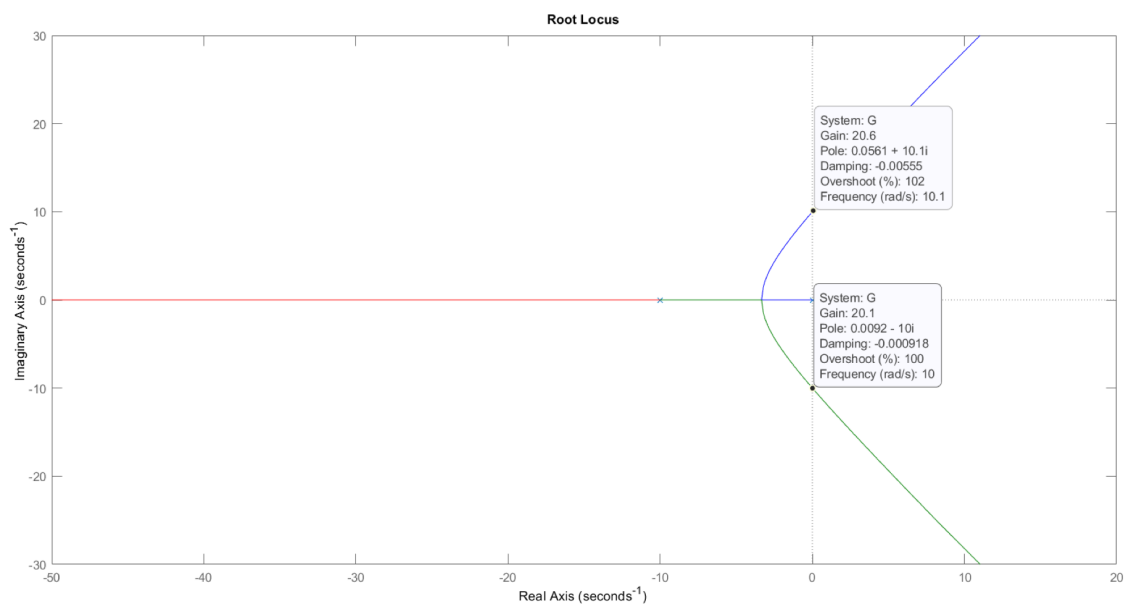


Рис. 5: Система на границе устойчивости ( $K = 20$ )

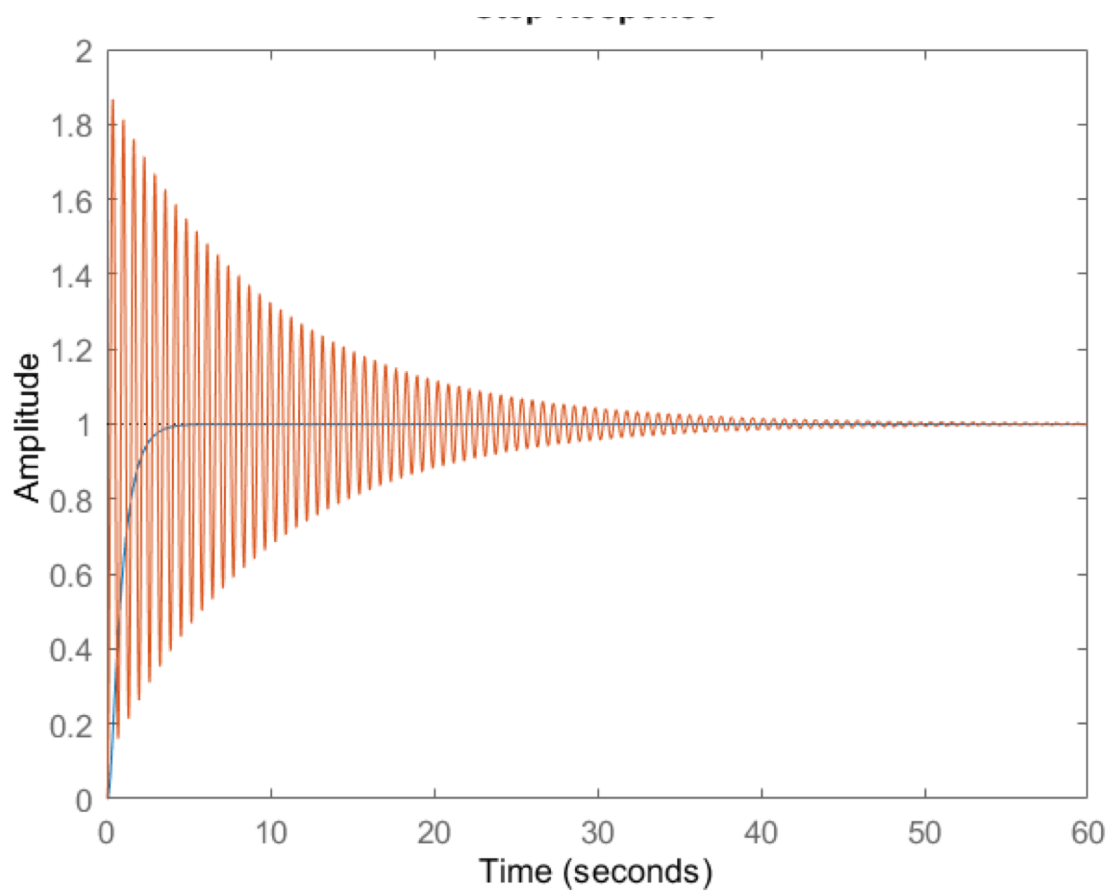


Рис. 6: Переходная характеристика при  $K = 20$

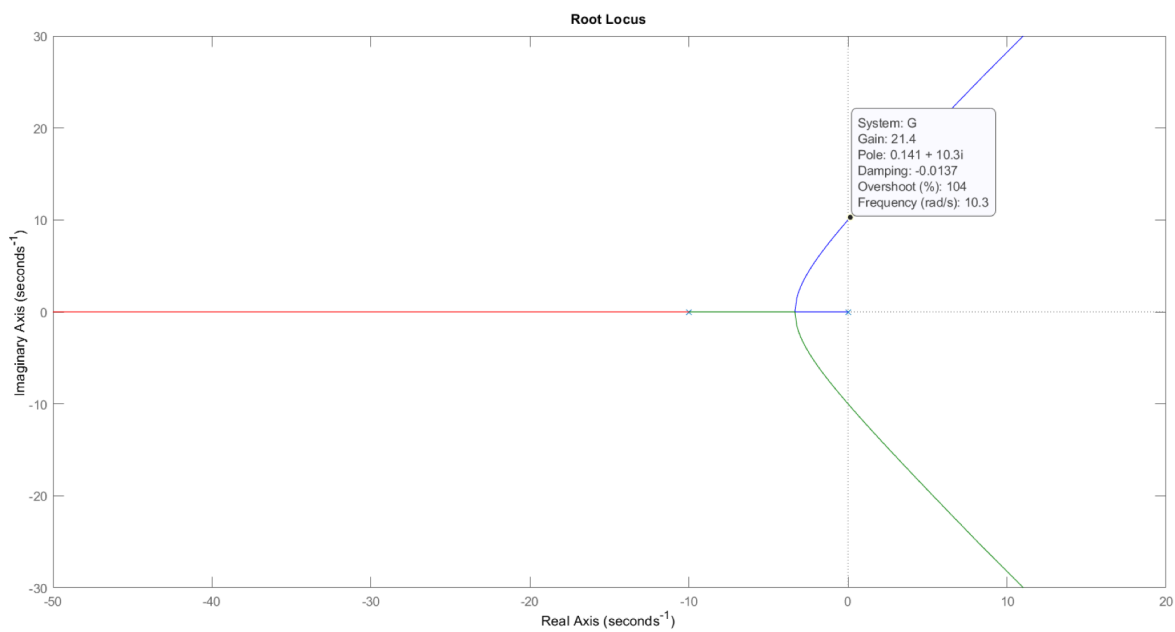


Рис. 7: Расположение корней при  $K = 21$

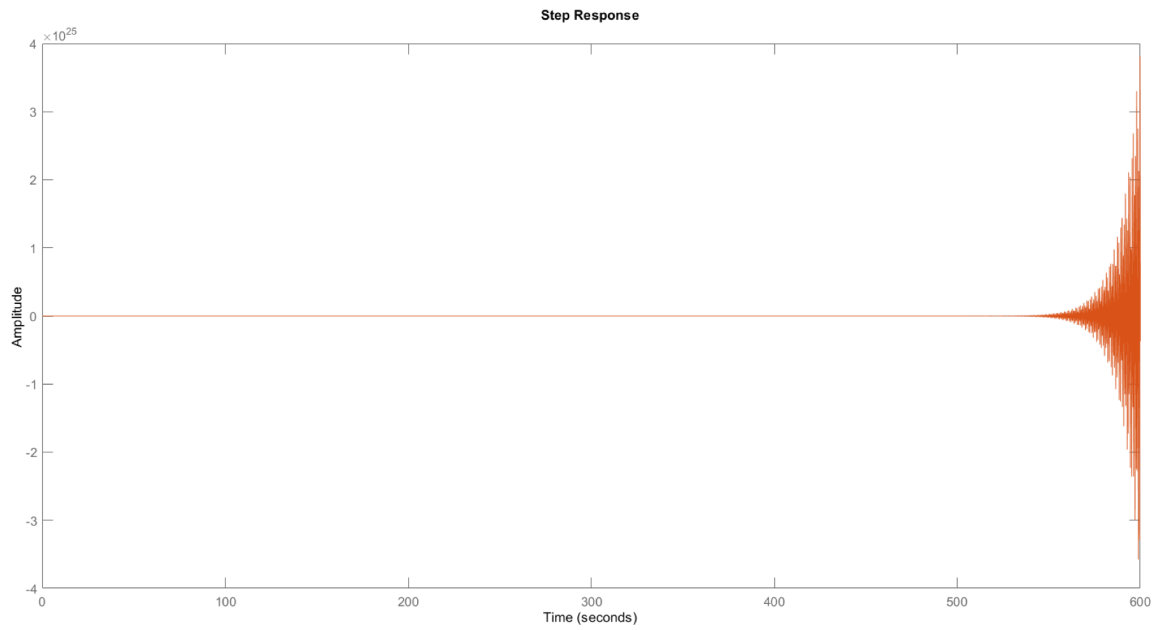


Рис. 8: Переходная характеристика при  $K = 21$

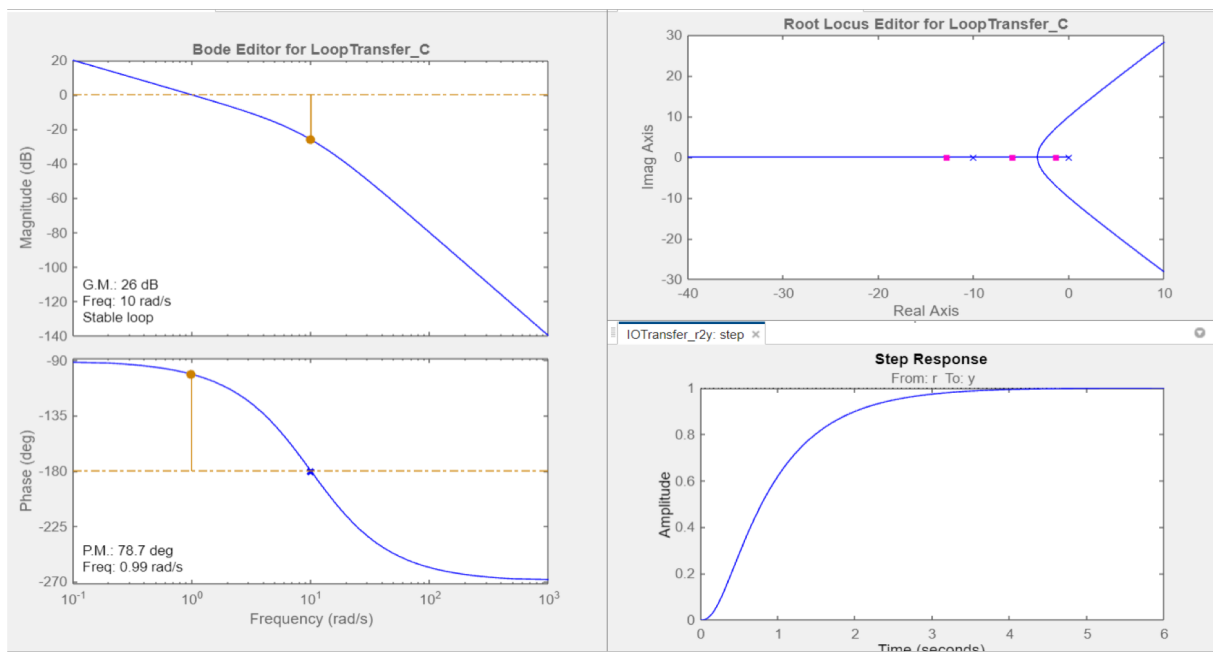


Рис. 9: Запасы устойчивости при  $K = 1$

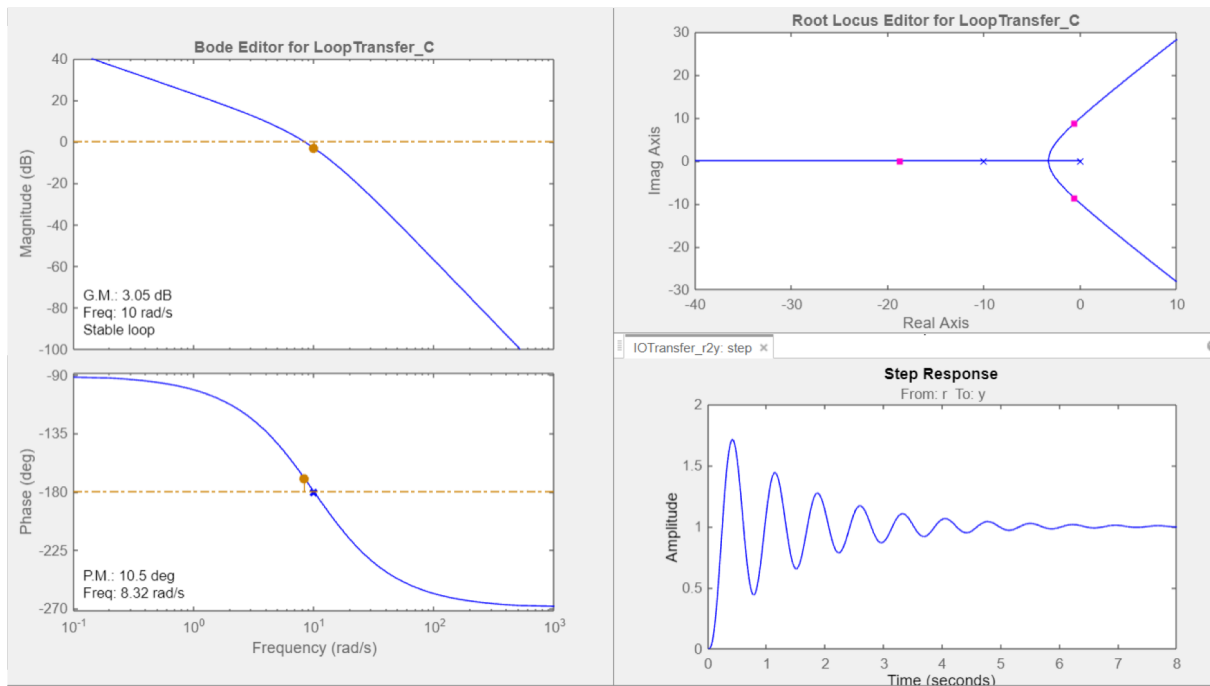


Рис. 10: Запасы устойчивости при  $K = 20$

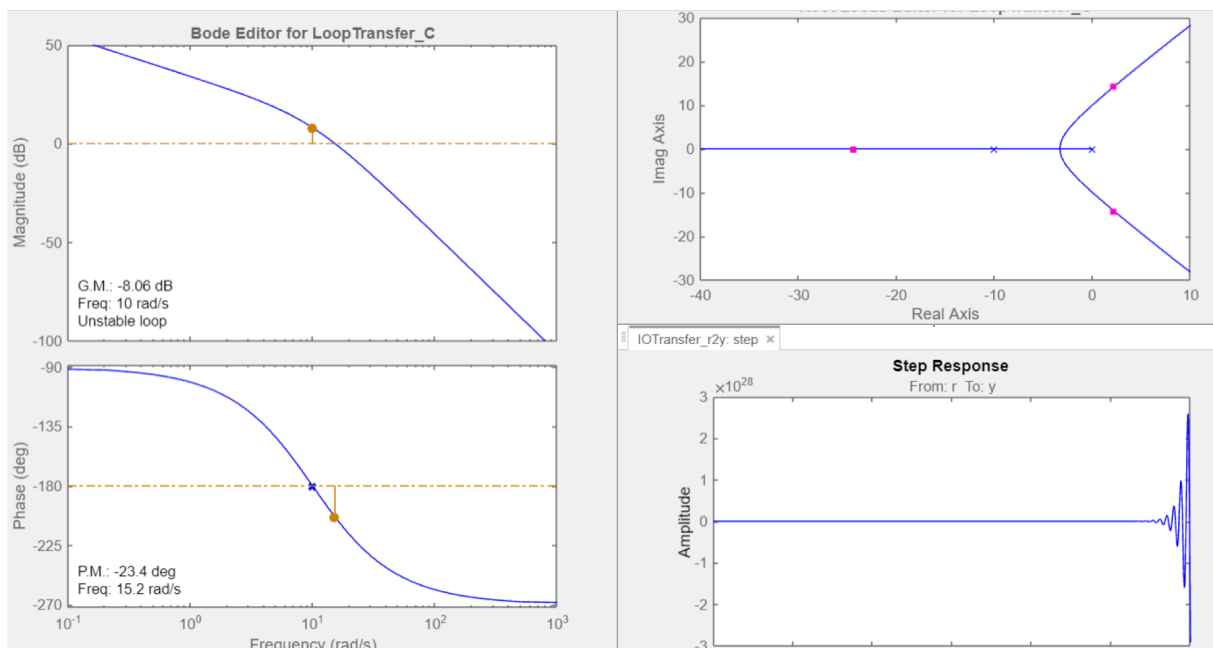


Рис. 11: Запасы устойчивости при  $K > 20$

## Анализ запасов устойчивости

- $K = 1$ : запас устойчивости по фазе  $78,7^\circ$ , по амплитуде 26 дБ.
- $K = 18$ : запас устойчивости по фазе  $10^\circ$ , по амплитуде 3 дБ.

- $K > 20$ : запас устойчивости по фазе  $-23^\circ$ , по амплитуде  $-8$  дБ — отрицательные значения, система неустойчива.

## Выводы

Система устойчива при  $K > 0$ , пока отсутствуют мнимые корни. При  $K \approx 1,46$  появляются комплексно-сопряжённые корни, однако устойчивость сохраняется до  $K < 21$ . Значение  $K = 20$  соответствует границе устойчивости; при дальнейшем увеличении коэффициента усиления система становится неустойчивой.