

ИНБИКСТ МФТИ

Сорокоумов П.С.

Указания по выполнению практических работ
по курсу “Управление в технических системах”

Работа 2. Анализ устойчивости

2018 г.

Цель работы

Освоить возможности Simulink для оценки устойчивости систем управления.

Задачи

1. Освоить работу со средствами анализа систем управления без использования графического редактора.
2. Освоить средства Simulink для оценки устойчивости систем управления.
3. Рассчитать пределы устойчивости заданной системы теоретически и проверить свои выводы на модели.

Порядок выполнения работы

Проведём анализ устойчивости системы управления. В качестве примера используем систему с передаточной функцией прямой цепи $W_1 = s / (s^2+1)$, обратной цепи $W_2 = 1 / (s+1)$, схема которой изображена на Рис. 1.

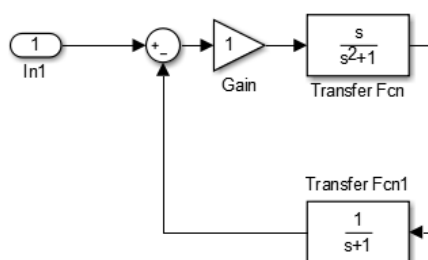


Рис. 1 Пример системы для анализа

1. В этой работе для более удобного анализа попробуем создать модель системы без визуального редактора. Для этого запустим программу MATLAB и выберем пункт меню New Script. Появится окно текстового редактора для создания программы на языке Matlab.

2. С помощью функции tf зададим передаточные функции прямой цепи и обратной цепи W_1 и W_2 , с помощью функции feedback объединим их, вычислив передаточную функцию замкнутой системы:

```
W1 = tf([1 0],[1 0 1]); % s/(s^2+1)
W2 = tf(1,[1 1]); % 1 / (s+1)
W = feedback(W1,W2);
```

Для запуска скрипта используем пункт меню Run; при этом скрипт потребуется сохранить. При ошибках исправим их и повторим запуск.

3. Вычислим полюсы передаточной функции замкнутой системы командой pole:

```
pole(W)
```

Получим список полюсов:

```
ans =
```

```
-0.2151 + 1.3071i
```

```
-0.2151 - 1.3071i
```

```
-0.5698 + 0.0000i
```

4. Проанализируем поведение полюсов системы в зависимости от коэффициента Gain. Команда locus автоматически рассчитывает, как меняются полюса при разных усилениях в прямой цепи. Результатом её выполнения будет картина, показанная на Рис. 2, где линии разного цвета соответствуют движениям разных полюсов – корневой годограф.

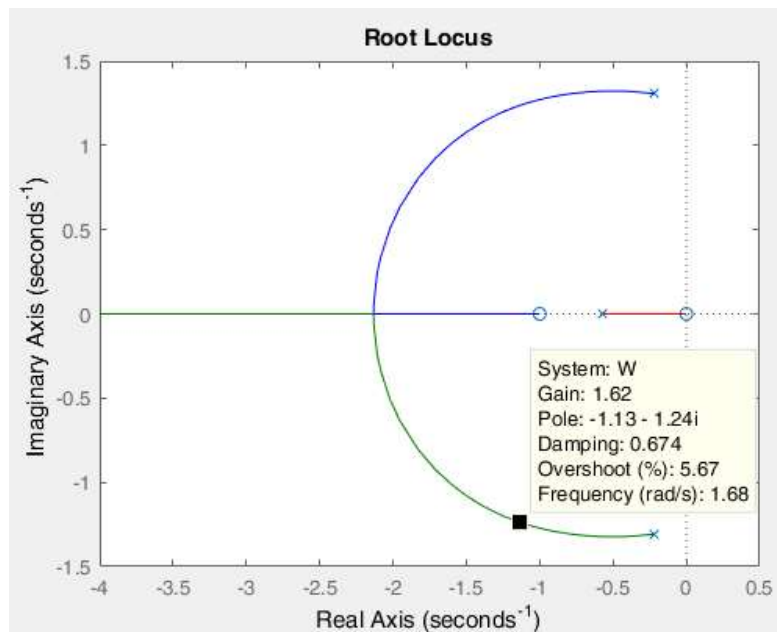


Рис. 2 Корневой годограф

5. Графики частотных характеристик замкнутой системы можно построить командами `bode(W)`
`grid`

Пример результата показан на Рис. 3.

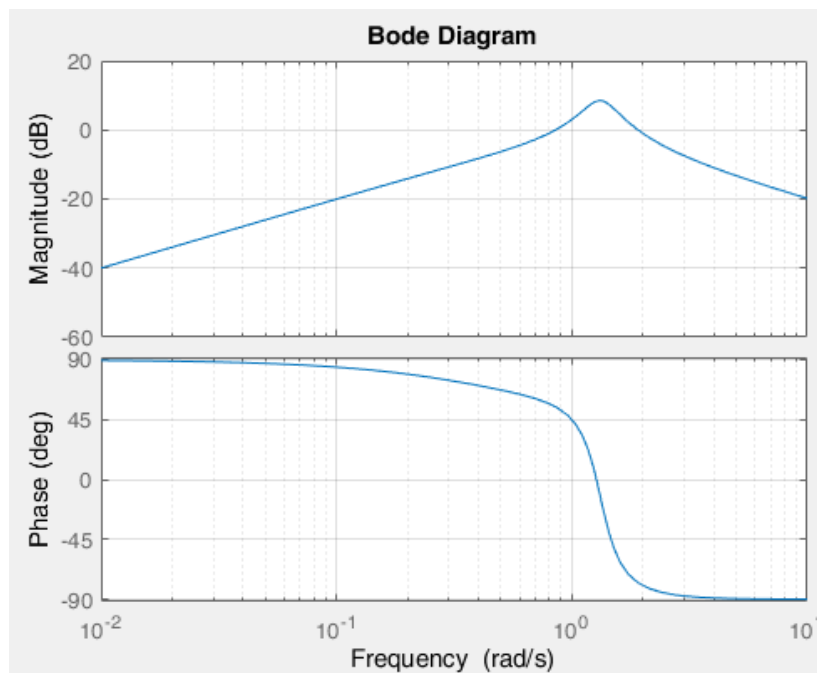


Рис. 3 Частотные характеристики замкнутой системы

6. Реакцию системы на единичное ступенчатое воздействие можно вычислить функцией `step(W)`. Пример результата её работы показан на Рис. 4.

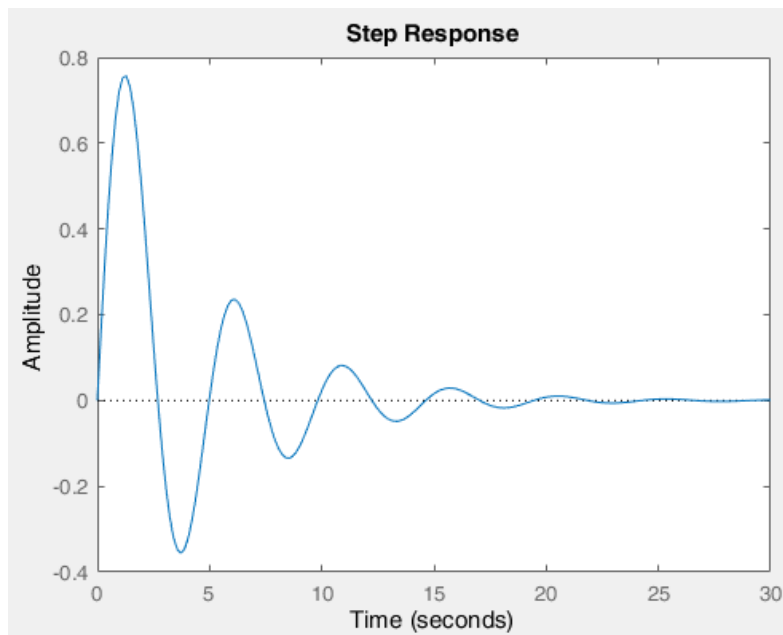


Рис. 4 Переходная функция замкнутой системы

Контрольные задания и вопросы

1. Зачем в систему управления добавляют обратную связь? Может ли быть устойчивой система без обратной связи?
2. Что можно сказать об устойчивости системы по её полюсам? Устойчива ли рассматриваемая система?
3. Почему меняется характер управления при росте усиления? Будет ли рассматриваемая система устойчивой при значительном возрастании усиления?
4. Во сколько раз усиливается сигнал при величине усиления 10 дБ? 20дБ? -30дБ?
5. Постройте несколько частотных характеристик исследуемой системы при усилениях, которые приближают её к неустойчивому состоянию. Опишите изменения внешнего вида характеристик.
6. Как может выглядеть переходная функция для устойчивой системы? Для неустойчивой системы? Зависит ли её вид от типа полюсов? Если зависит, то как?

Задания для самостоятельной работы

По согласованию с преподавателем выберите для дальнейшего анализа одну из описанных ниже систем управления с отрицательной обратной связью. Системы заданы передаточными функциями прямой цепи W_1 и обратной цепи W_2 :

1. $W_1 = 1 / (1+s)$, $W_2 = a / (1+s^2)$
2. $W_1 = 1 / (1+s)$, $W_2 = 1 / (a+s^2)$
3. $W_1 = a / (1+s)$, $W_2 = 1 / (1+s^2)$
4. $W_1 = 1 / (1+2s+s^2)$, $W_2 = a / (1-s)$
5. $W_1 = 1 / (1+2s-s^2)$, $W_2 = 1 / (1-as)$
6. $W_1 = 1 / (1+2s-s^2)$, $W_2 = 1 / (1+as)$
7. $W_1 = a / (1+2s-s^2)$, $W_2 = 1 / (1+s)$

8. $W_1 = (1+s) / (1+2s-s^2)$, $W_2 = a / (1-s)$
9. $W_1 = (1+s) / (1+2s-s^2)$, $W_2 = 1 / (1-as)$
10. $W_1 = (1+s) / (1+2s-s^2)$, $W_2 = 1 / (1+as)$
11. $W_1 = (1-s) / (1+2s+s^2)$, $W_2 = a / (1+s)$
12. $W_1 = (1-s) / (1+2s+s^2)$, $W_2 = 1 / (1+as)$
13. $W_1 = a(1-s) / (1+2s+s^2)$, $W_2 = 1 / (1-s)$

1. Вычислите передаточную функцию замкнутой системы W .

2. Вычислите характеристическое уравнение замкнутой системы. Найдите его корни для какого-либо произвольно выбранного параметра a (не равного 1 и 0). Для поиска корней многочлена можно использовать функцию Matlab `roots`; запустить её можно из командной строки среды Matlab. Например, для решения уравнения $x^2+2x-1=0$ можно использовать следующие команды:

```
p = [1 2 -3];
r = roots(p)
```

Сделайте вывод об устойчивости системы управления для выбранного значения параметра.

4. Оцените устойчивость системы при произвольных значениях параметра a по критерию Гурвица. Определите интервалы устойчивости.

5. Оцените устойчивость системы при произвольных значениях параметра a по критерию Рауса. Определите интервалы устойчивости. Сравните оценки по указанным критериям.

6. Промоделируйте систему, задав её передаточную функцию так, как описано выше, для двух значений a , одно из которых соответствует устойчивой системе, другое – неустойчивой (если система устойчива или неустойчива при всех значениях a , следует здесь и далее ограничиться одним значением). Вычислите её полюсы средствами Matlab, оцените совпадение теоретического и модельного результатов.

7. Постройте в Matlab корневой годограф (если a соответствует коэффициенту усиления прямой цепи – один, если нет – два отдельных для каждого выбранного a). Охарактеризуйте поведение системы по полученным результатам.

8. Постройте в Matlab частотные характеристики для выбранных ранее значений a , охарактеризуйте поведение системы.

9. Постройте в Matlab переходные функции для выбранных ранее значений a , охарактеризуйте поведение системы.