**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Санкт-Петербургский государственный**

**электротехнический университет**

**«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)**

**Кафедра САПР**

отчет

**по практической работе №2**

**по дисциплине «Основы теории управления»**

Тема: Исследование систем с обратной связью

**Вариант №17**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент гр. 1302 |  | Новиков Г.В. |
| Преподаватель |  | Черных Д.А. |

Санкт-Петербург

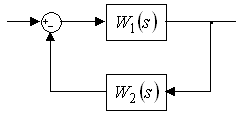
2023

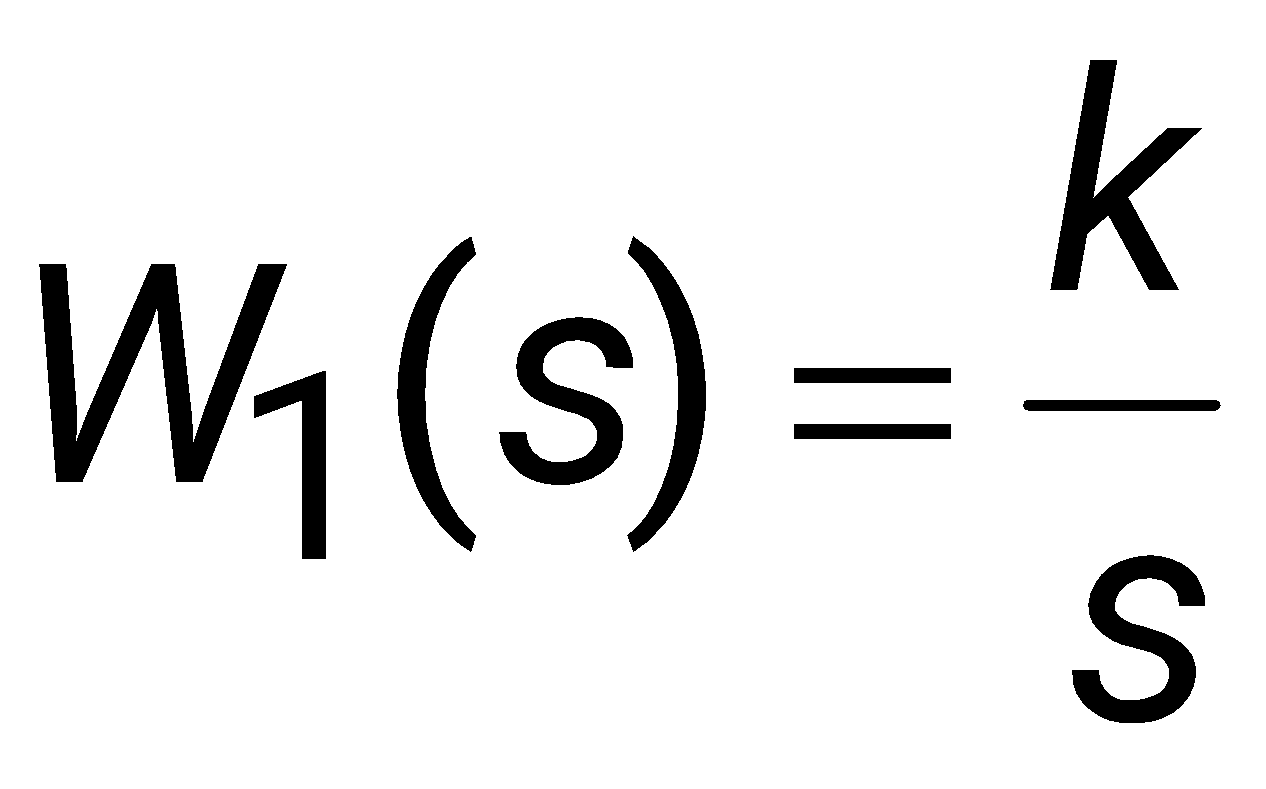
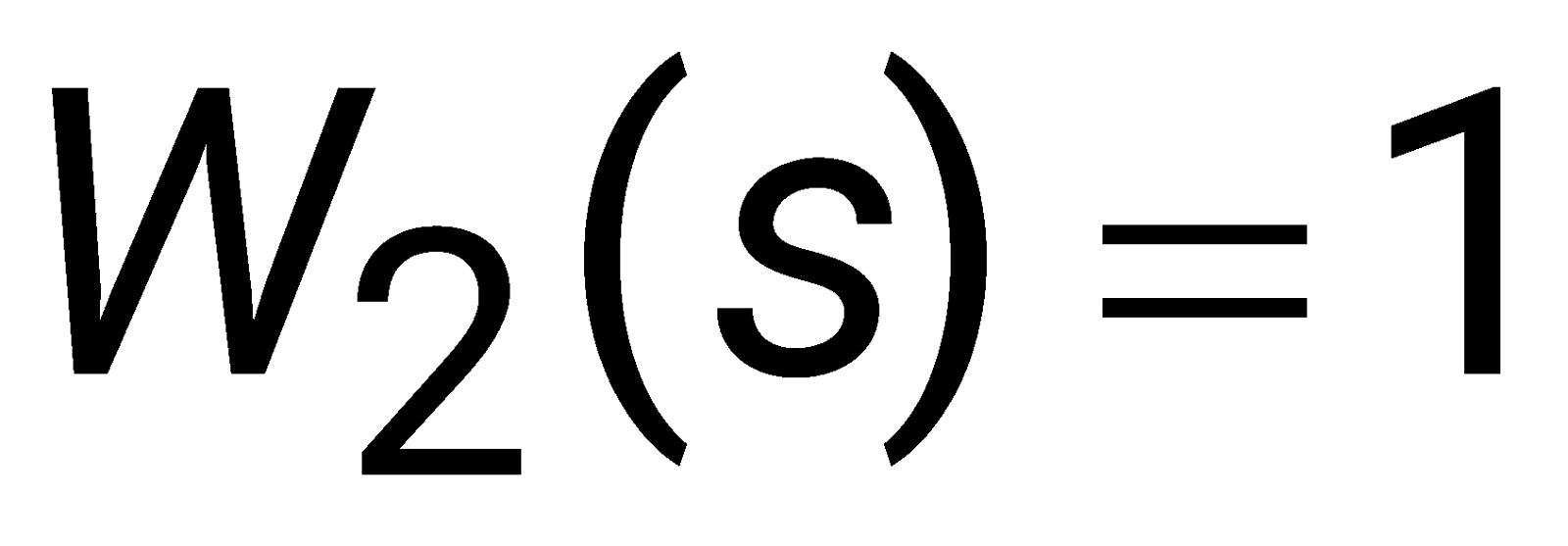
**Цель работы.**

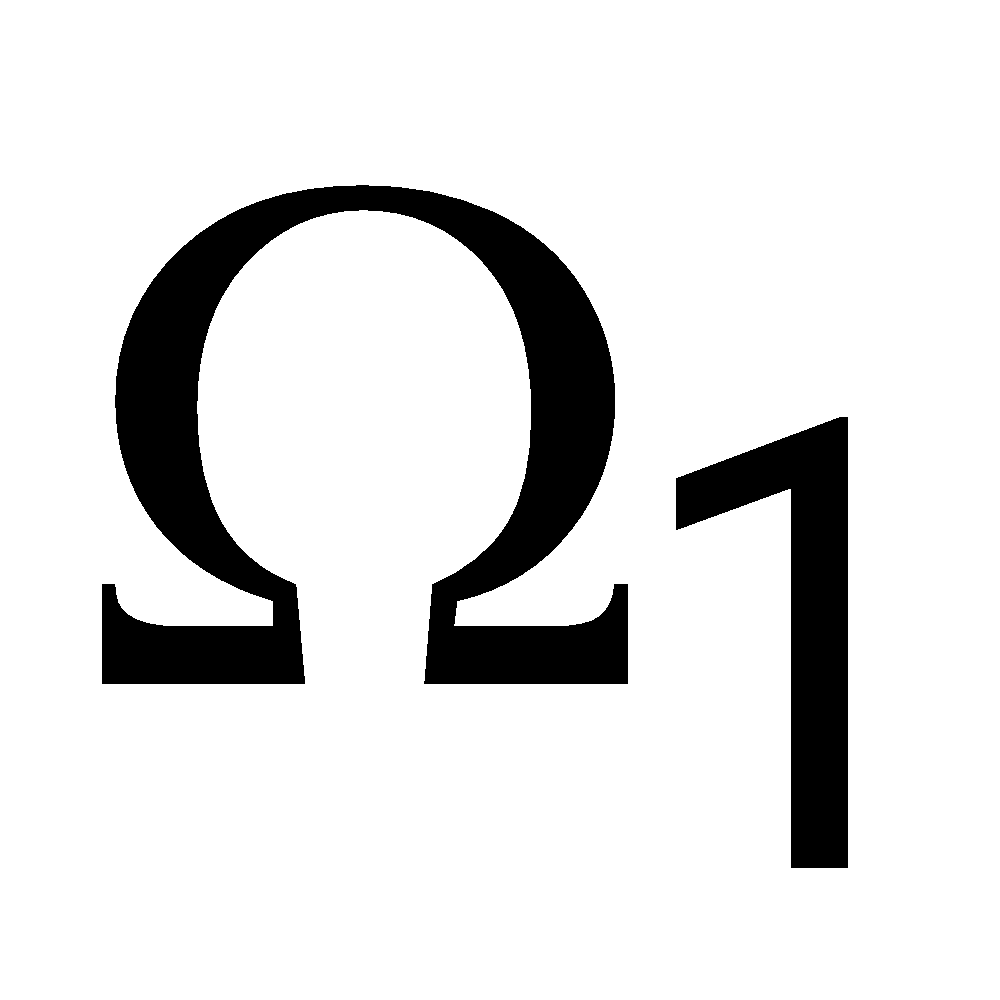
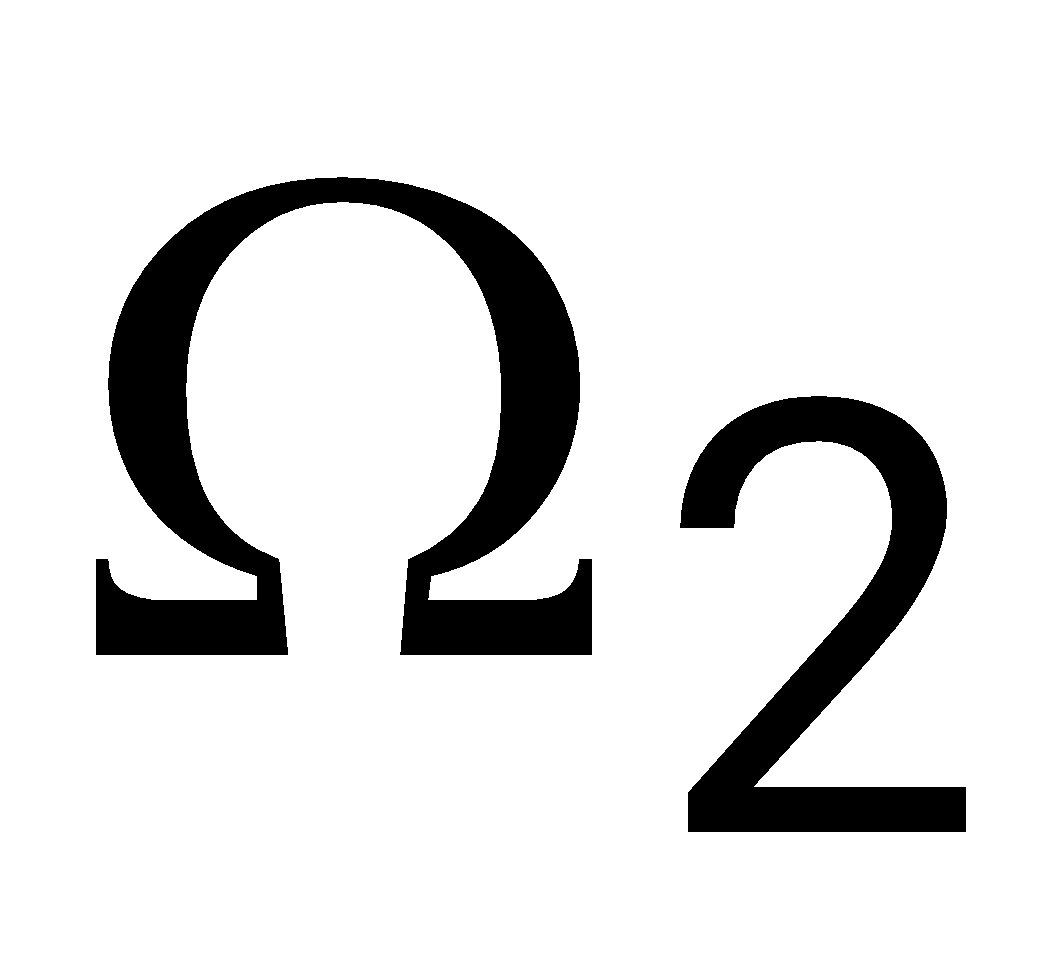
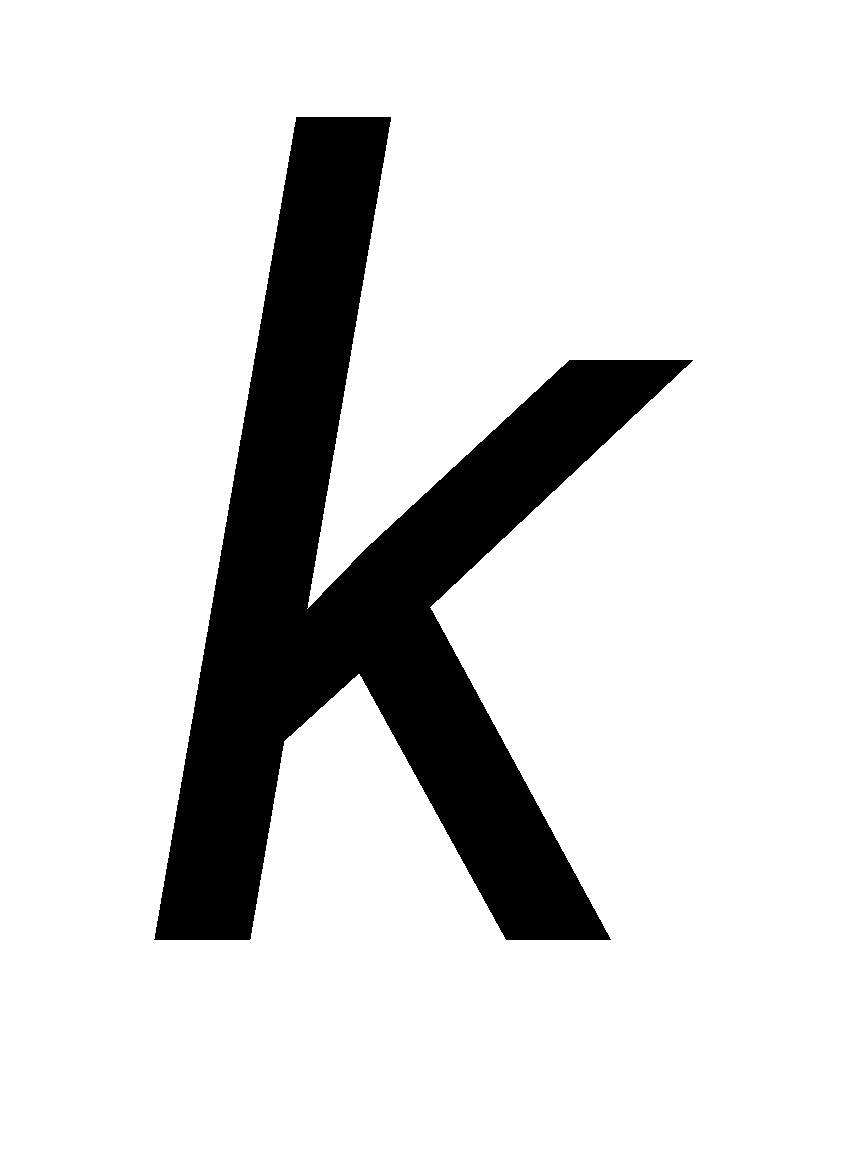
Выполнить поставленные задания (по исследованию систем с обратной связью) с учетом вариантов в среде MATLAB.

**Задание.**

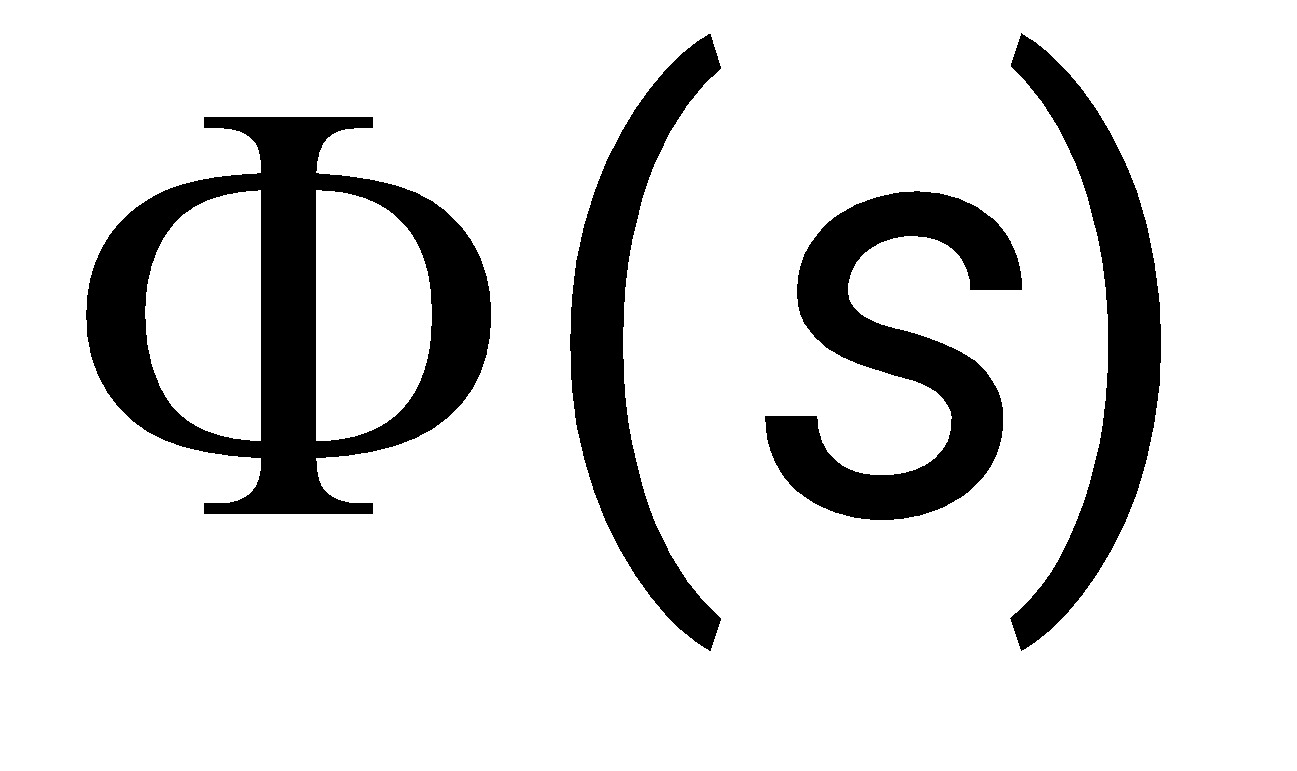
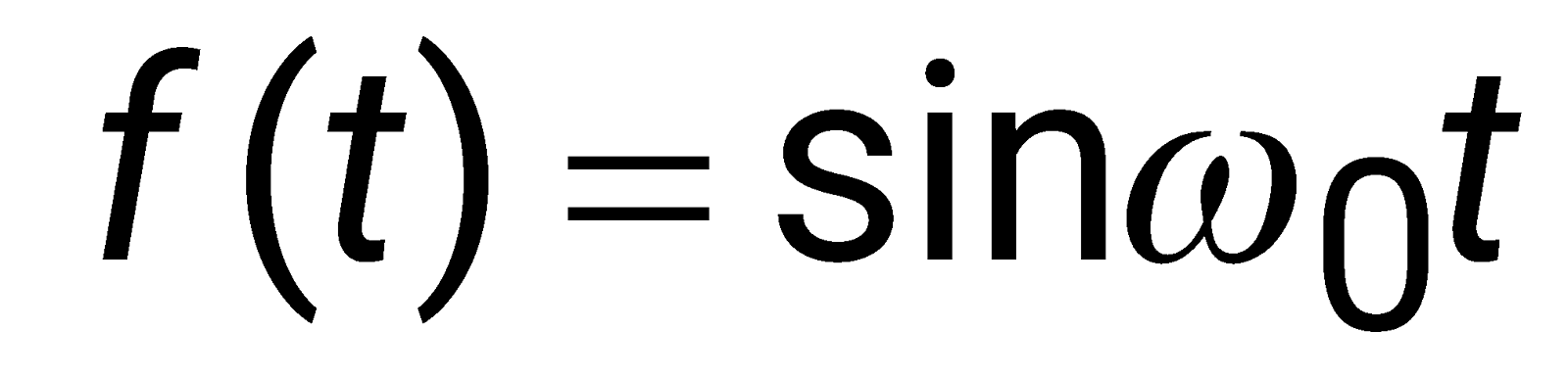
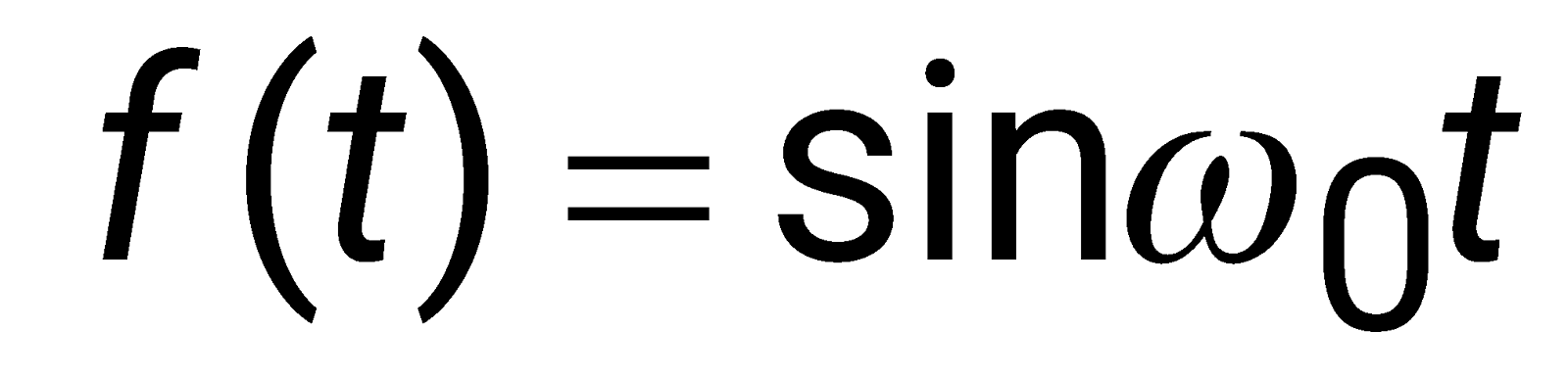
**Задача 1.** Для системы, структурная схема которой имеет вид как на рисунке с ПФ звеньев



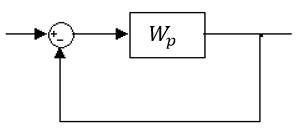
, ,

требуется графически определить диапазоны частот , , используя ЛАЧХ разомкнутой системы (значение коэффициента передачи  определяется вариантом задания) и построить в этих диапазонах приближённые ЛАЧХ и логарифмическую фазочастотную характеристику (ЛФЧХ) замкнутой системы.

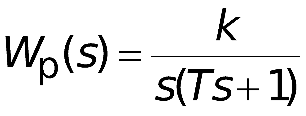
***Ответить на следующие вопросы:***

* Какому типовому звену эквивалентна замкнутая система? Как выражаются параметры эквивалентной ПФ  замкнутой системы через параметры ПФ звеньев?
* Какой вид имеют ЛАЧХ и ЛФЧХ замкнутой и разомкнутой систем? Привести их графики.
* Какова должна быть частота входного сигнала , чтобы он воспроизводился системой практически без искажений? Подтвердить экспериментально, привести графики процессов.
* Какова должна быть частота входного сигнала , чтобы он практически не пропускался системой? Подтвердить экспериментально, привести графики процессов.

**Задача 2.** Для системы следующего вида



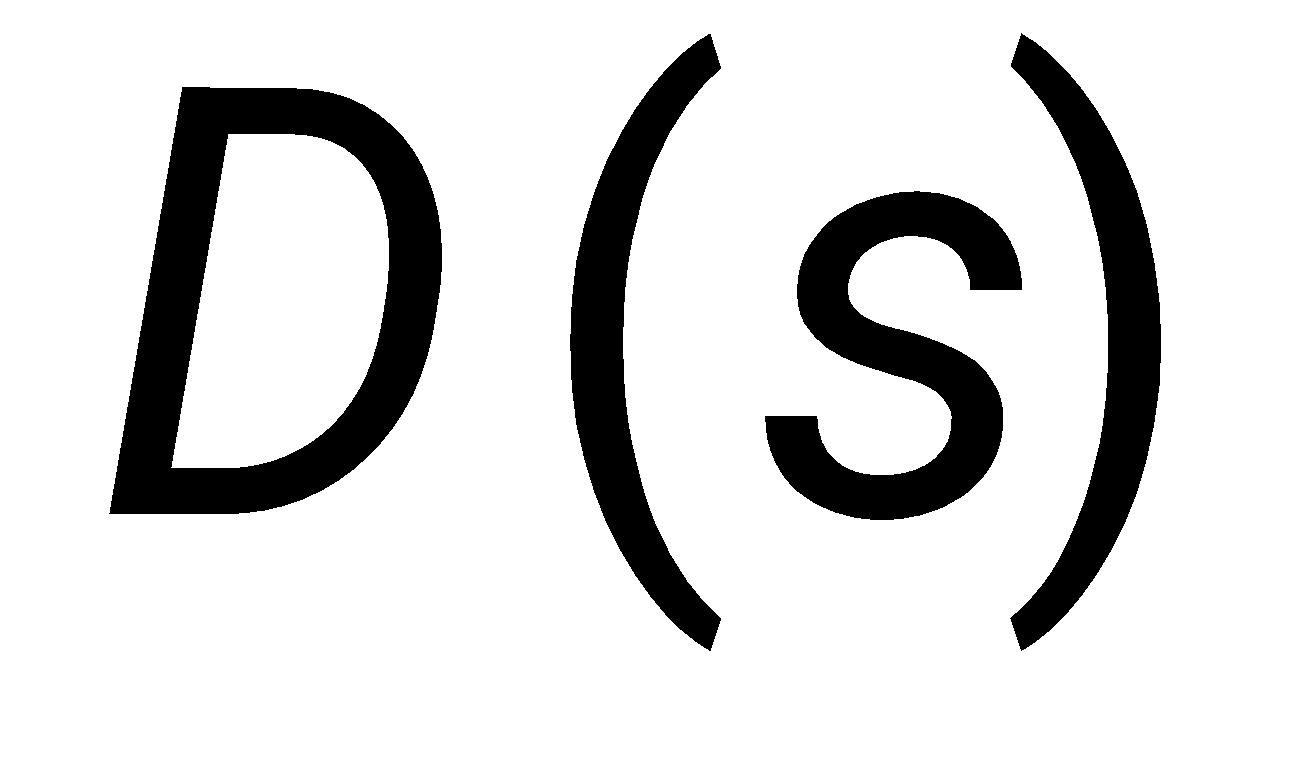
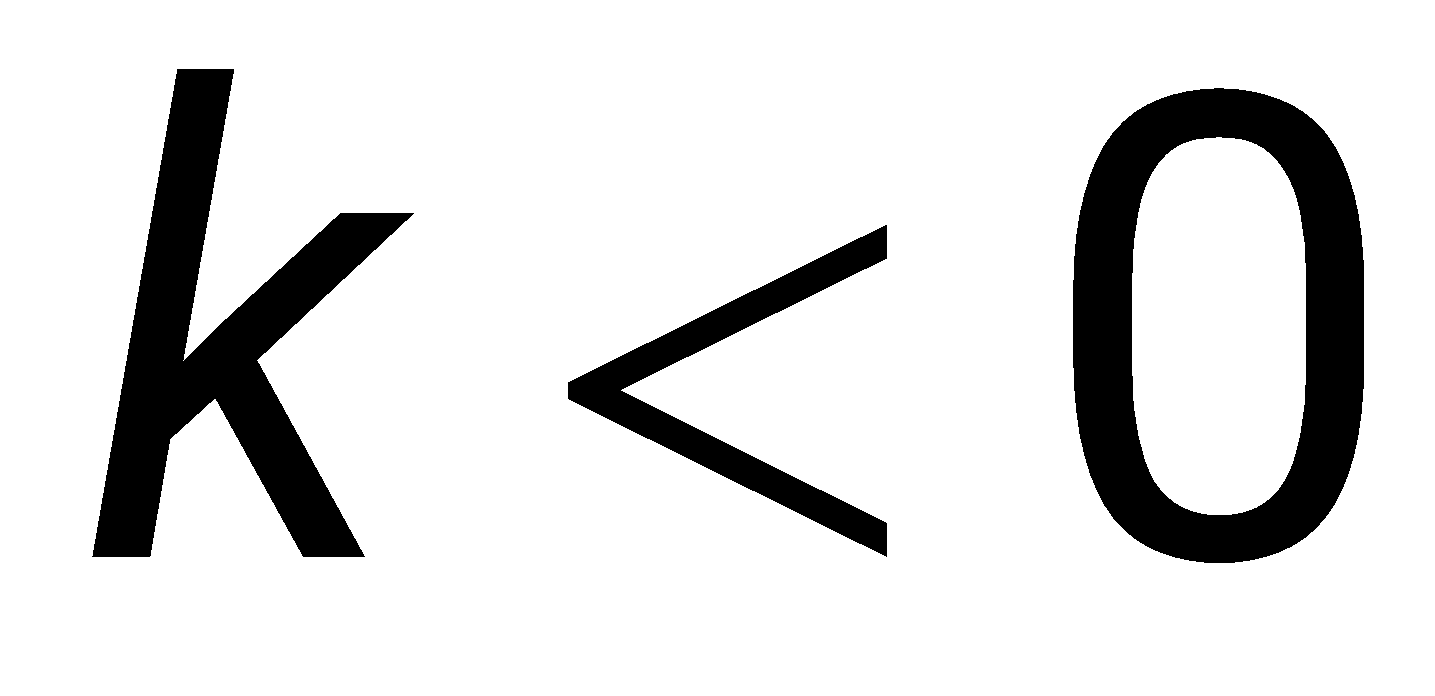
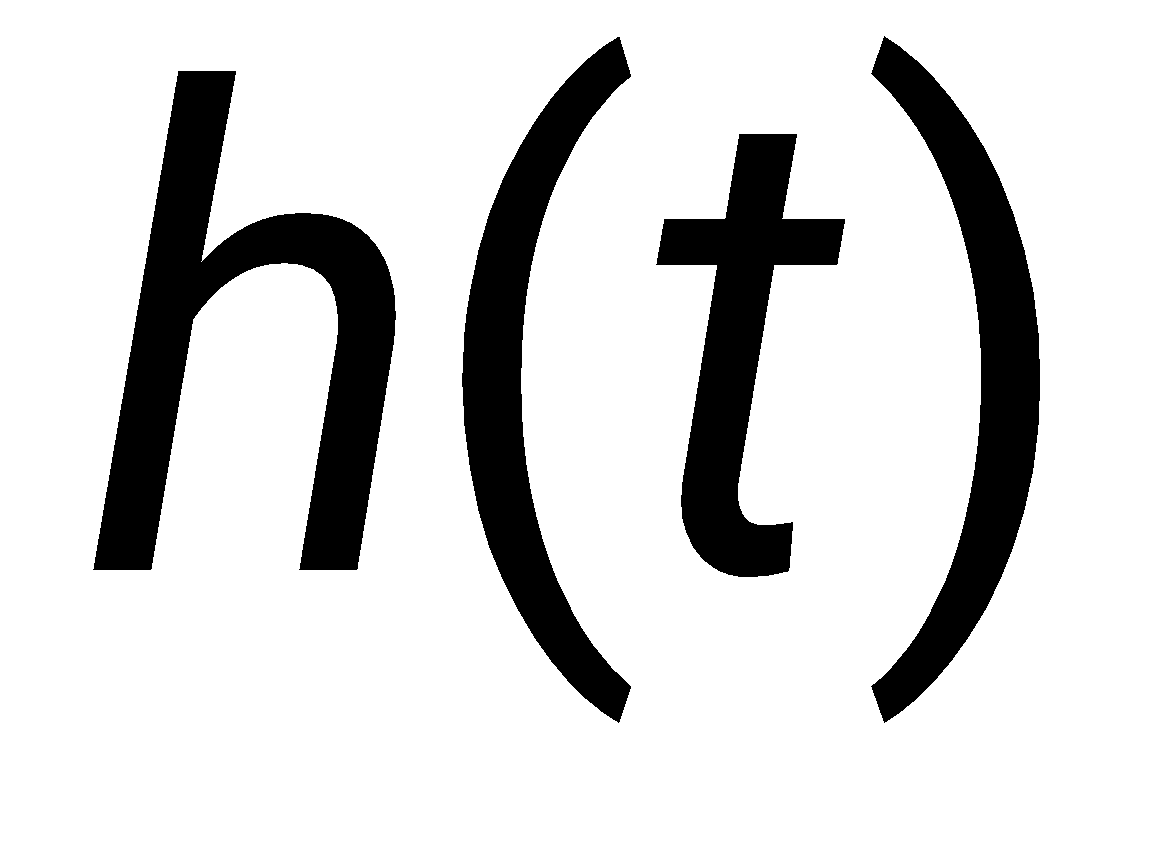
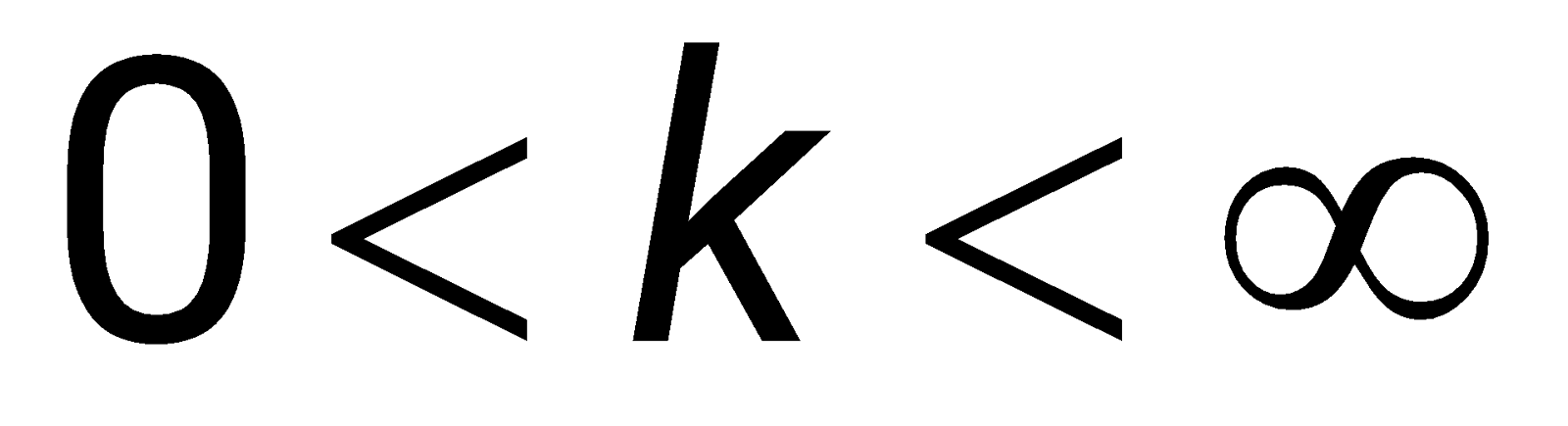
И ПФ



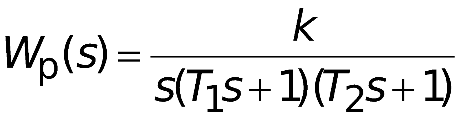
построить корневой годограф (для замкнутой системы) при изменении  от нуля до бесконечности. Значение постоянной времени  определяется вариантом задания.

Для этого следует последовательно задаваться различными значениями  и откладывать соответствующие точки, отвечающие корням, на комплексной плоскости. Затем точки соединяются между собой так, чтобы получить непрерывную линию (траекторию корня). Указать направление траектории при увеличении значения . Количество точек выбирается таким, чтобы получить целостное представление о траектории.

***Ответить на следующие вопросы:***

* Как будут располагаться на комплексной плоскости корни ХП  при ? Показать траектории.
* Как изменяется переходная характеристика  замкнутой системы при изменении коэффициента передачи в интервале ? Привести качественно различные графики (т. е. отвечающие различным корням: простым вещественным; кратным вещественным; комплексным).

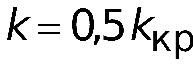
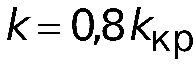
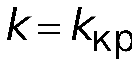
**Задача 3.** Для той же системы из задания 2 с ПФ вида

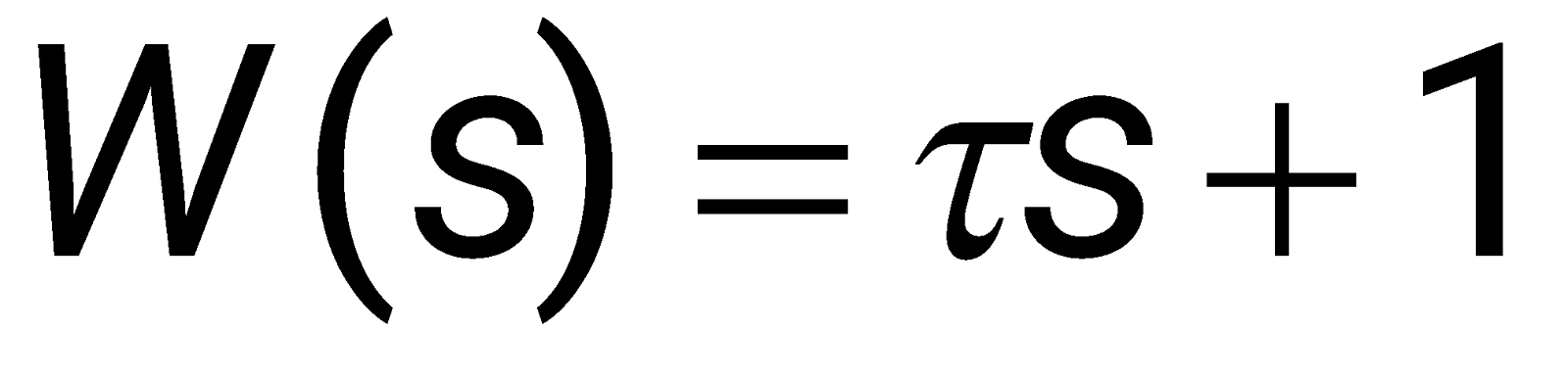
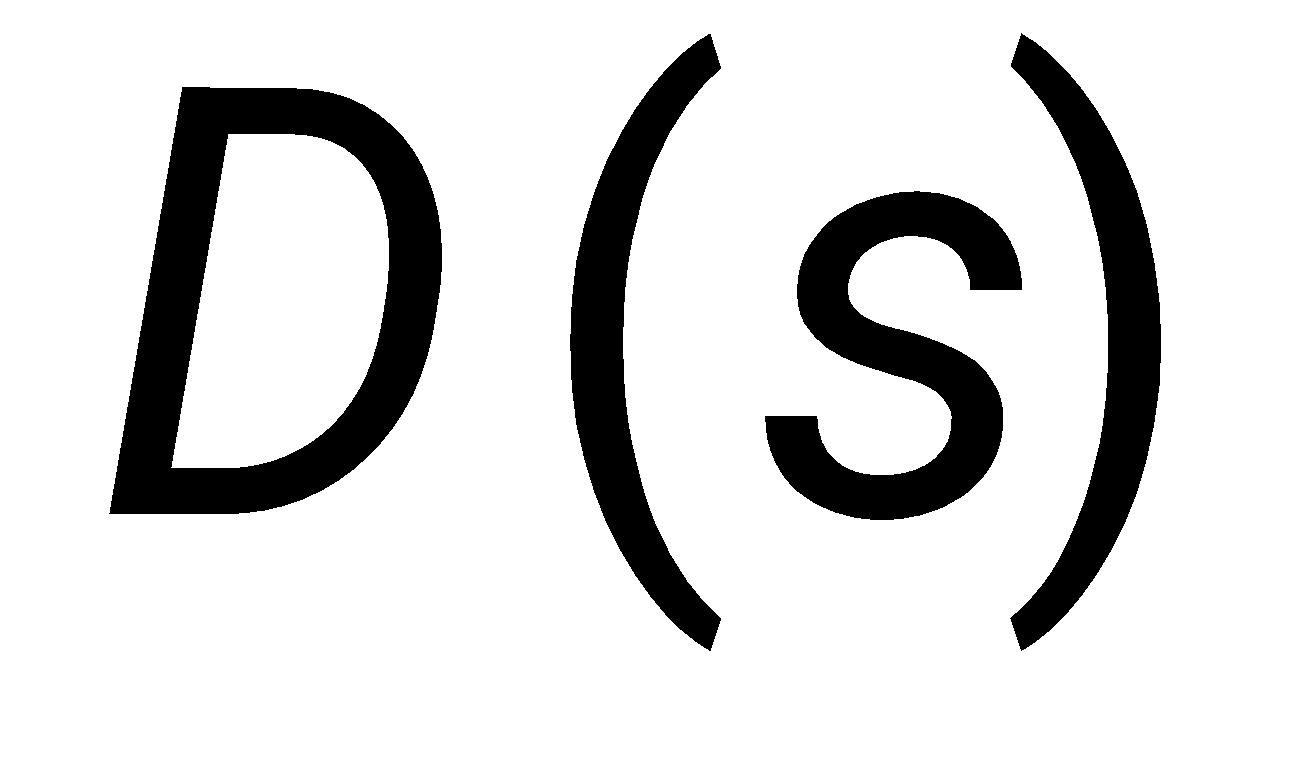
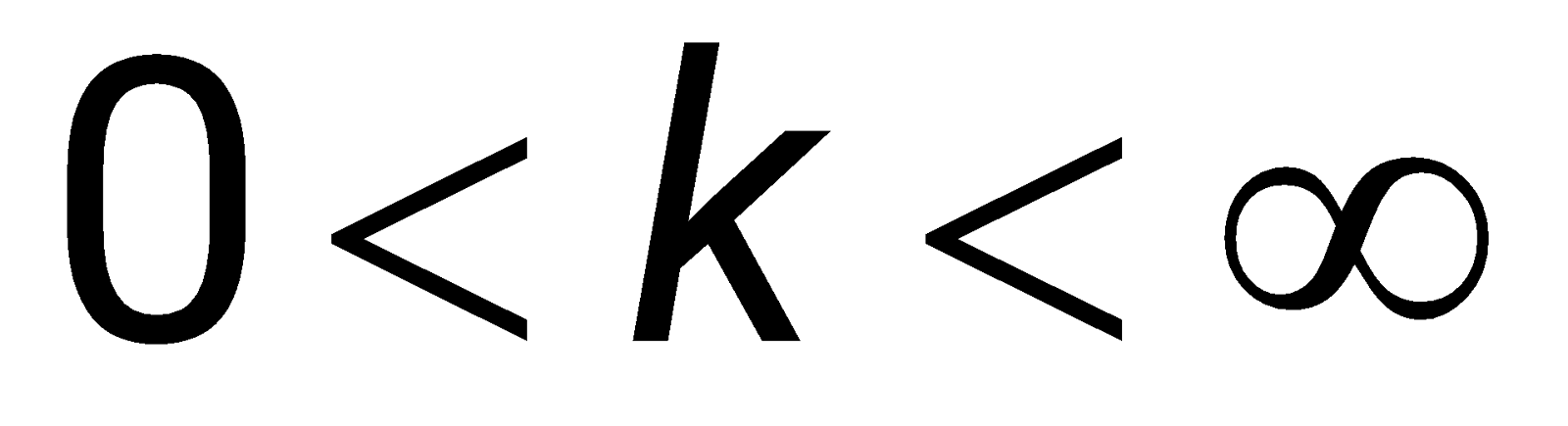
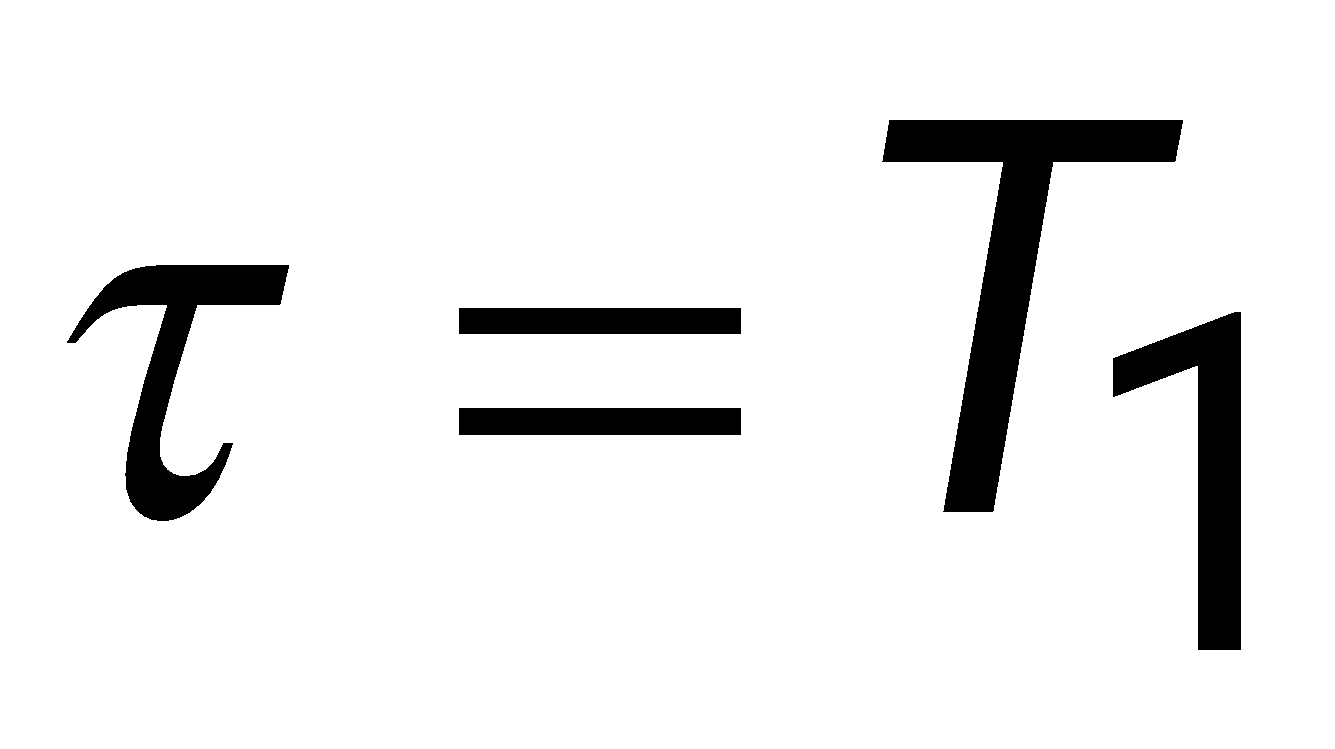
,

построить корневой годограф при изменении от нуля до бесконечности. Значения постоянных времени  и  определяются вариантом задания.

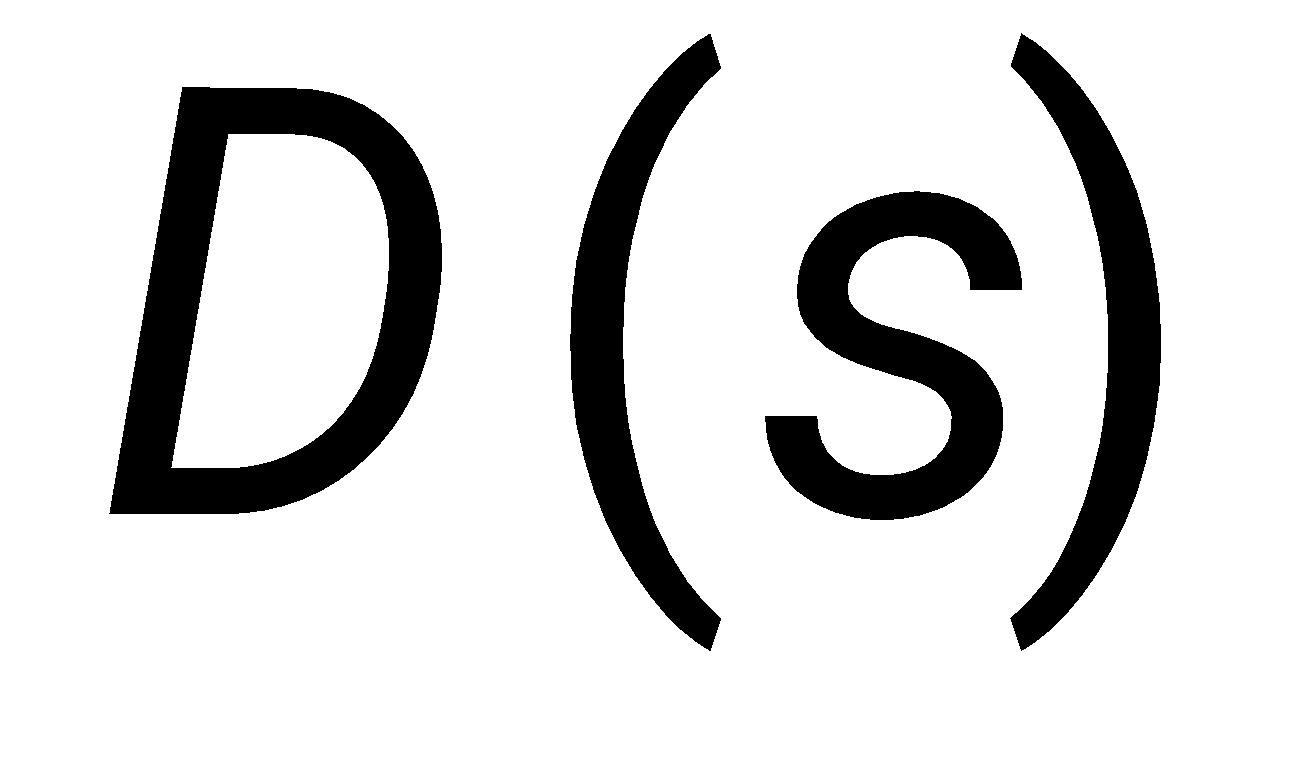
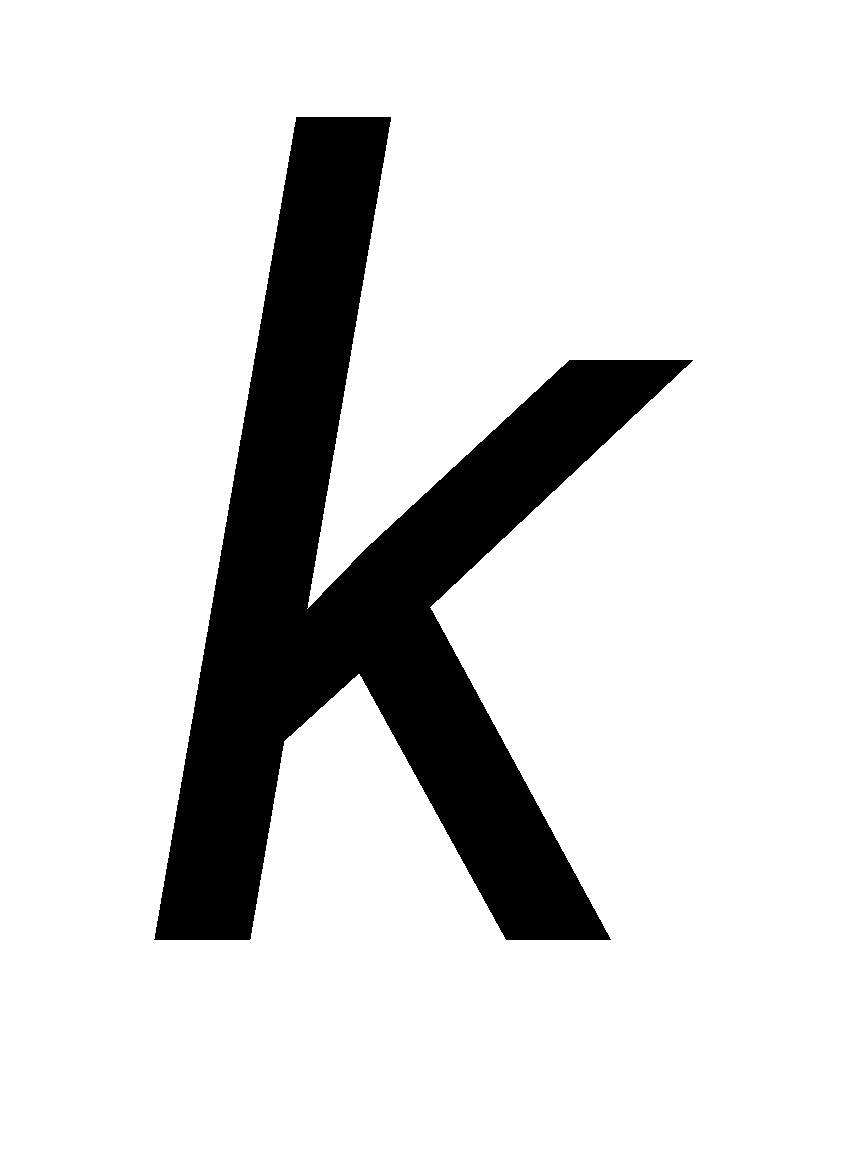
Для этого следует последовательно задаваться различными значениями  и откладывать соответствующие точки, отвечающие корням, на комплексной плоскости. Затем точки соединяются между собой так, чтобы получить непрерывную линию (траекторию корня). Указать направление траектории при увеличении значения . Количество точек выбирается таким, чтобы получить целостное представление о траектории.

***Ответить на следующие вопросы:***

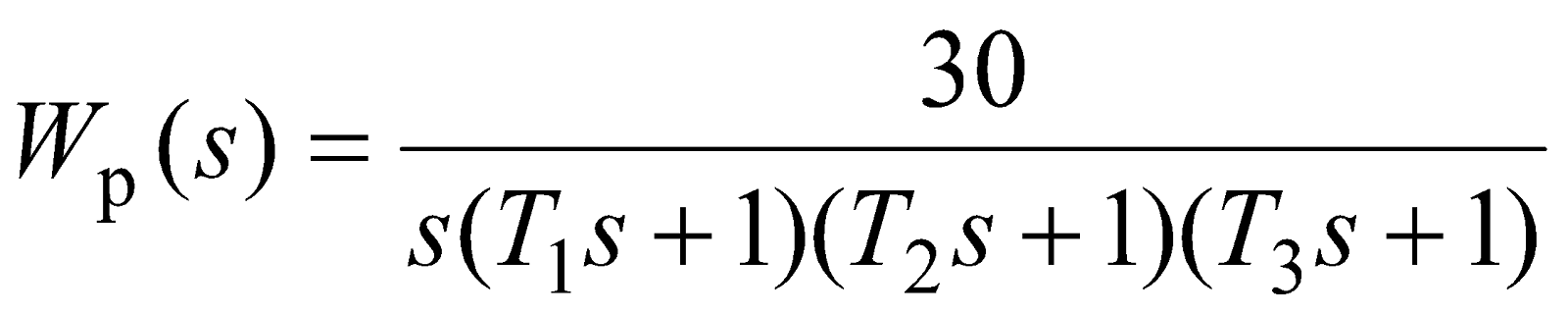
* Определить критическое значение , при котором замкнутая система находится на границе устойчивости. Исследовать временные и частотные характеристики (АФХ, ЛАЧХ, ЛФЧХ) замкнутой и разомкнутой системы при ; ; . Привести графики*.*

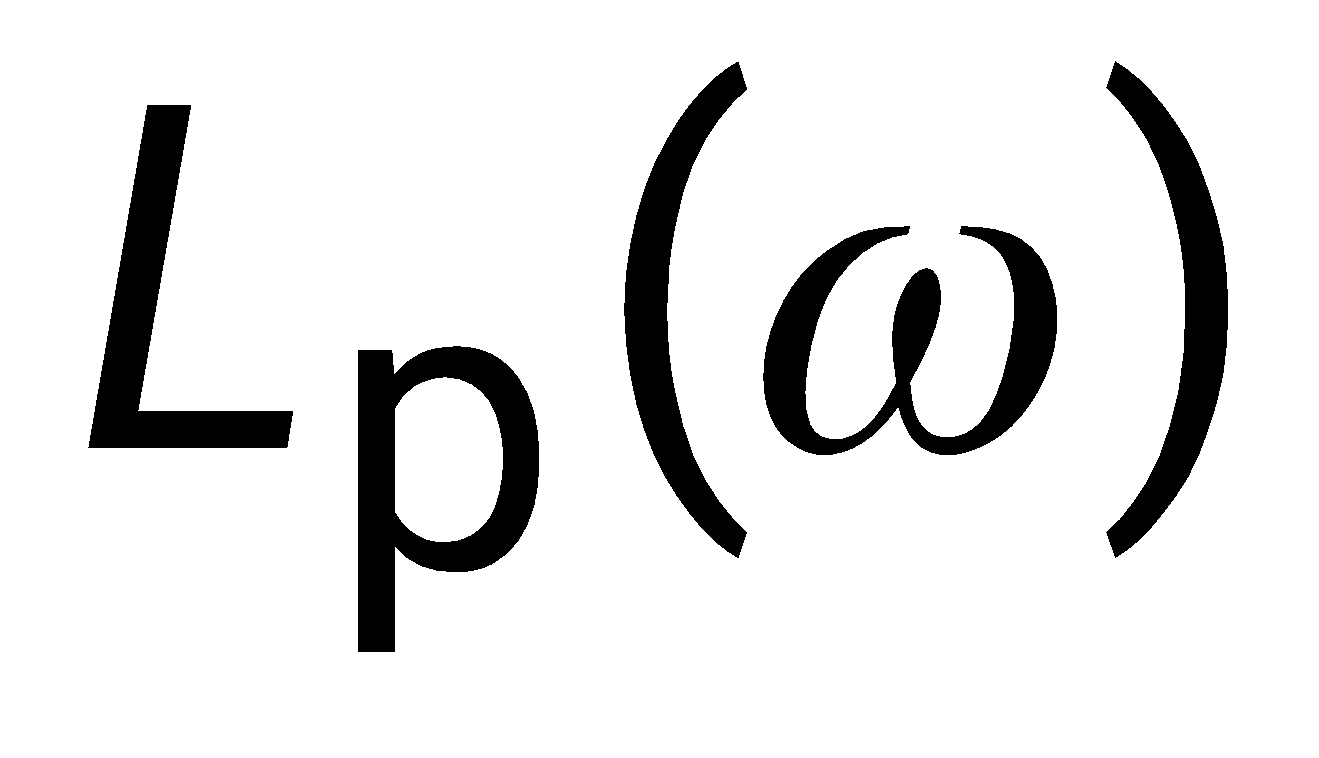
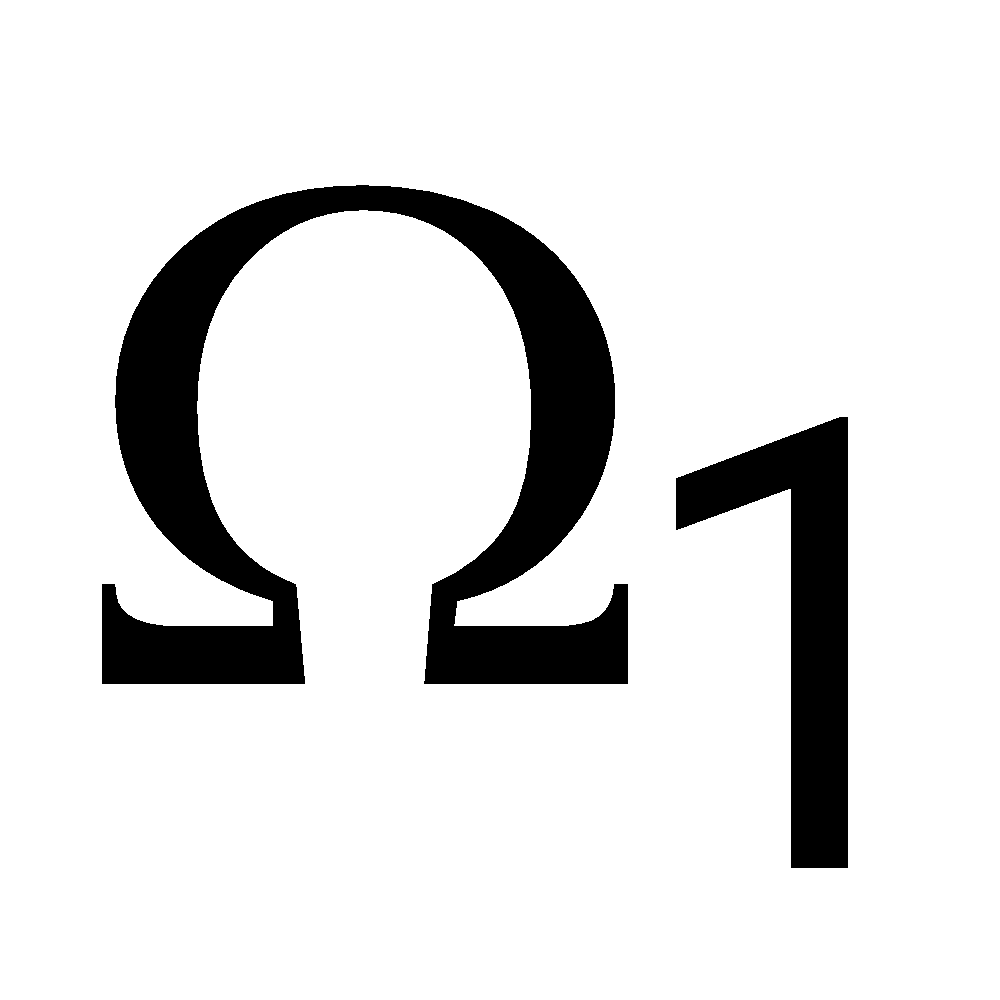
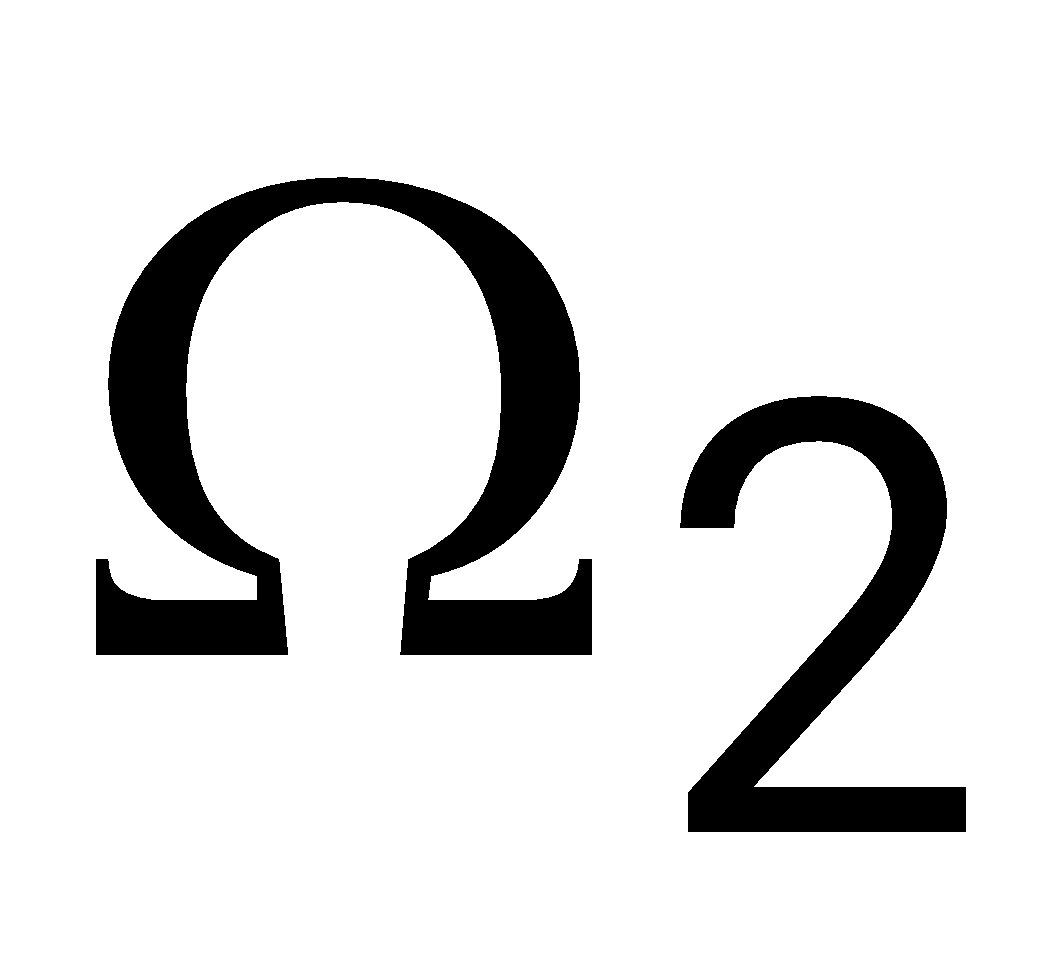
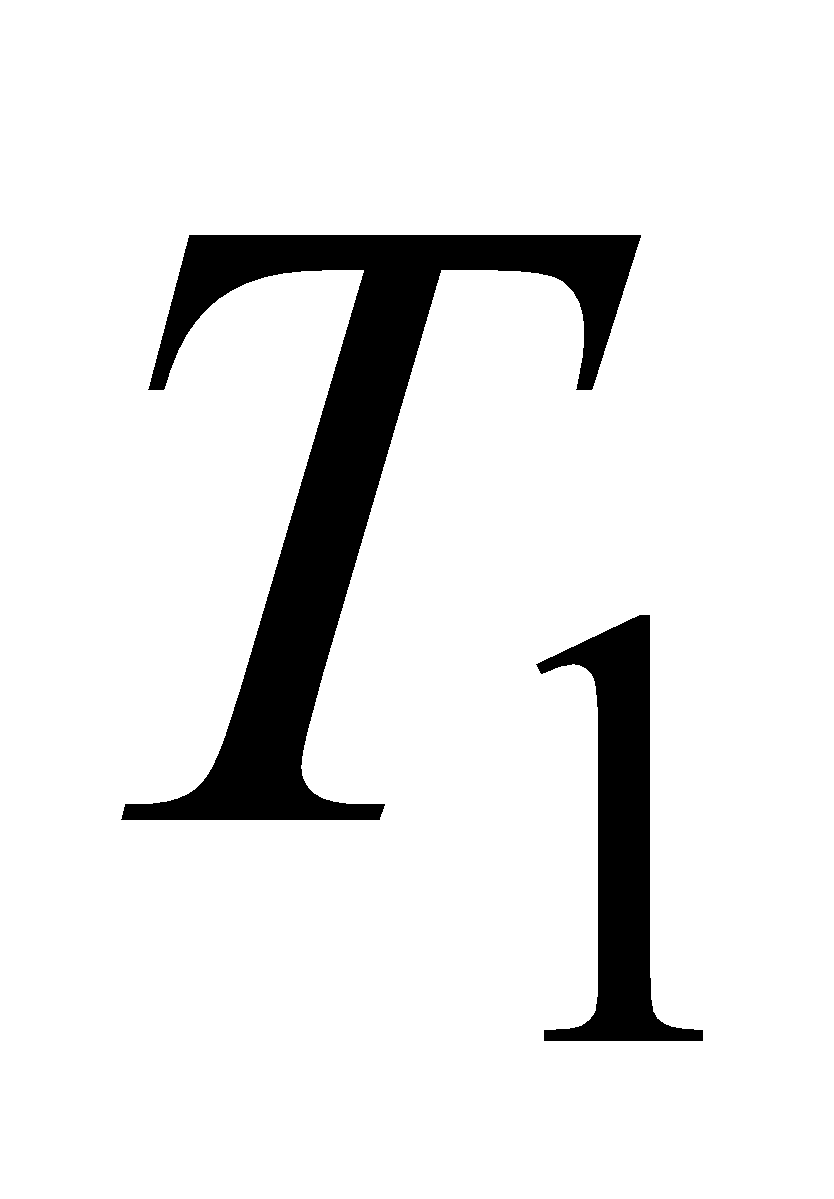
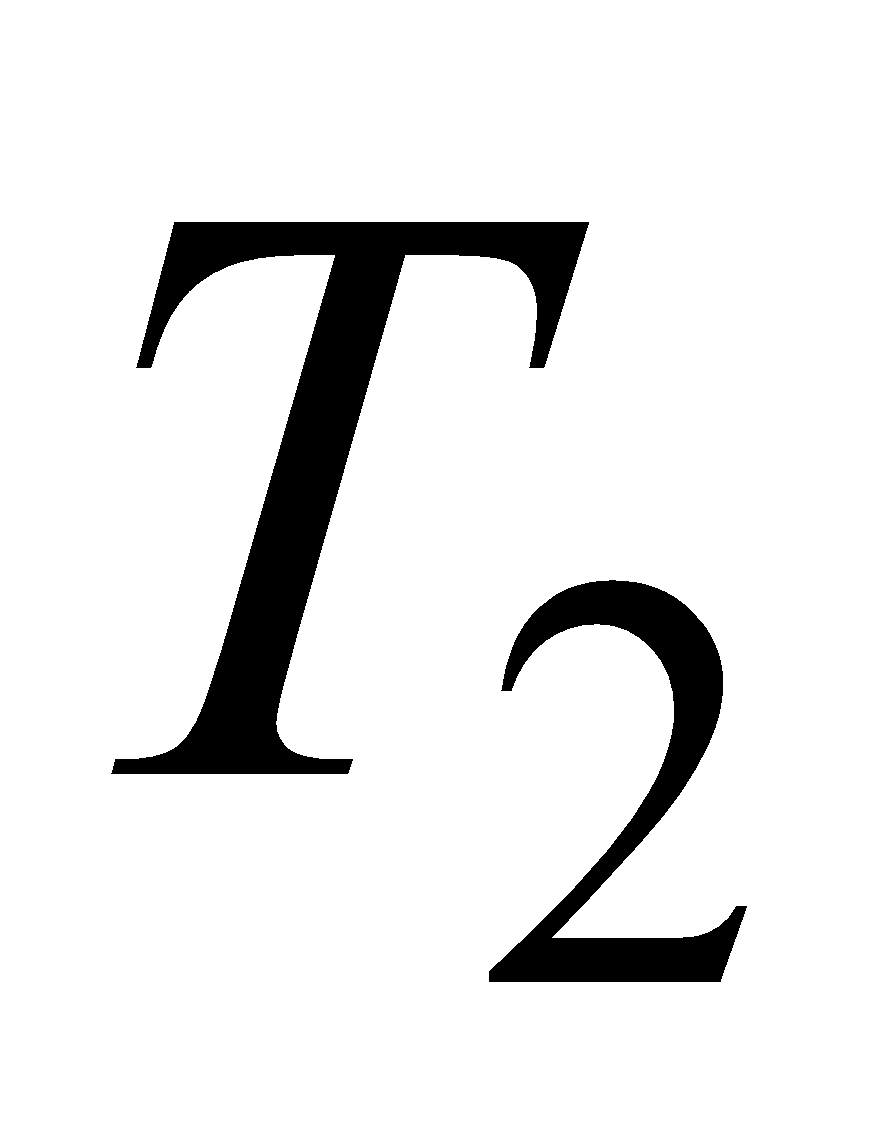
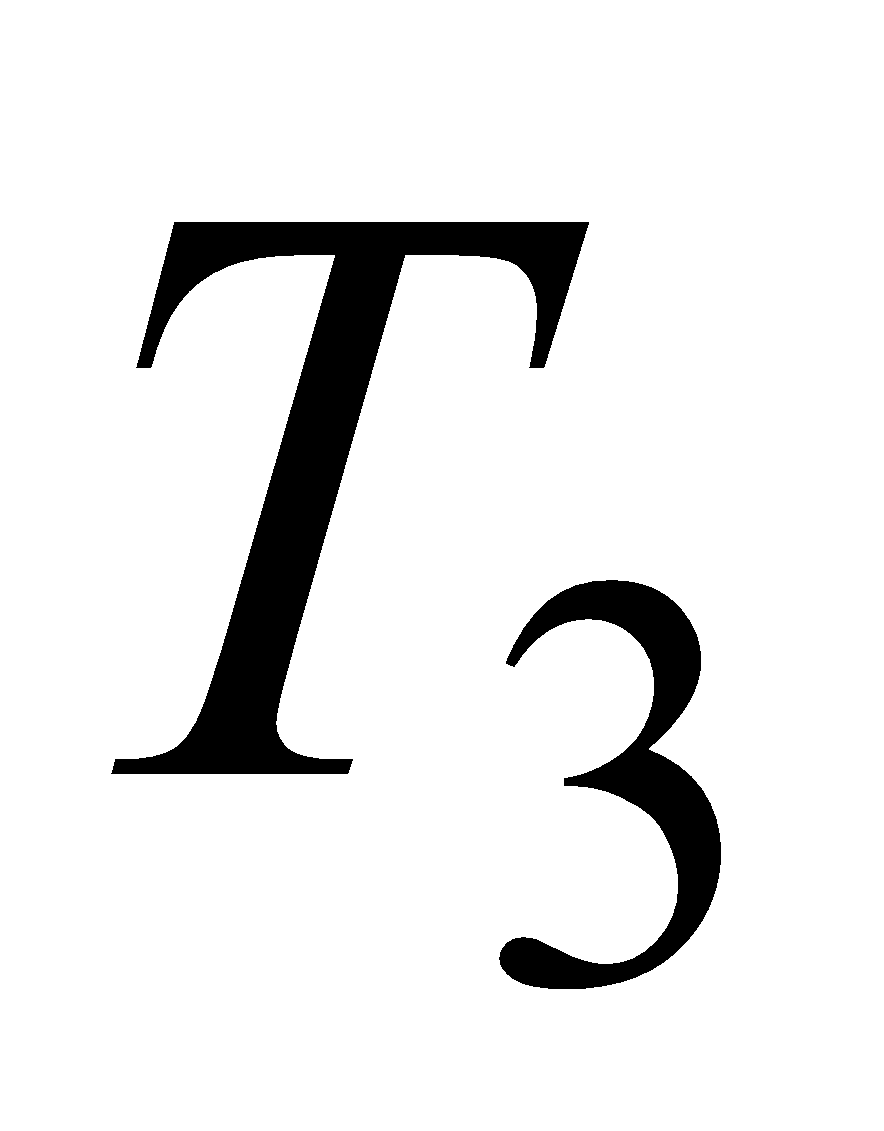
**Задача 4.** Для системы из задачи 3 в прямую цепь ввести последовательно дополнительное звено с ПФ . Определить ХП  замкнутой системы и построить корневой годограф при изменении коэффициента передачи в интервале , приняв .

***Ответить на следующие вопросы:***

* Чем объясняется неподвижность одного из корней ХП?
* Как проявляется на временных и частотных характеристиках замкнутой системы наличие неподвижного корня ХП?
* Как объяснить характер траекторий подвижных корней ХП  при изменении ?

**Задача 5.** Принять ПФ прямой цепи в виде:

.

Используя изложенную в основных сведениях из теории методику оценки подвижности корней, использующую ЛАЧХ разомкнутой системы , определить диапазон частот  (где усиление контура велико), диапазон частот  (где усиление контура мало) и приближённые значения отдельных корней ХП замкнутой системы, которые принадлежат этим областям. Найти точные значения корней ХП и оценить эффективность методики для рассматриваемого примера. Значения постоянных времени  ,  и  определяются вариантом задания.

**Вариант 17:**

Задание 1: k = 90;

Задание 2: T = 0.2;

Задание 3: T1 = 1.8, T2 = 3.2;

Задание 5: T1 = 2, T2 = 0.3, T3 = 0.1.

**Ход работы.**

**Задание 1.**

ПФ разомкнутой системы:

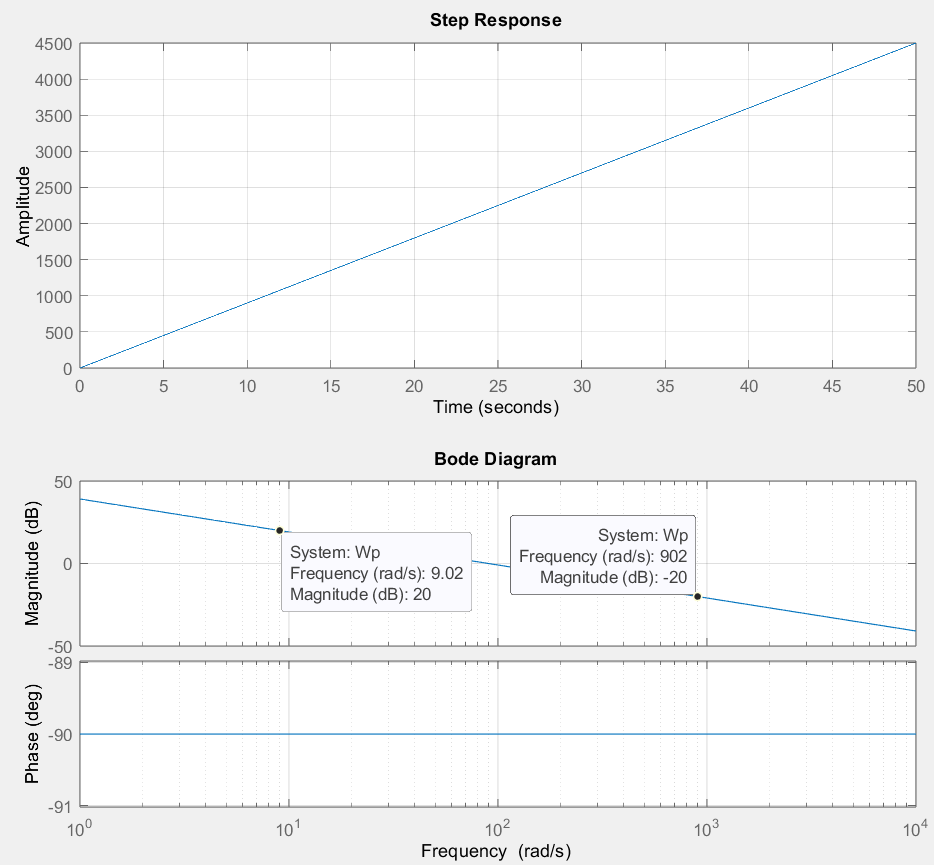


Рисунок . ПФ и ЛЧХ разомкнутой системы

Ω1 = [0; 9.02]

Ω2 = [902; ∞]

ПФ замкнутой системы:

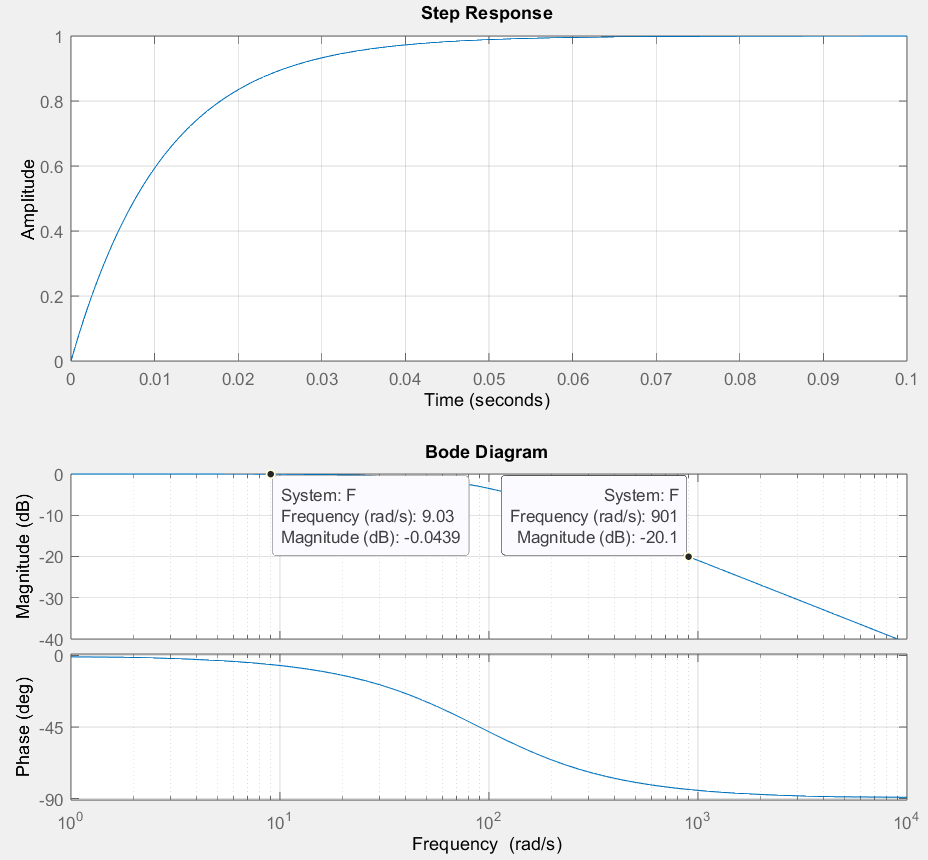


Рисунок . ПФ и ЛАЧХ замкнутой системы

*Ответы на вопросы:*

1. Замкнутая система эквивалентна апериодическому типовому звену 1-го порядка
2. Графики были приведены выше
3. При частоте ω ∈ Ω1 сигнал воспроизводится с минимальными искажениями

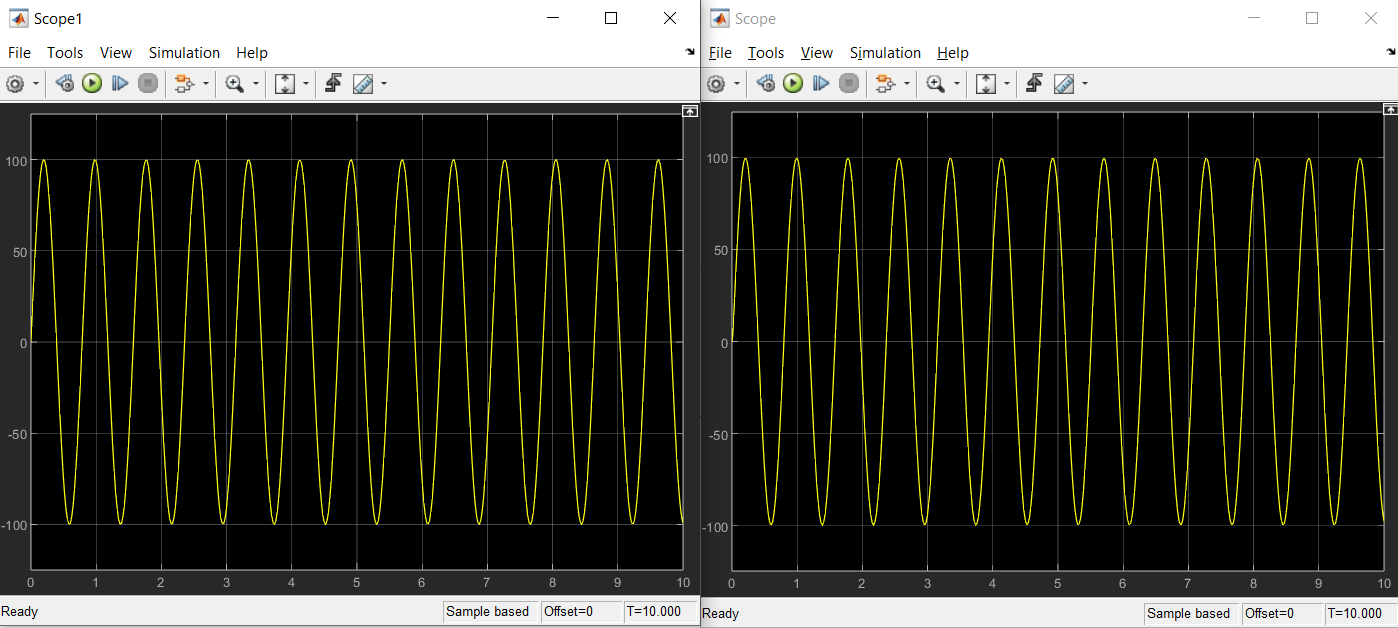


Рисунок . Входной и выходной сигналы при частоте ω = 8

1. При частоте ω ∈ Ω2 сигнал почти не пропускается системой

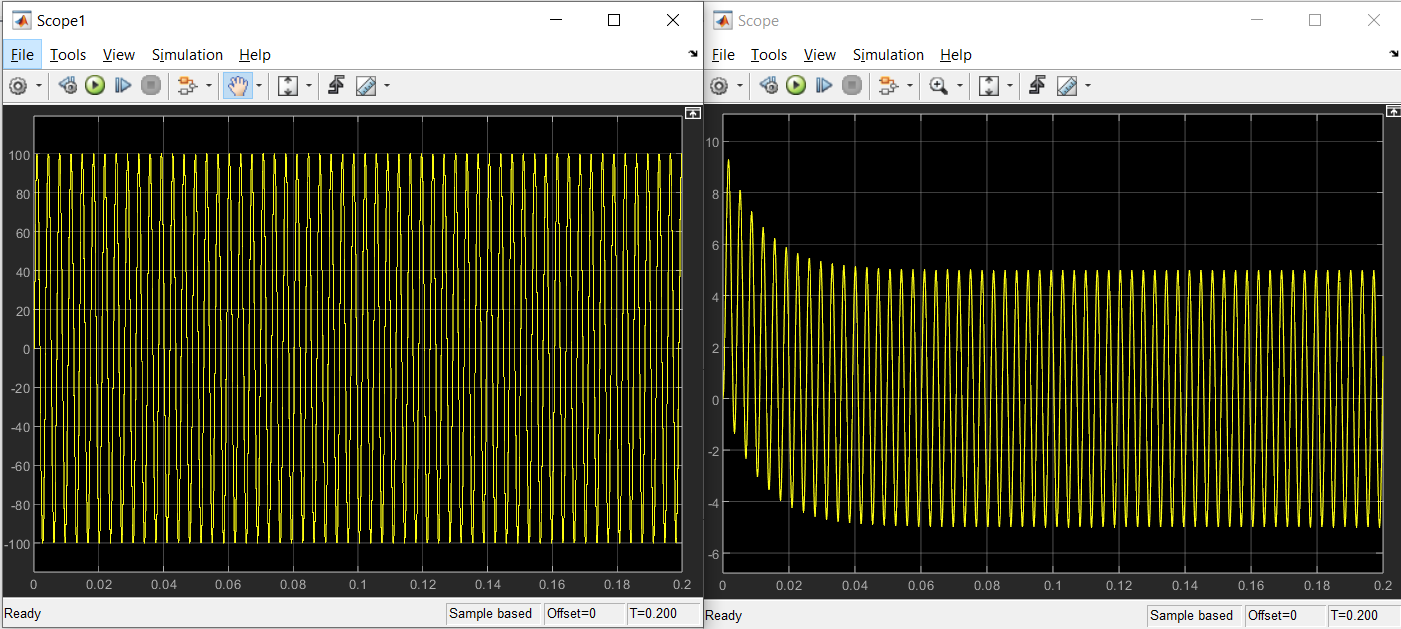


Рисунок . Входной и выходной сигналы при частоте ω = 1800

На графиках (рис. 4) видно, что амплитуда сигнала сильно уменьшилась, а в начале симуляции сигнал заметно искажен

**Задание 2.**

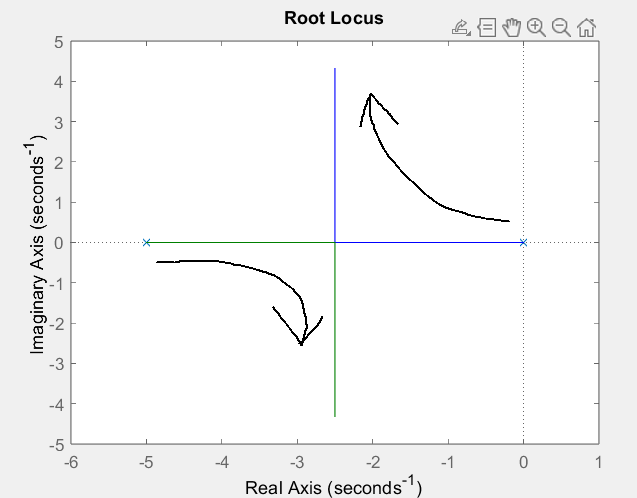


Рисунок . Корневой годограф при k ∈ [0; 5] с направлением траектории при увеличении k

*Ответы на вопросы:*

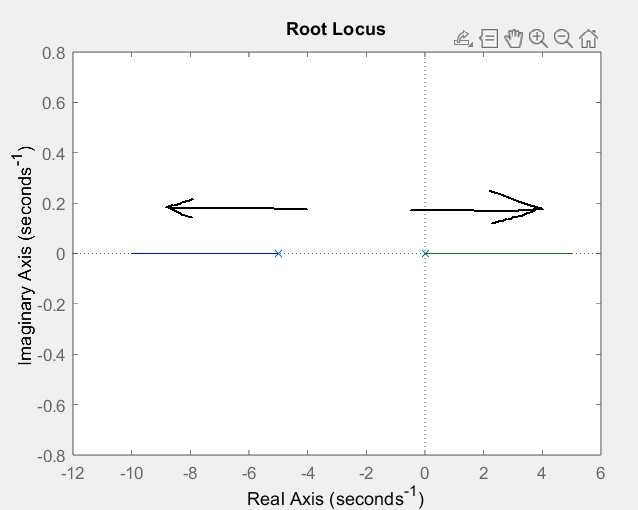


Рисунок . Корневой годограф при k ∈ [-10; 0] с направлением траектории при увеличении k

Вещественные корни при 𝐷 > 0 → 𝑘 < 1.25

Кратные вещественные корни при 𝐷 = 0 → 𝑘 = 1.25

Комплексные корни при 𝐷 < 0 → 𝑘 > 1.25

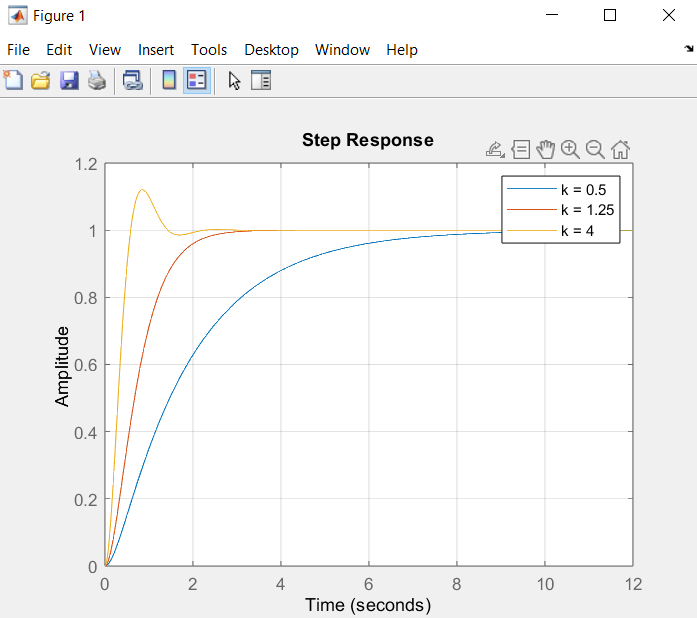


Рисунок . переходная характеристика h(t) замкнутой системы при изменении коэффициента передачи в интервале 0 < k < ∞, где значения k отвечают различным корням

**Задание 3.**

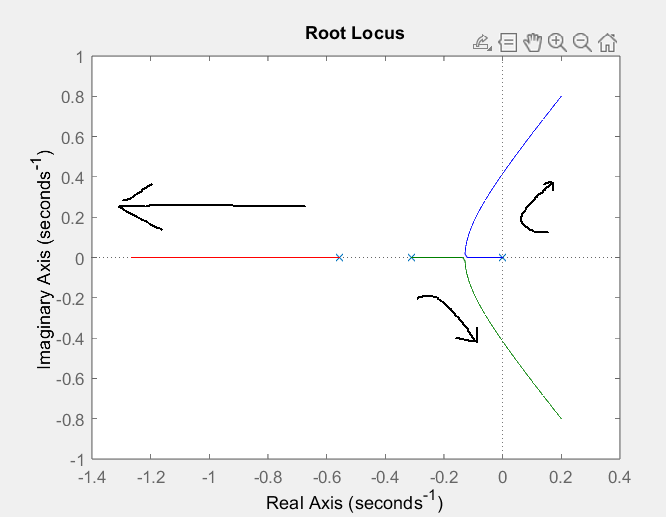


Рисунок . Корневой годограф при k ∈ [0; 5] с направлением траектории при увеличении k

*Ответы на вопросы:*

1. ХП:

D(s) = 5.76s3 + 5s2 + s + k

Матрица Гурвица:

H =

Δ1 = 5

Δ2 = 5 – 5.76k

Δ3 = 5k – 5.76k2

kкр = 0.8681

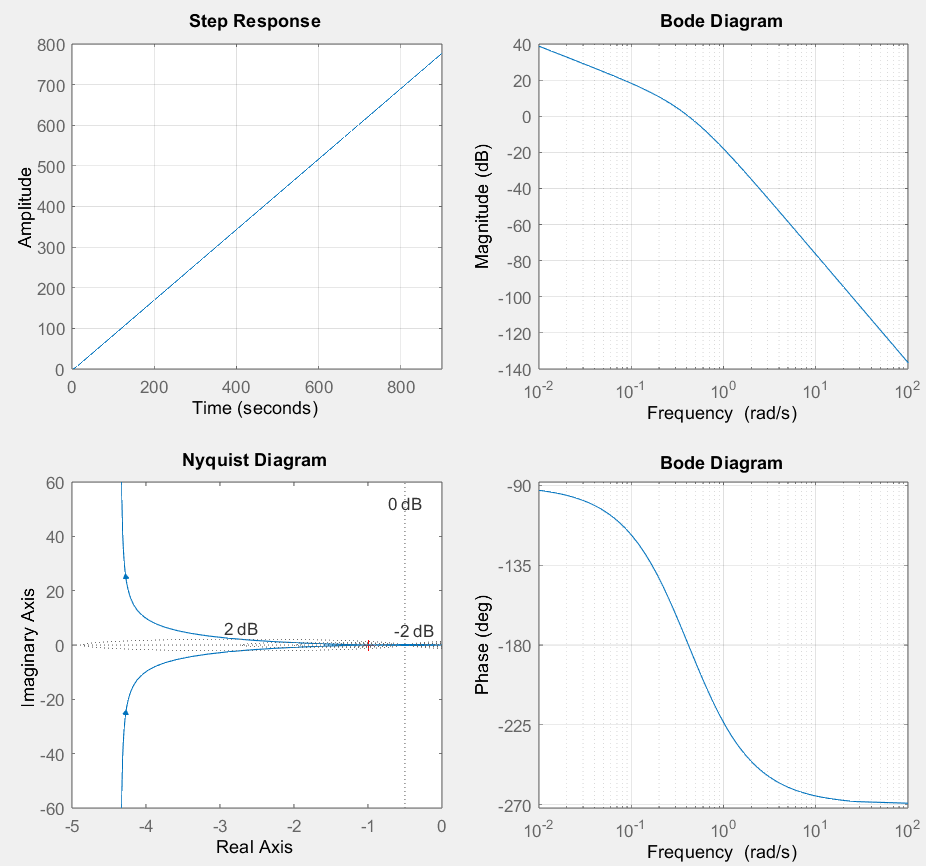


Рисунок . Характеристики разомкнутой системы при k = kкр

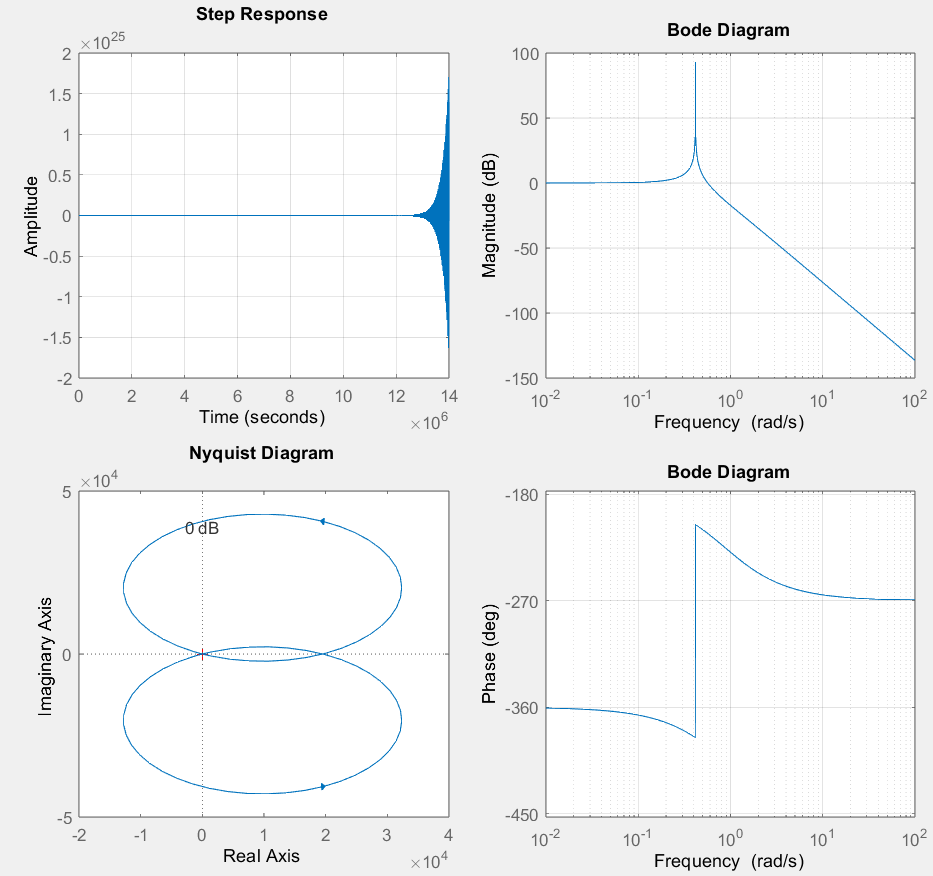


Рисунок . Характеристики замкнутой системы при k = kкр

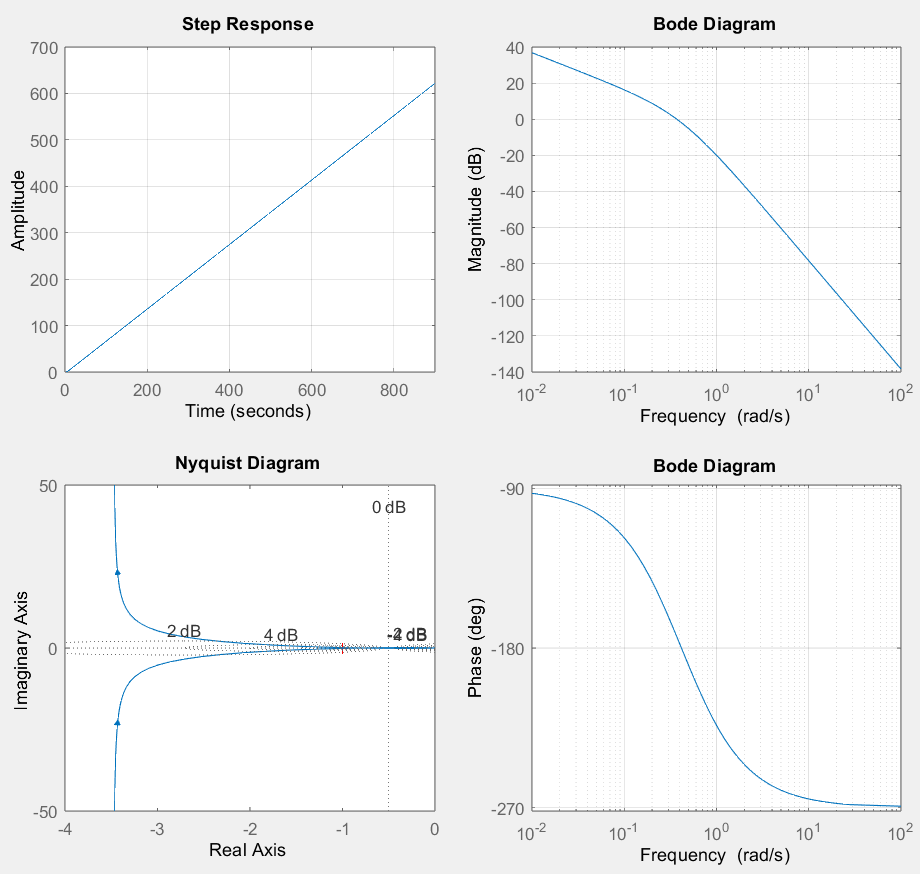


Рисунок . Характеристики разомкнутой системы при k = 0.8kкр

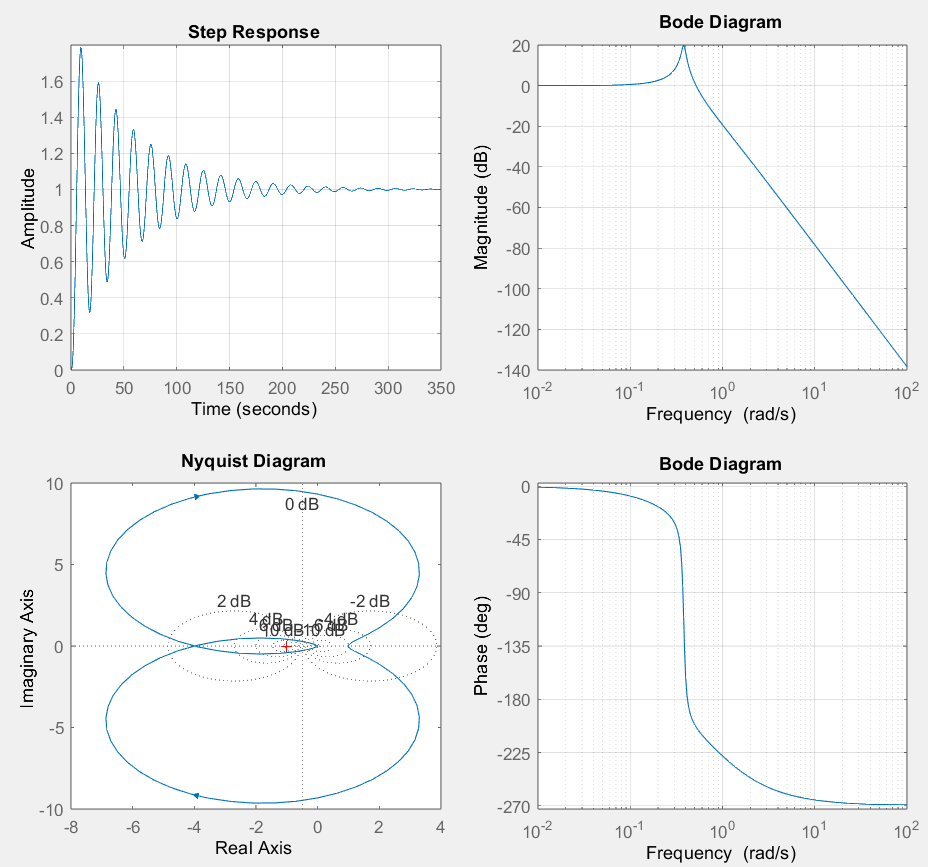


Рисунок . Характеристики замкнутой системы при k = 0.8kкр

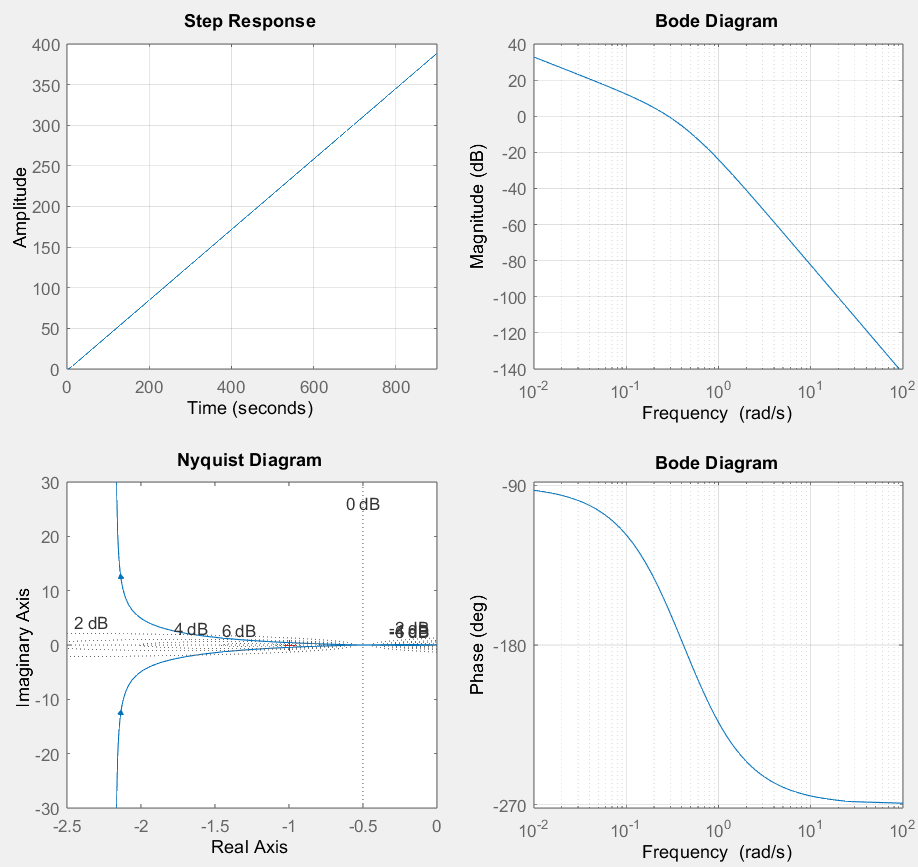


Рисунок . Характеристики разомкнутой системы при k = 0.5kкр

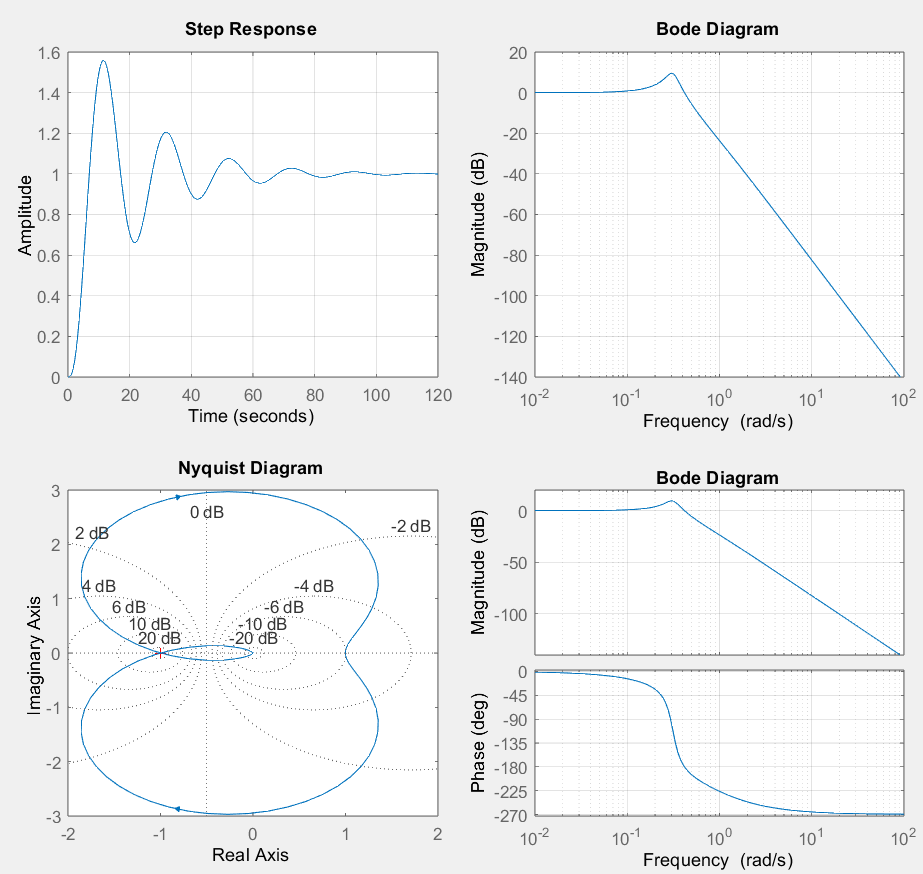


Рисунок . Характеристики замкнутой системы при k = 0.5kкр

**Задание 4.**

Система из задания 3:

Дополнительное звено:

= T1

Введем дополнительное звено в прямую цепь:

ХП:

D(s) =

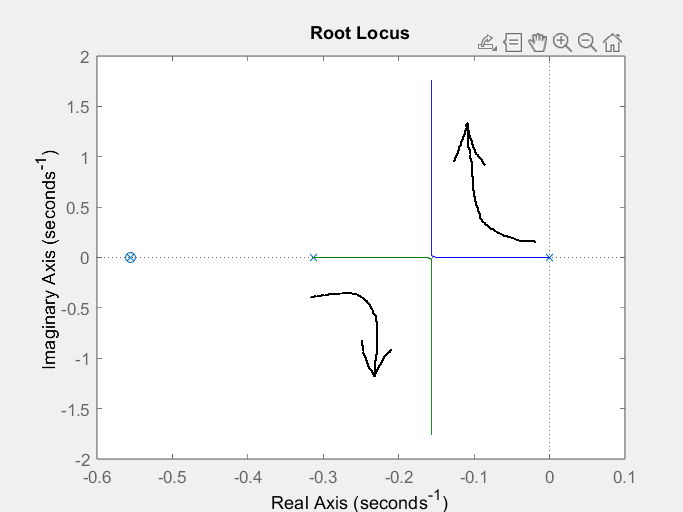


Рисунок . Корневой годограф при k ∈ [0; 10]

*Ответы на вопросы:*

1. Полюс не двигается, потому что он совпадает с нулем (нули неподвижны)
2. Из графиков видно, что характеристики соответствуют характеристикам замкнутой системы, имеющей порядок 2

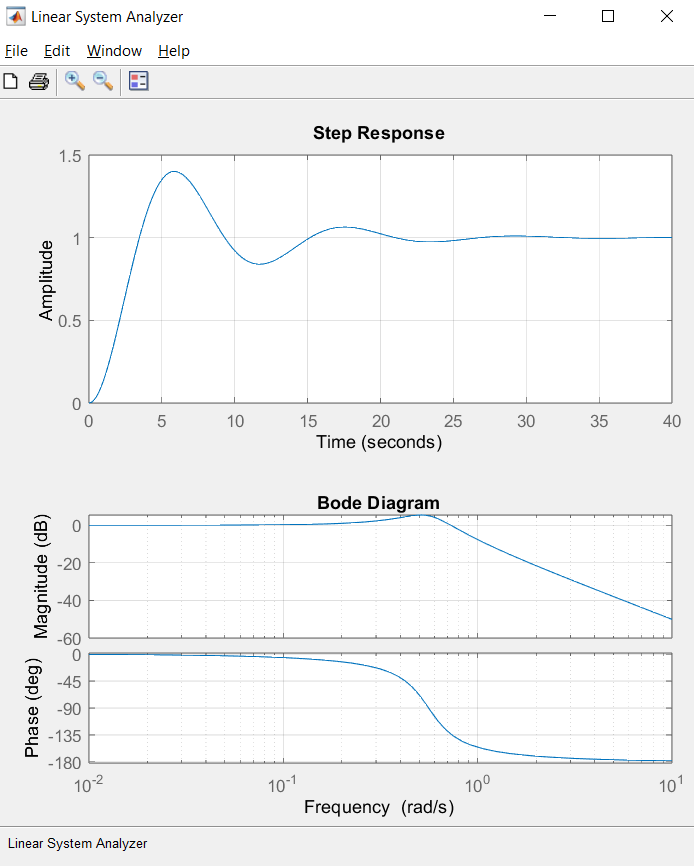


Рисунок . Временные и частотные характеристики системы с диполем

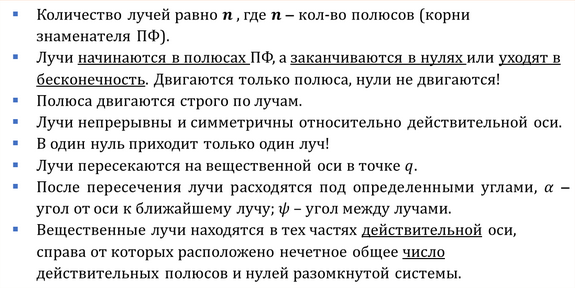


Рисунок . Характер траекторий подвижных корней ХП при изменении k

**Задание 5.**

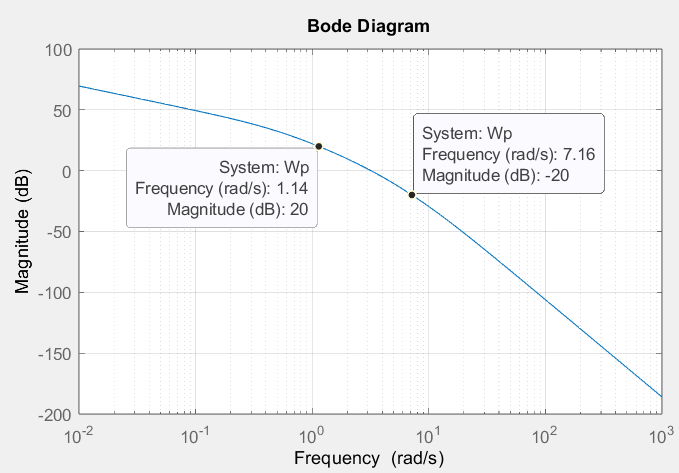


Рисунок . ЛАЧХ разомкнутой системы

Ω1 = [0; 1.14]

Ω2 = [7.16; ∞]

ХП:

Корни:

**Выводы.**

В практической работе были проанализированы системы с обратной связью с помощью их ЛАЧХ, корневого годографа и характеристического полинома.