

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им В.П. Грязева  
Кафедра «Приборы управления»

Утверждено на заседании кафедры  
«Приборы управления»  
«19» января 2022 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой

 В.Я. Распопов

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ) ДЛЯ  
ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«Математическое и компьютерное моделирование систем  
управления»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**24.04.02 Системы управления движением и навигация**

с направленностью (профилем)  
**Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации**

Форма(ы) обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240402-01-22

Тула 2022 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

**Разработчик(и):**

Погорелов М.Г., доцент, к.т.н., \_\_\_\_\_  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_ (подпись)

## **1. Описание фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

Фонд оценочных средств (оценочные материалы) включает в себя контрольные задания и (или) вопросы, которые могут быть предложены обучающемуся в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю). Указанные контрольные задания и (или) вопросы позволяют оценить достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), установленных в соответствующей рабочей программе дисциплины (модуля), а также сформированность компетенций, установленных в соответствующей общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## **2. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

### **Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-1.1)**

#### **2 семестр**

1. Запишите в общем виде уравнение движения объекта управления в пространстве состояния.
2. Объект управления с полной информацией – это объект управления:
  - а) у которого все переменные вектора состояния доступны для измерения;
  - б) у которого доступна измерению только часть переменных вектора состояния;
  - в) у которого все переменные вектора состояния не доступны для измерения.
3. Объект управления с неполной информацией – это объект управления:
  - а) у которого доступна измерению только часть переменных вектора состояния;
  - б) у которого все переменные вектора состояния не доступны для измерения;
  - а) у которого все переменные вектора состояния доступны для измерения.
4. Матрица  $U$  – это матрица:
  - а) управляемости;
  - б) наблюдаемости;
  - в) линейных стационарных обратных связей.
5. Матрица  $Q$  – это матрица:
  - а) управляемости;
  - б) наблюдаемости;
  - в) линейных стационарных обратных связей.
6. Ранг матрицы управляемости объекта управления:
  - а) равен порядку объекта управления;
  - б) не зависит от порядка объекта управления;
  - в) должен быть выше порядка объекта управления.
7. Ранг матрицы наблюдаемости объекта управления:
  - а) равен порядку объекта управления;
  - б) не зависит от порядка объекта управления;
  - в) должен быть выше порядка объекта управления.
8. Перечислите режимы функционирования САУ
9. Для метода модального управления характерно формирование управляющих воздействий в виде:

- а) астатического регулятора;
- б) статического регулятора;
- в) линейного регулятора.

10. Задача синтеза управляющих воздействий методом модального управления формулируется следующим образом:

а) для исходного объекта управления, обладающего свойством неполной управляемости и наблюдаемости, требуется найти такую матрицу линейных стационарных обратных связей, которая обеспечивает разомкнутой системе требуемый набор показателей качества.

б) для исходного объекта управления, обладающего свойством полной управляемости, требуется найти такую матрицу наблюдаемости, которая обеспечивает замкнутой системе требуемый набор показателей качества.

в) для исходного объекта управления, обладающего свойством полной управляемости и наблюдаемости, требуется найти такую матрицу линейных стационарных обратных связей, которая обеспечивает замкнутой системе требуемый набор показателей качества.

11. Матрица  $\Gamma$  формируется на основе:

- а) выбора приемлемого вида переходных процессов;
- б) расположения корней характеристического полинома;
- в) свойства полной наблюдаемости эталонной модели.

12. Поведение САУ определяет:

- а) эталонная модель;
- б) модель возмущающего воздействия;
- в) модель ошибок.

13. Эталонная модель в пространстве состояний представлена в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \Gamma \xi \\ y = H \xi \end{cases}, \quad \xi(0) = \xi_0, \quad \text{где } \xi - \text{это:}$$

- а) вектор выходных переменных эталонной модели, совпадающий с размерностью вектора управления;
- б) вектор состояния эталонной модели, совпадающий с размерностью вектора состояния объекта управления;
- в) вектор начального состояния эталонной модели.

14. Показателями качества функционирования являются:

- а)  $J(t_n, \sigma, \epsilon_y)$
- б)  $J(t_n, q, \epsilon_y)$
- в)  $J(\xi, \sigma, \epsilon_y)$

15. Объект управления в пространстве состояния задан в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + B_g g + B_f f, \\ y = Cx. \end{cases}, \quad \text{где } u - \text{это:}$$

- а)  $n$ -мерный вектор состояния;
- б)  $m$ -мерный вектор управляющих воздействий;
- в) матрица, определяющая динамические свойства объекта управления.

16. Объект управления в пространстве состояния задан в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + B_g g + B_f f, \\ y = Cx. \end{cases}, \quad \text{где матрица } A \text{ имеет размерность:}$$

- а)  $l \times n$ ;
- б)  $n \times r$ ;
- в)  $n \times n$ .

17. Объект управления в пространстве состояния задан в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + B_g g + B_f f, \\ y = Cx. \end{cases}, \text{ где } B - \text{ это :}$$

- а) матрица входа управляющих воздействий размерности  $n \times m$ ;
- б) матрица выхода размерности  $l \times n$ ;
- в)  $g$ -мерный вектор возмущающих воздействий.

18. Объект управления в пространстве состояния задан в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + B_g g + B_f f, \\ y = Cx. \end{cases}, \text{ где } B_g - \text{ это :}$$

- а) матрица входа задающих воздействий размерности  $n \times k$ ;
- б)  $k$ -мерный вектор задающих воздействий;
- в) матрица выхода размерности  $l \times n$ .

19. Эталонная модель в пространстве состояний представлена в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \Gamma \xi, \\ \vartheta = H \xi, \end{cases} \xi(0) = \xi_0, \text{ где } \Gamma - \text{ это :}$$

- а) матрица, определяющая требуемые динамические свойства САУ, размерности  $n \times n$ ;
- б) матрица выхода эталонной модели;
- в) вектор выходных переменных эталонной модели.

20. Эталонная модель в пространстве состояний представлена в следующем виде

$$\begin{cases} \dot{\xi} = \Gamma \xi, \\ \vartheta = H \xi, \end{cases} \xi(0) = \xi_0, \text{ где матрица } H \text{ имеет размерность:}$$

- а)  $n \times n$ ;
- б)  $m \times n$ ;
- в)  $k \times n$ .

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности  
компетенции ОПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-  
1.2)**

**2 семестр**

**Уметь:** применять методы решения научно-исследовательских задач

1. Сформируйте в общем виде матрицу управляемости для объекта 4 порядка
2. Сформируйте в общем виде матрицу наблюдаемости для объекта 4 порядка.
3. Запишите в общем виде уравнение для нахождения матрицы, определяющей динамические свойства замкнутой системы (матрица  $F$ ).
4. Дан объект управления второго порядка с полной информацией, а также заданы требуемые динамические показатели качества: перерегулирование 0%, время переходного процесса 0,1 с. Определите требуемый полином.
5. Дан объект управления третьего порядка с полной информацией, а также заданы требуемые динамические показатели качества: перерегулирование 10%, время переходного процесса 0,02 с. Определите требуемый полином.
6. Дан объект управления четвертого порядка с полной информацией, а также заданы требуемые динамические показатели качества: перерегулирование 20%, время переходного процесса 0,01 с. Определите требуемый полином.
7. Объект управления описывается передаточной функцией  $W(s) = \frac{1}{s^2 + s}$ . Запишите матрицы  $A$ ,  $B$  и  $C$  для этого объекта.
8. Объект управления описывается передаточной функцией  $W(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 1}$ . Запишите матрицы  $A$ ,  $B$  и  $C$  для этого объекта.

9. Объект управления описывается передаточной функцией  $W(s) = \frac{1}{3s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$ .  
Запишите матрицы А, В и С для этого объекта.
10. Объект управления описывается передаточной функцией  $W(s) = \frac{2}{20s^2 + 9s + 1}$ .  
Запишите матрицы А, В и С для этого объекта.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-1.3)**

**2 семестр**

**Владеть:** навыками решения профессиональных задач современными методами

1. Сформируйте матрицу описания, определяющую требуемые динамические свойства (Г) эталонной модели 4-го порядка, если требуемые корни характеристического полинома вещественные и одинаковые, т. е.  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = \lambda_4 = 3$ .
2. Сформируйте матрицу описания, определяющую требуемые динамические свойства (Г) эталонной модели 3-го порядка, если коэффициенты требуемого характеристического полинома равны:  $a_0 = 1$ ,  $a_1 = 2$ ,  $a_3 = 3$ .
3. Сформируйте матрицу описания, определяющую требуемые динамические свойства (Г) эталонной модели 3-го порядка, если коэффициенты требуемого характеристического полинома равны:  $a_0 = 1$ ,  $a_1 = 4$ ,  $a_3 = 7$ ,  $a_4 = 8$ .
4. Запишите выходную матрицу (Н) описания эталонной модели 4-го порядка, если требуемые корни характеристического полинома являются вещественными и различными, т. е.  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 = 2$ ,  $\lambda_3 = 5$ ,  $\lambda_4 = 8$ .
5. Запишите выходную матрицу (Н) описания эталонной модели 5-го порядка, если требуемые корни характеристического полинома являются два комплексно-сопряженных, а остальные вещественные и различные, т. е.  $\lambda_1 = 5 + 3j$ ,  $\lambda_2 = 5 - 3j$ ,  $\lambda_3 = 1$ ,  $\lambda_4 = 4$ ,  $\lambda_5 = 9$ .
6. Сформируйте матрицы описания (Г, Н) эталонной модели 5-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома: 1 вещественный  $\lambda_1 = 2$ , 2 вещественных и одинаковых  $\lambda_2 = \lambda_3 = 6$ , 2 комплексно-сопряженных  $\lambda_4 = -1 - 9j$ ,  $\lambda_5 = -1 + 9j$ .
7. Задан требуемый характеристический полином вида:  $D(\lambda) = \lambda^2 + 120\lambda + 3600$ . Сформируйте матрицы описания (Г, Н) эталонной модели.
8. Задан требуемый характеристический полином вида:  $D(\lambda) = \lambda^3 + 595\lambda^2 + 1770\lambda + 2633$ . Сформируйте матрицы описания (Г, Н) эталонной модели.
9. Задан требуемый характеристический полином вида:  $D(\lambda) = \lambda^2 + 95\lambda + 2256,25$ . Сформируйте матрицы описания (Г, Н) эталонной модели.
10. Пусть на основе показателей качества определены следующие шесть требуемых корней:  $\lambda_1 = -10$ ;  $\lambda_2 = -15$ ;  $\lambda_3 = -10 - 5j$ ;  $\lambda_4 = -10 + 5j$ ;  $\lambda_5 = \lambda_6 = -20$ . Необходимо сформировать матрицы описания эталонной модели.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-5.1)**

**2 семестр**

**Знать:** методы анализа и синтеза приборов и систем

1. Опишите синтез управляющих воздействий методом модального управления.
2. В чем состоит отличие статического регулятора от астатического?
3. В чем суть модального управления?
4. Что такое пространство состояний?
5. Запишите в общем виде уравнение типа Сильвестра.

6. Сформируйте в общем виде уравнение матрицы линейных стационарных обратных связей на основе уравнения типа Сильвестра.
7. Запишите несколько условий, которые должны выполняться для единственного решения уравнения типа Сильвестра относительно матрицы М.
8. Модель задающего воздействия представлена в следующем виде:
 
$$\begin{cases} \dot{\xi}_g = \Gamma_g \xi_g \\ g = H_g \xi_g \end{cases}$$
 $\xi_g(0) = \xi_{g0}$ , где  $\Gamma_g$  – это :
  - а) матрица выхода модели задающего воздействия ;
  - б) матрица определяющая вид задающего воздействия;
  - в) матрица определяющая динамические свойства.
9. Опишите алгоритм нахождения требуемых характеристических полиномов.
10. Опишите процедуру вычисления матрицы линейных стационарных обратных связей на основе уравнения типа Сильвестра.
11. Запишите в общем виде уравнение модели ошибки для режима стабилизации.
12. Запишите в общем виде уравнение модели ошибки для режима слежения.
13. Модель ошибки в режиме стабилизации описывается следующим образом:
 
$$\begin{cases} \dot{e} = -x \\ \epsilon = Ce \end{cases}$$
 где  $e$  – это:
  - а) n-мерный вектор ошибок;
  - б) l-мерный вектор выходной переменной модели ошибок;
  - в) k-мерный вектор статической переменной модели ошибок.
14. Модель ошибки в режиме стабилизации описывается следующим образом:
 
$$\begin{cases} \dot{e} = -x \\ \epsilon = Ce \end{cases}$$
 где  $e$  – это:
  - а) n-мерный вектор ошибок;
  - б) l-мерный вектор выходной переменной модели ошибок;
  - в) k-мерный вектор статической переменной модели ошибок.
15. Модель ошибки в режиме слежения описывается следующим образом:
 
$$\begin{cases} \dot{e} = M_g \xi_g - x \\ \epsilon = Ce \end{cases}$$
 где  $M_g$  – это:
  - а) n-мерный вектор ошибок;
  - б) матрица согласования размерностей векторов состояния объекта управления и модели задающего воздействия;
  - в) k-мерный вектор статической переменной модели ошибок.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-5.3)**

**2 семестр**

**Уметь:** составлять структурные схемы и математические модели

1. Пусть объект управления описывается передаточной функцией  $W(s) = \frac{1}{s^2+s}$ . Составьте структурную схему с учетом статического регулятора.
2. Пусть объект управления описывается передаточной функцией  $W(s) = \frac{10}{s^2+2s+1}$ . Составьте структурную схему с учетом статического регулятора.
3. Пусть объект управления описывается передаточной функцией

$W(s) = \frac{1}{3s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$ . Составьте структурную схему с учетом статического регулятора.

4. Задан объект управления с передаточной функцией

$W(s) = \frac{2}{20s^2 + 9s + 1}$ . Составьте структурную схему с учетом статического регулятора.

5. Задан объект управления с передаточной функцией

$W(s) = \frac{30}{15s^2 + 3s + 1}$ . Составьте структурную схему с учетом статического регулятора.

6. Пусть объект управления описывается следующей передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{10}{2s^2 + 2s + 1}.$$

Этот объект должен функционировать в режиме слежения. Входное воздействие, которое необходимо обработать САУ, описывается следующей формулой:  $g(t) = 5\sin 5t$ .

Необходимо синтезировать алгоритм управления, обеспечивающий заданные показатели качества и нулевую установившуюся ошибку слежения.

7. Пусть объект управления является объектом с полной информацией и задан передаточной функцией:  $W(s) = \frac{2}{20s^2 + 9s + 1}$ .

Этот объект функционирует в режиме стабилизации. Изменение выходной переменной находится в диапазоне от минус двух до двух отн. ед.

Требуется синтезировать управляющее воздействие методом модального управления, которое обеспечивает в замкнутой системе требуемый характеристический полином:  $D(\lambda) = \lambda^2 + 8\lambda + 16$ .

8. Задан объект управления с передаточной функцией  $W(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 1}$ .

Этот объект должен функционировать в режиме слежения. Тогда входное воздействие, которое необходимо обработать САУ, описывается следующей формулой:  $g(t) = 2$ .

Корни требуемого характеристического полинома  $\lambda$  равны минус двум, т. е.  $\lambda = -2$ .

Необходимо синтезировать алгоритм управления, обеспечивающий заданные показатели качества и нулевую установившуюся ошибку слежения.

9. Пусть объект управления задан передаточной функцией  $W(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$ .

Этот объект функционирует в режиме слежения. Проведите синтез управляющего воздействия в замкнутой системе.

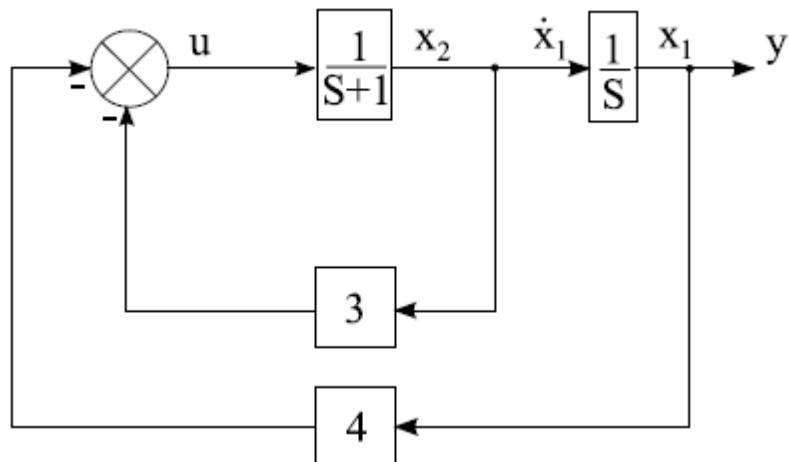
10. Пусть объект управления задан передаточной функцией

$W(s) = \frac{1}{3s^3 + 2s^2 + 2s + 1}$ . Этот объект функционирует в режиме стабилизации.

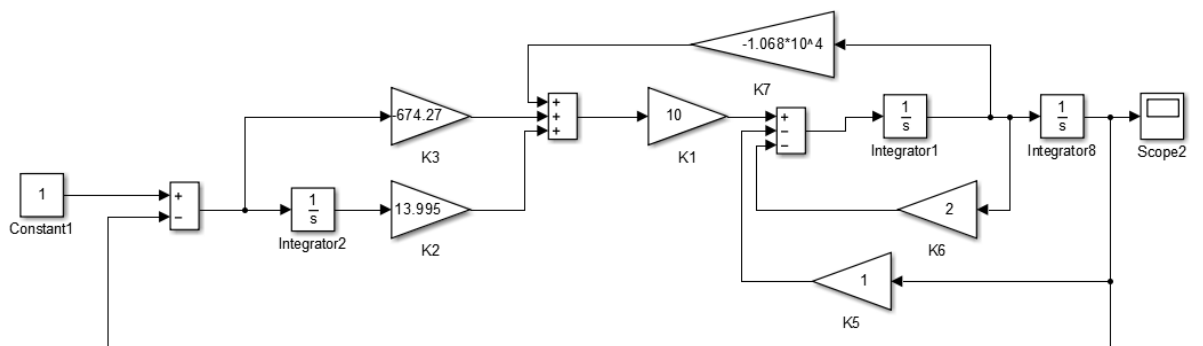
Проведите синтез управляющего воздействия в замкнутой системе.



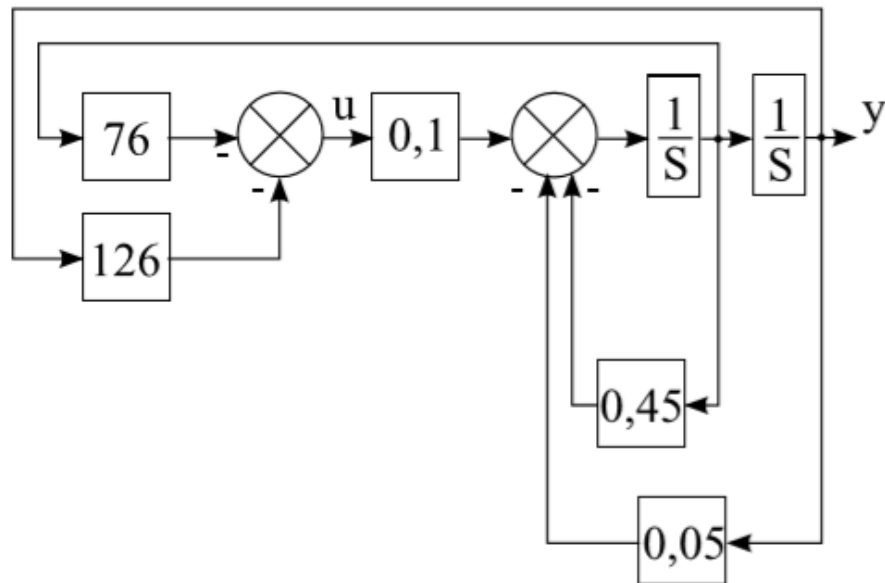
1. Промоделируйте представленную систему и оцените ее работоспособность.



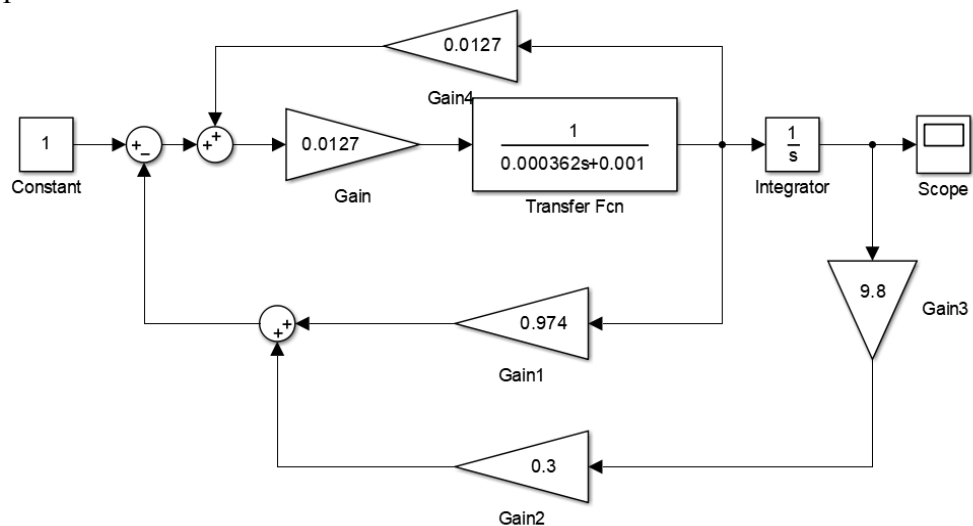
2. Промоделируйте представленную систему и оцените работоспособность системы.



3. Промоделируйте представленную систему и проведите оценку ее работоспособности.

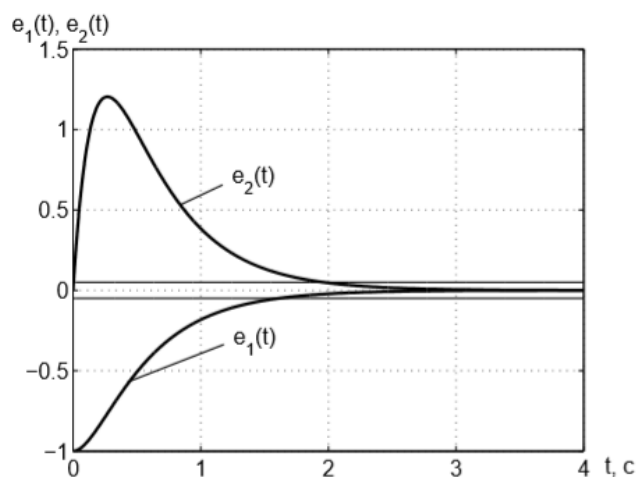


4. Промоделируйте представленную систему и проведите оценку ее работоспособности.



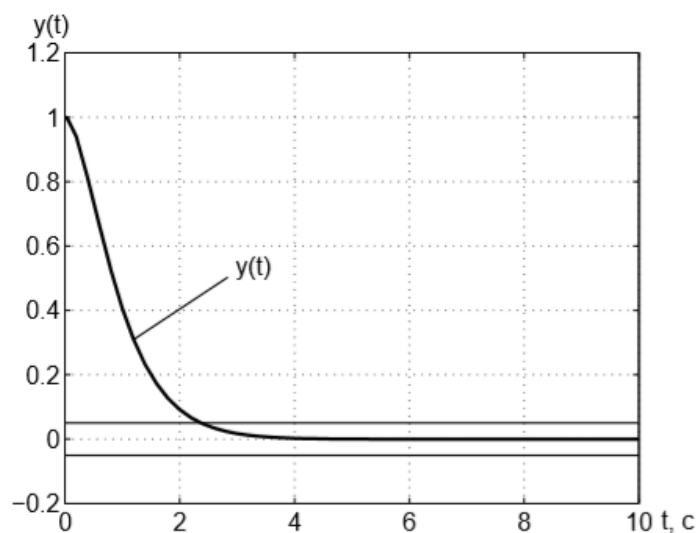
5. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Баттерворта для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,1 с.
6. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Грехема-Летропа для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,1 с.
7. Промоделируйте стандартные полиномы Баттерворта и Грехема-Летропа для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,2 с и оцените в чем их отличия.
8. Промоделируйте стандартные полиномы Баттерворта и Бесселя для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,2 с и укажите в чем их отличия.

9. Приведен график моделирования составляющих вектора ошибок



Оцените при каком начальном условии осуществлялось моделирование.

10. Приведен график моделирования системы



Оцените при каком начальном условии осуществлялось моделирование.

### 3. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) 2 семестр

Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-1.1)

1. Эталонная модель – это ...
2. Эталонная модель в пространстве состояний может быть представлена в следующем виде:

$$\text{а) } \begin{cases} \dot{\xi} = \Gamma \xi \\ v = H \xi \end{cases}, \quad \xi(0) = \xi_0, \quad \text{б) } \begin{cases} v = \Gamma \xi \\ \dot{\xi} = H \xi \end{cases}, \quad \xi(0) = \xi_0,$$

$$в) \begin{cases} \dot{\xi}(0) = \Gamma \xi \\ v = H \xi \end{cases}, \quad \dot{\xi} = \xi_0.$$

3. Вектор выходных переменных эталонной модели:

- а) совпадает по размерности с вектором управления ;
- б) совпадает по размерности с вектором состояния объекта управления;
- в) совпадает по размерности с вектором начального состояния эталонной модели.

4. Режим стабилизации – это режим функционирования САУ, при котором ...

5. Режим слежения – это режим функционирования САУ, при котором ...

6. Модель задающего воздействия может быть представлена в пространстве состояний в виде:

а)

$$\begin{cases} \dot{\xi}_g(0) = \Gamma_g \xi_g \\ \xi_g = H_g \xi_g \end{cases}, \quad g = \xi_{g0}$$

б)

$$\begin{cases} \dot{\xi}_g = \Gamma_g \xi_g \\ g = H_g \xi_g \end{cases}, \quad \xi_g(0) = \xi_{g0}$$

в)

$$\begin{cases} g = \Gamma_g \xi_g \\ \dot{\xi}_g(0) = H_g \xi_g \end{cases}, \quad \dot{\xi}_g = \xi_{g0}$$

7.  $\Gamma_f$  – матрица, определяющая вид возмущающего воздействия, обладающая размерностью:

а)  $q \times q$ ; б)  $k \times q$ ; в)  $\square \times \square$ ; г)  $n \times q$ .

8. Запишите модель ошибки для режима стабилизации.

9. Запишите модель ошибки для режима слежения.

10.  $Mg$  – матрица согласования размерностей векторов состояния объекта управления и модели задающего воздействия, обладающая размерностью:

а)  $q \times q$ ; б)  $k \times q$ ; в)  $\square \times \square$ ; г)  $n \times q$ .

### Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-1.2)

#### 2 семестр

**Уметь:** применять методы решения научно-исследовательских задач

1. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $\Gamma$ ) 3-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  вещественные и различные.
2. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $\Gamma$ ) 4-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  вещественные и различные.
3. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $\Gamma$ ) 5-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  вещественные и различные.
4. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $\Gamma$ ) 3-го порядка, если

- корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.
5. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $\Gamma$ ) 4-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.
  6. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $\Gamma$ ) 5-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.
  7. Сформируйте матрицы описания эталонной модели (матрицы  $\Gamma$ ,  $H$ ) 6-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\alpha+j\beta$ ,  $\lambda_2=\alpha-j\beta$ , где  $\alpha$  – вещественная часть полинома,  $\beta$  – мнимая часть требуемого корня характеристического полинома  $\lambda_3, \lambda_4, \dots, \lambda_n$  – остальные требуемые вещественные и различные корни.
  8. Сформируйте матрицы описания эталонной модели (матрицы  $\Gamma$ ,  $H$ ) 6-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\alpha+j\beta$ ,  $\lambda_2=\alpha-j\beta$ ,  $\lambda_3=\alpha+j\beta$  где  $\alpha$  – вещественная часть полинома,  $\beta$  – мнимая часть требуемого корня характеристического полинома  $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$  – остальные требуемые вещественные и различные корни.
  9. Сформируйте матрицы описания эталонной модели (матрицы  $\Gamma$ ,  $H$ ) 6-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\alpha+j\beta$ ,  $\lambda_2=\alpha-j\beta$ ,  $\lambda_3=\alpha-j\beta$  где  $\alpha$  – вещественная часть полинома,  $\beta$  – мнимая часть требуемого корня характеристического полинома  $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$  – остальные требуемые вещественные и различные корни.
  10. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 3-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  вещественные и различные.
  11. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 4-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  вещественные и различные.
  12. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 5-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  вещественные и различные.
  13. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 3-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.
  14. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 4-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.
  15. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 5-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.
  16. Сформируйте матрицу описания эталонной модели (матрицу  $H$ ) 6-го порядка, если корни требуемого характеристического полинома  $\lambda_1=\lambda_2=\dots=\lambda_n=\lambda$  вещественные и одинаковые.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-1.3)**

**2 семестр**

**Владеть:** навыками решения профессиональных задач современными методами

1. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{p^2+p}$

Запишите соответствующую ей структурную схему замкнутой системы.

2. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{p^2+p+1}$

Запишите соответствующую ей структурную схему замкнутой системы.

3. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{p^2+5p+1}$

Запишите соответствующую ей структурную схему замкнутой системы.

4. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{20p^2+9p+1}$

Запишите соответствующую ей структурную схему замкнутой системы.

5. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{10p^2+5p+1}$

Запишите соответствующую ей структурную схему замкнутой системы.

6. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{10p^2+9p+1}$

Запишите соответствующую ей структурную схему замкнутой системы.

7. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{2}{10p^2+5p+1}$

Запишите соответствующие ей матрицы описания в пространстве состояний.

8. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{20p^2+9p+1}$

Запишите соответствующие ей матрицы описания в пространстве состояний.

9. Дана передаточная функция  $W(p) = \frac{1}{10p^2+5p+1}$

Запишите соответствующие ей матрицы описания в пространстве состояний.

10. Перечислите последовательность этапов решения задачи определения матрицы линейных стационарных обратных связей на основе уравнений типа Сильвестра.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-5.1)**

**2 семестр**

**Знать:** методы анализа и синтеза приборов и систем

1. В какие два этапа решается задача синтеза регуляторов с прямыми связями?
2. Какие существуют способы повышения точностных показателей качества проектируемой системы управления?
3. Астатический регулятор (пропорциональноинтегральный регулятор или ПИ-регулятор, или изодромный регулятор) — это регулятор, который в общем

$$u = K_I + K \int_0^{\infty} \epsilon dt,$$

случае имеет следующий вид:

- а)
- б)
- в)
- г)

$$u = K e + K_I \int_{-\infty}^{\infty} \epsilon dt .$$

$$u = K_I + K e \int_{-\infty}^{\infty} \epsilon dt ,$$

4. Суть метода встроенной модели состоит в том, что ...
5. Задача синтеза регулятора с прямыми связями состоит в нахождении такого управляющего воздействия, которое ...
6. Решение задачи нахождения управляющего воздействия с прямыми связями состоит в выборе управляющего воздействия в виде:
- а)

$$u = K e + L_g \xi_g,$$

$$u = K_g + L_e \xi_g,$$

- б)
- в)

7. Если задающее воздействие поступает в канал системы, в котором отсутствует

$$u = K_g + L_e \xi_e .$$

управляющее воздействие, то регулятор с прямыми связями ...

3. 8. Заполните пропуск (...):  
Расширенный объект обладает ... при выполнении следующих условий:
  - объект управления обладает свойством полной управляемости;
  - встроенная модель внешнего воздействия обладает свойством полной наблюдаемости;
  - объект управления обладает свойством полной наблюдаемости.
9. Метод встроенной модели позволяет обеспечить ...

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-5.2)**

## 2 семестр

**Уметь:** составлять структурные схемы и математические модели

1. Пусть объект управления описывается передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + s}.$$

Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора.

2. Пусть объект управления описывается передаточной функцией

$$W(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 1}.$$

Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора.

3. Пусть объект управления описывается передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}.$$

Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора.

4. Пусть объект управления описывается передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 5s + 1}.$$

Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора.

5. Пусть объект управления описывается передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{s^3 + s^2 + 5s + 1}.$$

Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора.

6. Пусть объект управления задан передаточной функцией

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 5s + 1}.$$

Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора и запишите матрицы управляемости и наблюдаемости для этого объекта.

7. Задан объект управления с передаточной функцией:  $W(s) = \frac{1}{s^2 + s}$

Исходя из цели функционирования, определен режим работы замкнутой системы. Этим режимом работы является режим стабилизации.

Эталонная модель описывается требуемым характеристическим полиномом:  $D(\lambda) = \lambda^2 + 4\lambda + 4$ .

Необходимо найти коэффициенты матрицы линейных стационарных обратных связей.

8. Задан объект управления с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{2}{20s^2 + 9s + 1}.$$

Этот объект функционирует в режиме стабилизации. Изменение выходной переменной находится в диапазоне от минус двух до двух отн. ед.

Требуется синтезировать управляющее воздействие методом модального управления, которое обеспечивает в замкнутой системе требуемый характеристический полином:

$$D(\lambda) = \lambda^2 + 8\lambda + 16.$$

9. Пусть объект управления задан передаточной функцией

$$W(s) = \frac{10}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1}.$$

Этот объект функционирует в режиме слежения. Проведите синтез управляющего воздействия в замкнутой системе методом модального управления.

10. Пусть объект управления задан передаточной функцией

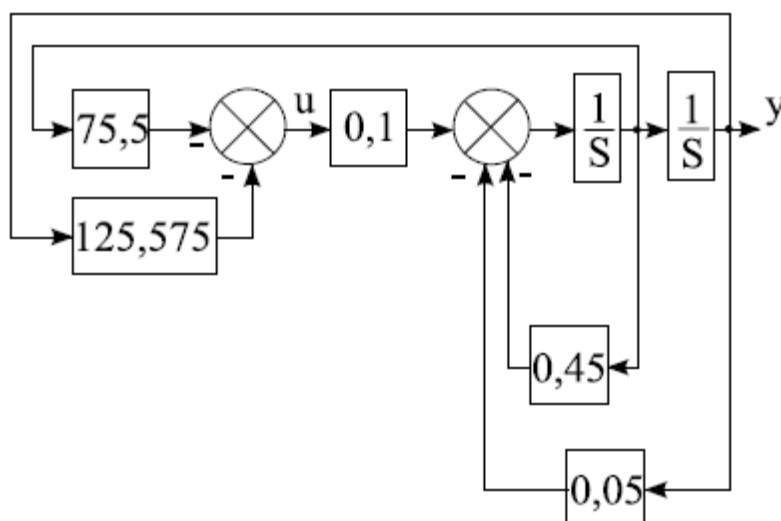


$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}.$$

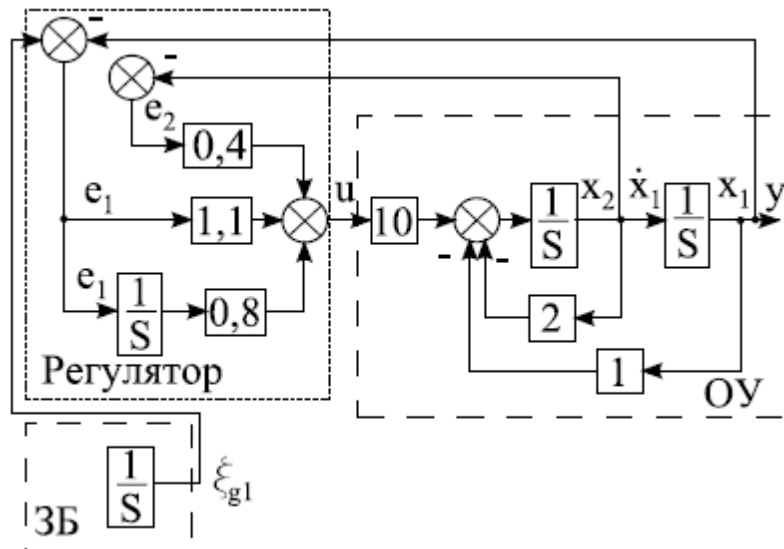
Этот объект функционирует в режиме стабилизации. Составьте структурную схему с учетом астатического регулятора. Проведите синтез управляющего воздействия в замкнутой системе методом модального управления.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ОПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ОПК-5.3)**  
**2 семестр**

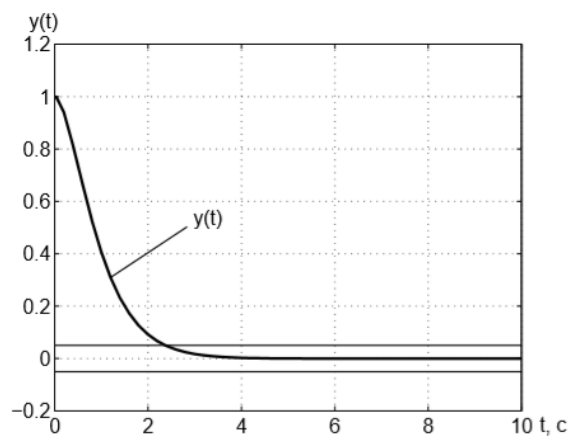
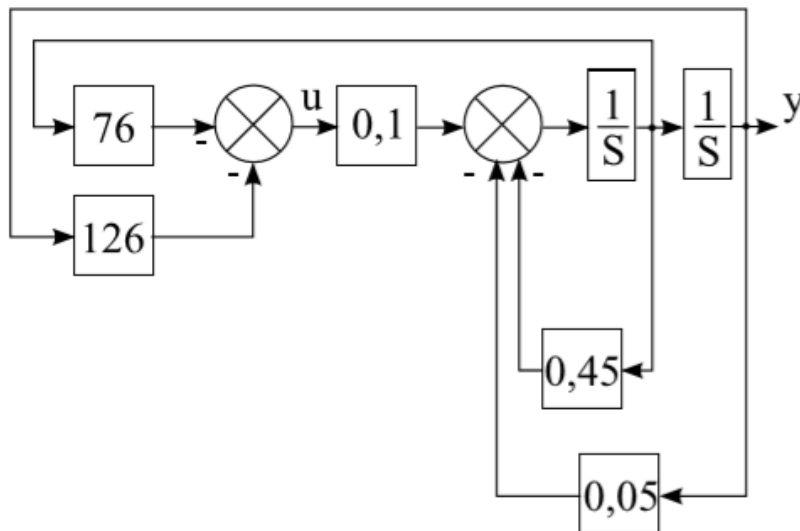
1. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Бесселя для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,1 с.
2. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Баттерворта для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,2 с.
3. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Грехема-Летропа для объекта 3 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,3 с.
4. Промоделируйте стандартные полиномы Ньютона и Баттерворта для объекта 4 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,2 с и укажите отличия данных полиномов.
5. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Грехема-Летропа для объекта 4 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,1 с.
6. Сравните стандартные полиномы Ньютона и Бесселя для объекта 4 порядка при настройке на желаемое время переходного процесса 0,2 с.
7. Промоделируйте представленную систему и проведите ее оценку



8. Промоделируйте представленную систему и проведите ее оценку



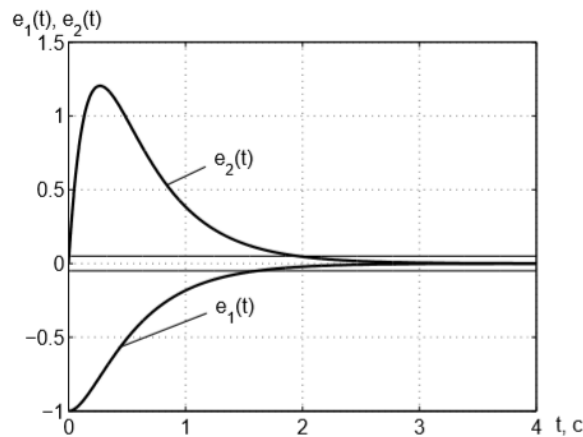
9. Промоделируйте представленную систему и проведите ее оценку.



10. Приведен график моделирования системы

Найдите установившееся значения выходной величины.

11. Приведен график моделирования составляющих вектора ошибок



Найдите установившиеся значения выходной величины.

1. Запишите систему уравнений в пространстве состояния устройства оценки полной размерности.

ОТВЕТ: 
$$\begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + L(y - \hat{y}) + Bu \\ \hat{y} = C\hat{x} \end{cases}$$

2. Устройство оценки это - ...

ОТВЕТ

динамическая система, которая по текущей информации об измеряемых переменных и управляющих воздействиях вырабатывает оценки переменных вектора состояния объекта управления.

3. Вектор-функция, которая с течением времени стремится к оцениваемому вектору состояния объекта управления – это...

ОТВЕТ: вектор оценки

4. В чем отличие наблюдателя Калмана от наблюдателя полного порядка:

- а) отличий нет;
- б) отличия в размерности вектора состояния;
- в) отличия в методике формирования вектора оценки.

ОТВЕТ: А

5. Запишите формулу вектора оценки

ОТВЕТ:  $\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - \hat{x}(t)) = 0$  или  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - \hat{x}(t)\| = 0$

6. При каком условии задача синтеза устройства оценки полной размерности разрешима?

ОТВЕТ

объект управления обладает свойством полной наблюдаемости.

7. Устройство оценки пониженной размерности называют...

ОТВЕТ

наблюдатель Луенбергера или наблюдатель пониженного порядка

8. Динамический регулятор - ...

ОТВЕТ

совокупность устройства оценки полной размерности и управляющего устройства, которые формируют управляющие воздействия в виде линейной функции вектора оценки.

9. Устройство оценки полной размерности называют...

ОТВЕТ (наблюдатель Калмана или наблюдатель полного порядка)

10. В чем состоит свойство разделения для замкнутой системы с динамическим регулятором и устройством оценки полной размерности?

ОТВЕТ

1. Первые  $n$  требуемых корней характеристического полинома замкнутой системы обеспечиваются за счёт выбора матрицы линейных стационарных обратных связей  $K$ .

2. Оставшиеся  $n$  требуемых корней характеристического полинома замкнутой системы можно обеспечить выбором матрицы входов устройства оценки полной размерности  $L$ .

1. Составьте транспонированную матрицу входов устройства оценки полной размерности на основании имеющейся матрицы

$$M_n^{-1} = \begin{vmatrix} -225625 & 0 \\ -950 & -225625 \end{vmatrix}$$

ОТВЕТ  $\begin{vmatrix} 950 & 225625 \end{vmatrix}$

2. Для объекта, заданного передаточной функцией

$$W(s) = \frac{100}{s^2}$$

Время переходного процесса 0,5 с. перерегулирование 25%. Время переходного процесса наблюдателя 0,01 с. перерегулирование наблюдателя 0%.

Найдите матрицу линейных стационарных обратных связей и матрицу входов устройства оценки полной размерности.

ОТВЕТ:  $K = \begin{vmatrix} 1 & 0.14 \end{vmatrix}$ ;  $L = \begin{vmatrix} 950 \\ 225625 \end{vmatrix}$

3. Требуемый характеристический полином имеет вид:

$$D^*(\lambda) = \lambda^2 + 10.14\lambda + 40.15$$

На основе требуемого характеристического полинома требуется сформировать матрицы эталонной модели в наблюдаемой канонической форме.

ОТВЕТ ( $\Gamma = \begin{vmatrix} 0 & -40.15 \\ 1 & -10.14 \end{vmatrix}$ ,  $H = \begin{vmatrix} 0 & 1 \end{vmatrix}$ )

4. Требуемый характеристический полином имеет вид:

$$D^*(\lambda) = \lambda^2 + 8.12\lambda + 33.64$$

На основе требуемого характеристического полинома требуется сформировать матрицы эталонной модели в наблюдаемой канонической форме.

Требуется найти матрицу линейных стационарных обратных связей.

ОТВЕТ:

$$\Gamma = \begin{vmatrix} 0 & -33.64 \\ 1 & -8.12 \end{vmatrix}, H = \begin{vmatrix} 0 & 1 \end{vmatrix}$$

$$K = \begin{vmatrix} 0.3364 & 0.0812 \end{vmatrix}$$

$$6. W_H(s) = \frac{1}{\lambda^2 + 2\lambda + 1};$$

$$t_n^* = 4.75c$$

$$\omega_o = \frac{4.75}{0.01} = 475$$

Необходимо сформировать требуемый характеристический полином  $D_n^*(\lambda)$ , сформировать матрицы эталонной модели в наблюдаемой канонической форме на основе характеристического полинома. Требуется вычислить матрицу входов устройства оценки полной размерности.

ОТВЕТ

$$D_n^*(\lambda) = \lambda^2 + 950\lambda + 225625$$

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & -225625 \\ 1 & -950 \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$L = \begin{bmatrix} 950 \\ 225625 \end{bmatrix}$$

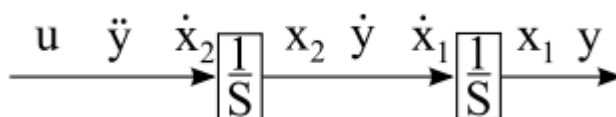
7. Объект управления

$$W(s) = \frac{1}{s^2}$$

корни характеристического полинома:

$$\lambda_1^* = \lambda_2^* = -1$$

$$\lambda_{n1}^* = -10$$



Структурная схема объекта управления

Необходимо найти матрицы описания устройства оценки пониженной размерности  $F_n$  и матрицы  $D$ ,  $E$ ,  $M_n B$ .

ОТВЕТ:

$$F_n = -10$$

$$M_n B = -0.01$$

$$\begin{bmatrix} D & E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 21 & -200 \end{bmatrix}$$

8. Составьте транспонированную матрицу входов устройства оценки полной размерности на основании имеющейся матрицы

$$M_n^{-1} = \begin{bmatrix} -384400 & 0 \\ -1240 & -384400 \end{bmatrix}$$

ОТВЕТ:

$$\begin{bmatrix} 1240 & 384400 \end{bmatrix}$$

9. Матрицы эталонной модели в наблюдаемой канонической форме имеют вид:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} 0 & -24.12 \\ 1 & -6.24 \end{bmatrix}, \quad H = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Каков будет характеристический полином?

ОТВЕТ

$$D^*(\lambda) = \lambda^2 + 6.24\lambda + 24.12$$

10. Какой системой описывается динамический регулятор устройства оценки полной размерности в пространстве состояния?

$$\text{ОТВЕТ } \begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + L(y - C\hat{x}) + Bu, & \hat{x}(0) = 0 \\ u = -K\hat{x} \end{cases}$$

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-1 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-1.3) 3 семестр**

1. Для заданного объекта управления, представленного в виде передаточной функции и заданной матрицы

$$W(s) = \frac{100}{s^2}$$

$$K = -|0 \quad 1| \begin{vmatrix} 0 & -0.3364 \\ -0.3364 & -0.0812 \end{vmatrix} = |0.3364 \quad 0.0812|$$

найдите характеристический полином замкнутой системы

ОТВЕТ:  $D^*(\lambda) = \lambda^2 + 8.12\lambda + 33.64$

2. Задан требуемый характеристический полином вида:

$$D_n^*(\lambda) = \lambda^2 + 950\lambda + 225625$$

Сформируйте матрицы эталонной модели в наблюдаемой канонической форме.

ОТВЕТ:  $\Gamma = \begin{vmatrix} 0 & -225625 \\ 1 & -950 \end{vmatrix}$ ,  $H = |0 \quad 1|$

3. Запишите формулу вектора оценки

ОТВЕТ

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (x(t) - \hat{x}(t)) = 0 \quad \text{или} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \|x(t) - \hat{x}(t)\| = 0$$

4. Матрица управляемости имеет вид:

ОТВЕТ

$$Q = \begin{vmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \\ \dots \\ CA^{n-1} \end{vmatrix}$$

5. В чем заключается задача синтеза устройства оценки полной размерности?

ОТВЕТ

Задача синтеза устройства оценки полной размерности заключается в нахождении матрицы входов  $L$ , которая обеспечивает собственные числа  $F_n$  с отрицательными вещественными частями.

6. Составьте матрицу входов устройства оценки полной размерности на основании имеющейся матрицы

$$M_n^{-1} = \begin{vmatrix} -102400 & 0 \\ -640 & -102400 \end{vmatrix}$$

ОТВЕТ

$$\begin{vmatrix} 640 \\ 102400 \end{vmatrix}$$

7. Пусть задан объект управления с неполной информацией, представленный следующей передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{150}{s^2}$$

Время переходного процесса равняется 0,5 с, перерегулирование 25%, время переходного процесса наблюдателя 0,01 с, перерегулирование наблюдателя 0%.

Требуется найти матрицу линейных стационарных обратных связей  $K$  и матрицу входов устройства оценки полной размерности  $L$ .

ОТВЕТ:  $K = |1.5 \quad 0.1|$ ;  $L = \begin{vmatrix} 1050 \\ 275625 \end{vmatrix}$

8. Каким уравнением описывается устройство оценки пониженной размерности в пространстве состояния

1.  $\dot{\hat{z}} = F_H \hat{z} + G y + M_H B u$  3.  $\dot{\hat{z}} = F_H \hat{z} + M_H B u$

2.  $\dot{\hat{z}} = F_H \hat{z} - G y - M_H B u$  4.  $\dot{\hat{z}} = F_H \hat{z} - G y + M_H B u$

ОТВЕТ: 1

9. В чем заключается задача синтеза устройства оценки пониженной размерности?

ОТВЕТ

Задача синтеза устройства оценки пониженной размерности заключается в нахождении устойчивой матрицы  $F_H$  на основе заданных показателей качества и определении матриц  $G$ ,  $M_H$ ,  $N$ .

10. Какой системой уравнений в пространстве состояний описывается устройство оценки полной размерности?

ОТВЕТ 
$$\begin{cases} \dot{\hat{x}} = A \hat{x} + L(y - \hat{y}) + B u \\ \hat{y} = C \hat{x} \end{cases}$$

1. Сформулируйте последовательность синтеза динамического регулятора с устройством оценки полной размерности.

ОТВЕТ

1.1 По требуемым показателям качества назначается  $n$  требуемых корней или коэффициентов требуемого характеристического полинома.

1.2 Для первой подсистемы, описание которой определяется матрицей  $F$ , назначаются матрицы эталонной модели  $\Gamma$  и  $H$ .

1.3 Решение задачи нахождения управляющих воздействий методом модального управления состоит в решении матричного уравнения типа Сильвестра.

1.4 Для второй подсистемы, описание которой определяется матрицей  $F_H$ , формируются матрицы эталонной модели  $\Gamma_H$  и  $N_H$ , предназначенные для синтеза устройства оценки полной размерности.

1.5 Учитывая принцип дуальности для управляемости и наблюдаемости, задача нахождения матрицы входов устройства оценки полной размерности сводится к решению матричного уравнения типа Сильвестра относительно матрицы  $M_H$ .

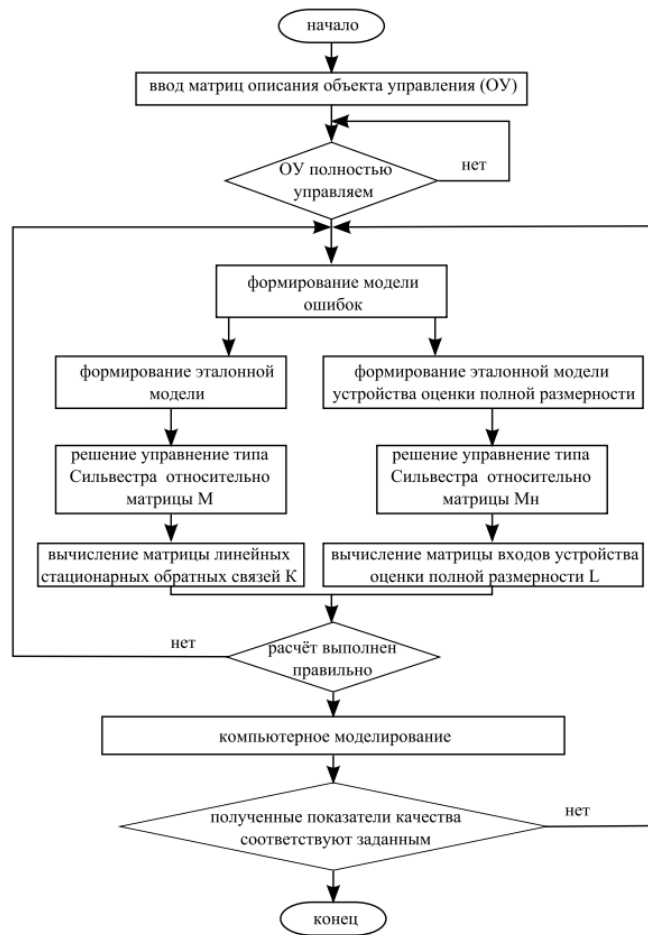
1.6 Проведение проверочного расчета.

1.7 Для проверки работоспособности осуществляется компьютерное моделирование.

В результате выполнения приведённых выше шагов, определяются матрица линейных стационарных обратных связей и матрица входов устройства оценки полной размерности.

2. Запишите алгоритм определения управляющих воздействий с устройством оценки полной размерности.

ОТВЕТ



3. Сформулируйте последовательность синтеза матрицы линейных стационарных обратных связей на основе метода модального управления.

ОТВЕТ:

3.1 Из требуемых показателей качества назначается  $n$  требуемых корней  $\lambda_1^*, \lambda_2^*, \dots, \lambda_n^*$  или коэффициентов характеристического полинома  $a_0^*, a_1^*, \dots, a_{n-1}^*$ .

3.2 Формирование матриц эталонной модели, то есть назначение матрицы  $\Gamma$  по требуемым корням или коэффициентам характеристического полинома и матрицы  $H$  из условия полной наблюдаемости эталонной модели.

3.3 Решение матричного уравнения типа Сильвестра

$$M\Gamma - AM = BH$$

относительно матрицы  $M$  с последующим вычислением матрицы линейных стационарных обратных связей  $K$ , то есть

$$K = -HM^{-1}.$$

4 Сформулируйте последовательность синтеза устройства оценки пониженной размерности и вычисление матриц, определяющих управляющие воздействия

ОТВЕТ

4.1 Из требуемых показателей качества назначения  $(n-l)$  требуемых корней или коэффициентов характеристического полинома, то есть нахождения  $\lambda_{n1}^*, \lambda_{n2}^*, \dots, \lambda_{n(n-l)}^*$  или  $a_{n0}^*, a_{n1}^*, \dots, a_{n(n-l-1)}^*$ .

4.2 По требуемым корням или коэффициентам характеристического полинома формируется матрица описания устройства оценки пониженной размерности.

4.3 Из условия полной управляемости устройства оценки пониженной размерности назначается матрица входов устройства пониженной размерности.



4.4 Решение матричного уравнения типа Сильвестра вида

$$GC = M_n A - F_n M_n$$

4.5 Вычисление произведения  $M_n B$  и вычисления матриц  $D$  и  $E$  из условия выполнения матричного соотношения.

5. В чем состоит свойство разделения замкнутой системы с динамическим регулятором и устройством оценки полной размерности?

ОТВЕТ

1) Первые  $n$  требуемых корней характеристического полинома замкнутой системы обеспечиваются за счёт выбора матрицы линейных стационарных обратных связей  $K$ .

2) Оставшиеся  $n$  требуемых корней характеристического полинома замкнутой системы можно обеспечить выбором матрицы входов устройства оценки полной размерности  $L$ .

6. В чем заключается задача синтеза динамического регулятора с устройством оценки полной размерности?

ОТВЕТ

Заключается в нахождении матрицы линейных стационарных обратных связей  $K$  с последующим определением матрицы входов устройства оценки полной размерности  $L$ .

7. По какой причине в большинстве практических случаев использование динамического регулятора затруднительно?

ОТВЕТ

Это обусловлено тем фактом, что переменные состояния устройства оценки могут принимать достаточно большие значения. Это вызвано тем, что получение переменных состояния устройства оценки основано на численных методах интегрирования и дифференцирования. А как известно, численное дифференцирование приводит к значительно большим вычислительным ошибкам, чем численное интегрирование. Поэтому использование динамического регулятора приводит к увеличению вычислительной загрузки и размера используемой памяти управляющего устройства.

8. При выполнении каких условий составная матрица  $N$  имеет обратную матрицу:

а) объект управления обладает свойством полной наблюдаемости;

б) устройство оценки обладает свойством полной управляемости;

в) собственные числа матриц  $A$ ,  $F_n$  не совпадают;

г) все варианты ответа верны

ОТВЕТ: г

9. Запишите систему уравнений динамического регулятора в пространстве состояния

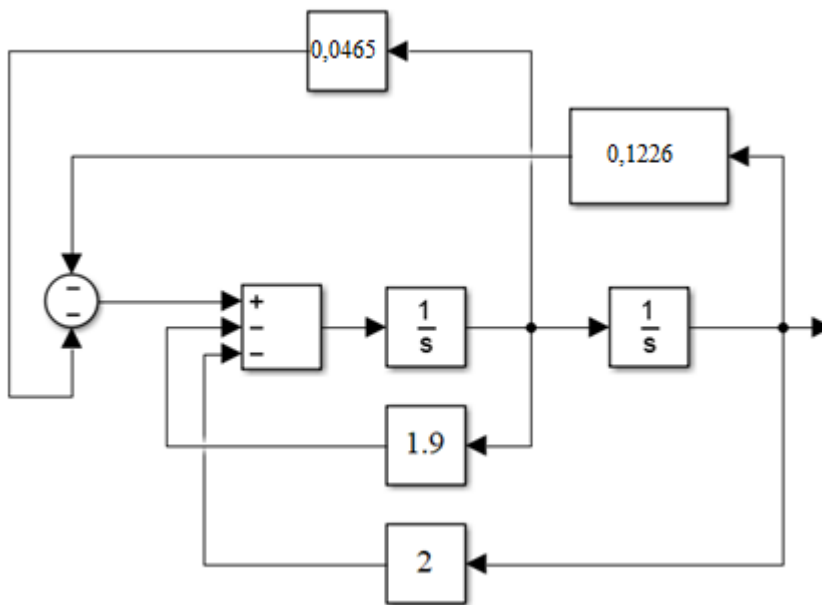
10. Запишите уравнение устройства оценки пониженной размерности в пространстве состояния

ОТВЕТ:  $\dot{\hat{z}} = F_n \hat{z} + G u + M_n B u$

1. Составьте структурную схему замкнутой системы с динамическим регулятором.

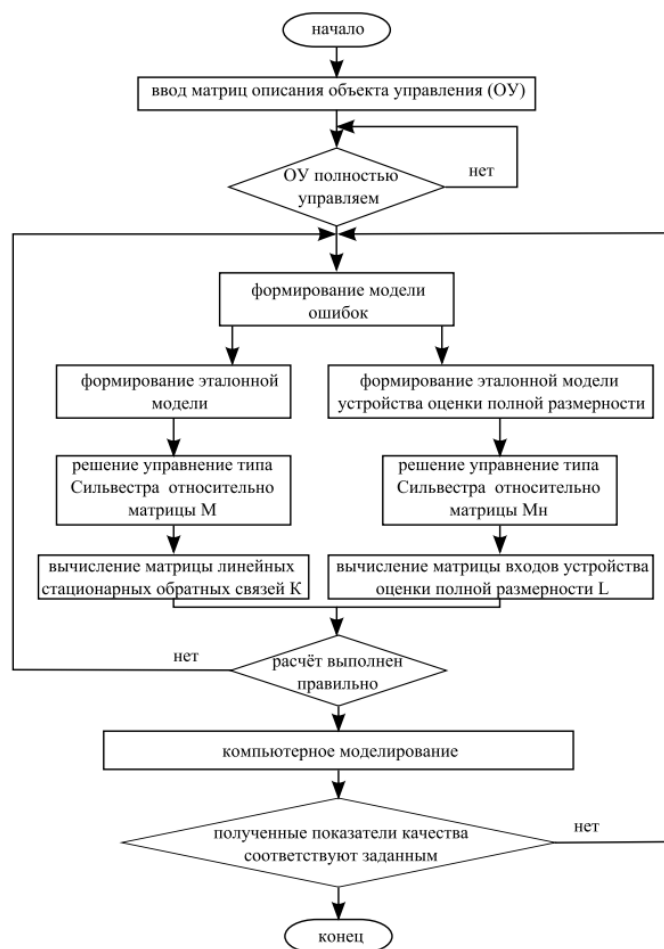
$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 1.4s + 1}$$

$K = [0.1226 \ 0.0465]$



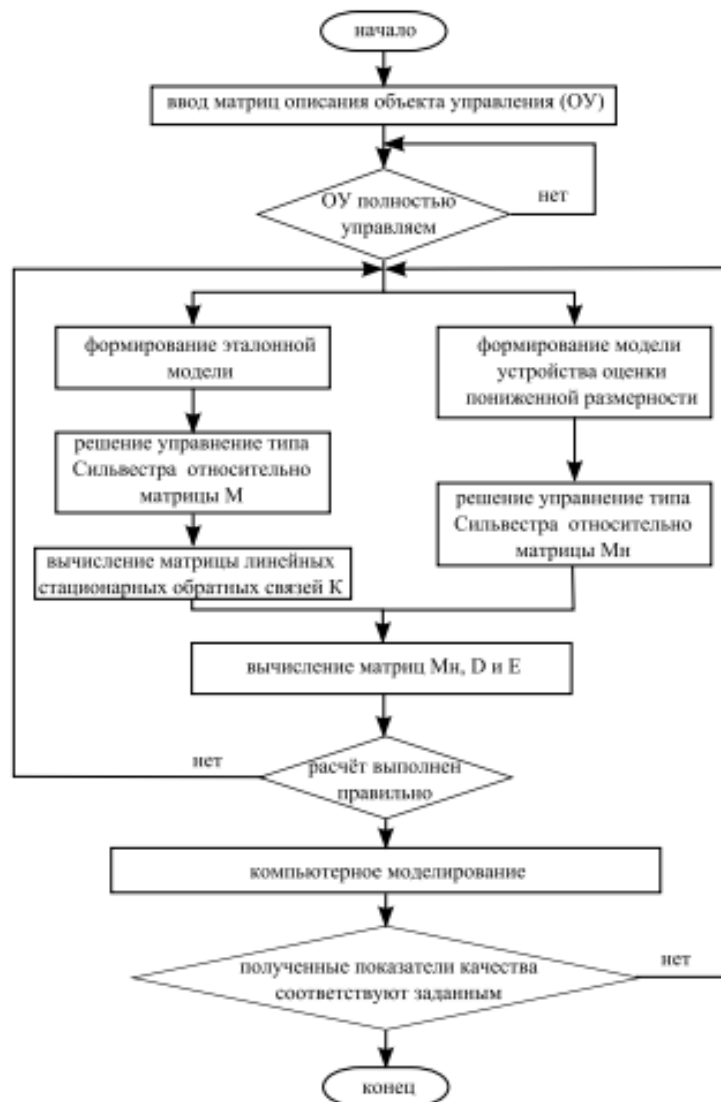
2. Изобразите алгоритм определения управляющих воздействий с устройством оценки полной размерности.

ОТВЕТ



3. Изобразите алгоритм определения управляющих воздействий с устройством оценки пониженной размерности

ОТВЕТ

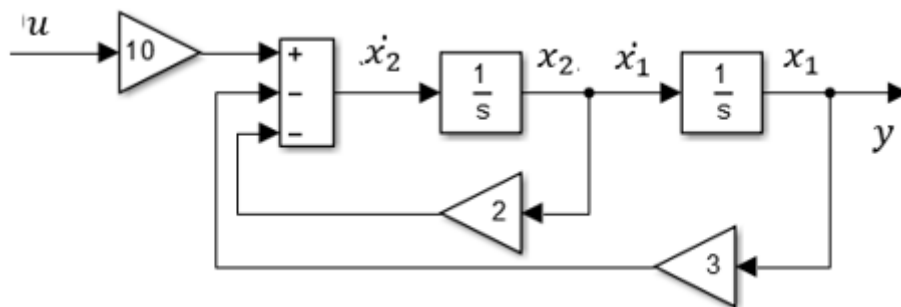


4. Задан объект управления с неполной информацией в виде передаточной функции

$$W(s) = \frac{10}{s^2 + 2s + 3}$$

На основе передаточной функции объекта управления необходимо составить структурную схему объекта управления.

ОТВЕТ

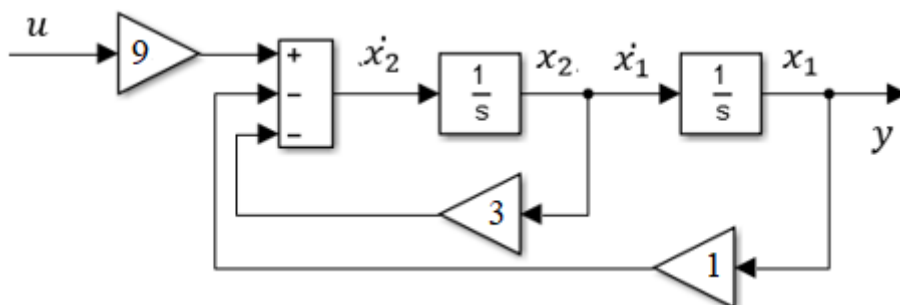


5. Задан объект управления с неполной информацией в виде передаточной функции

$$W(s) = \frac{9}{s^2 + 3s + 1}$$

На основе передаточной функции объекта управления необходимо составить структурную схему объекта управления

ОТВЕТ

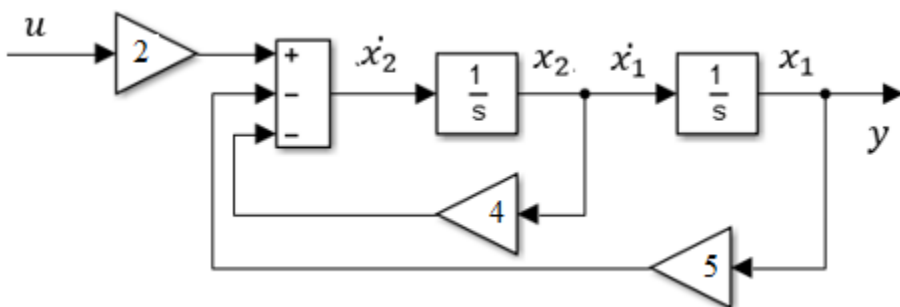


6. Пусть задан объект управления с неполной информацией, представленный следующей передаточной функцией

$$W(s) = \frac{2}{s^2 + 4s + 5}$$

На основе передаточной функции объекта управления необходимо составить структурную схему объекта управления

ОТВЕТ

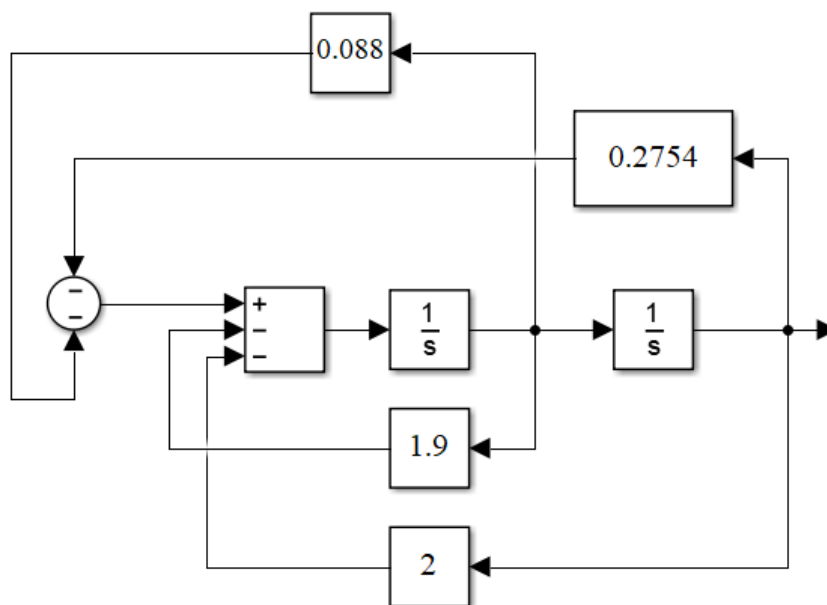


7. Составьте структурную схему замкнутой системы с динамическим регулятором.

$$W(s) = \frac{1}{s^2 + 1.9s + 2}$$

$$K = |0.2754 \ 0.0887|$$

ОТВЕТ



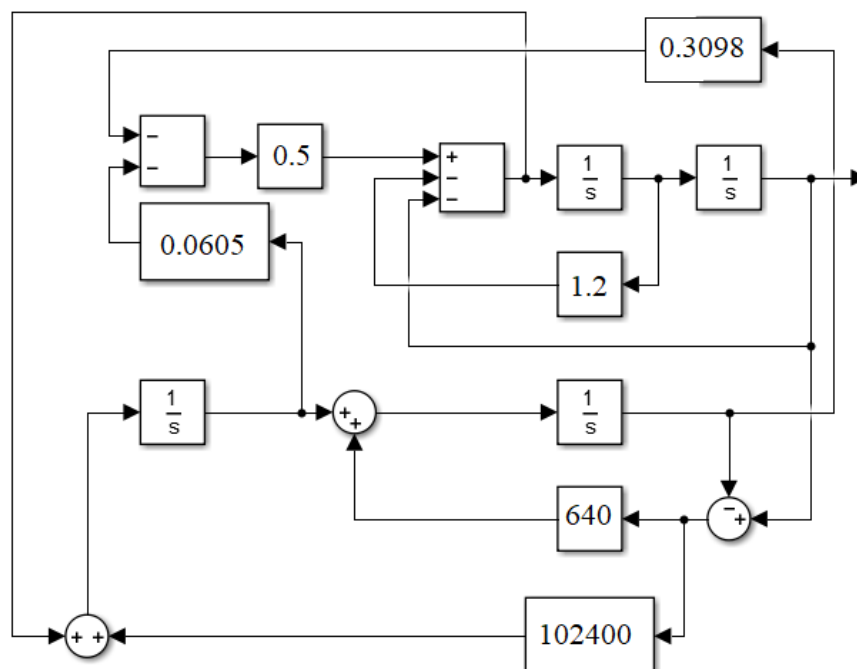
8. Составьте схему системы с динамическим регулятором и устройством оценки полной размерности

$$W(s) = \frac{0.5}{s^2 + 1.2s + 1}$$

$$K = [0.3098 \ 0.0605]$$

$$L = \begin{bmatrix} 640 \\ 102400 \end{bmatrix}$$

ОТВЕТ



9. Составьте схему системы с динамическим регулятором и устройством оценки пониженной размерности

$$W(s) = \frac{0.5}{s^2 + 1.4s + 1}$$

$$|D \ E| = [34 \ -140]$$

$$M_H B = -0.02$$

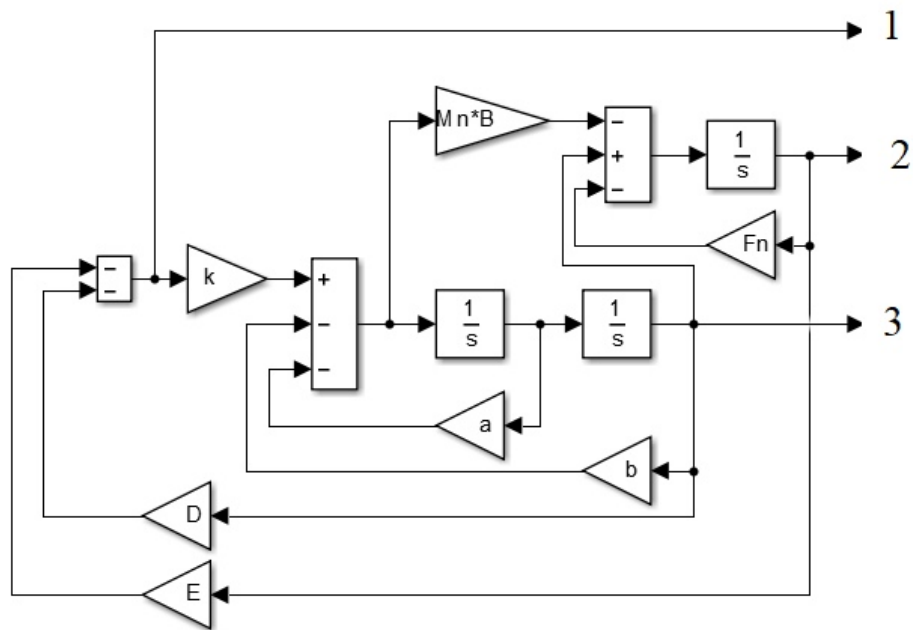
$$F_H = -10$$

The block diagram shows a control system with the following components and connections:

- Summing Junction:** A circle with a minus sign (-) where the reference signal and three feedback signals are combined.
- Controller:** A block labeled  $0.5$  that receives the output of the summing junction.
- Plant:** A block labeled  $-0.02$  that receives the output of the controller.
- Feedback Path 1:** A branch from the output of the plant that goes through a block labeled  $-10$  and a block labeled  $\frac{1}{s}$  before entering the summing junction.
- Feedback Path 2:** A branch from the output of the plant that goes through a block labeled  $1.4$  and a block labeled  $\frac{1}{s}$  before entering the summing junction.
- Feedback Path 3:** A branch from the output of the plant that goes through a block labeled  $34$  and a block labeled  $\frac{1}{s}$  before entering the summing junction.
- Output:** The output of the system is the signal after the third feedback branch, which also passes through a block labeled  $\frac{1}{s}$  before being fed back to the summing junction.

Динамический регулятор

3. Дана имитационная схема системы с динамическим регулятором и устройством оценки пониженной размерности.



Укажите какой из сигналов соответствует сигналу входного воздействия

- а) 1
- б) 2
- в) 3

ОТВЕТ: а

4. Укажите какой из сигналов соответствует сигналу выходной переменной

- а) 1
- б) 2
- в) 3

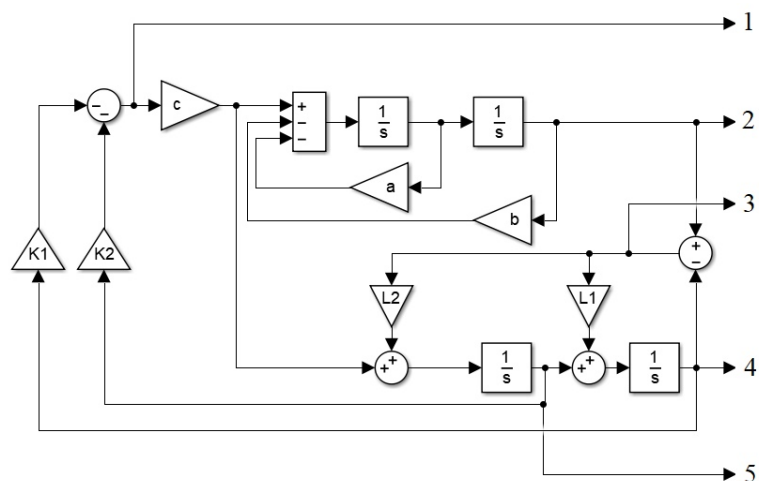
ОТВЕТ: б

5. Укажите какой из сигналов соответствует сигналу переменной устройства оценки пониженной размерности

- а) 1
- б) 2
- в) 3

ОТВЕТ: в

6. Дана имитационная схема системы с динамическим регулятором и устройством оценки полной размерности.



Укажите какой из сигналов соответствует сигналу невязки

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4
- д) 5

ОТВЕТ: а

7. Укажите какой из сигналов соответствует сигналу входного воздействия

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4
- д) 5

ОТВЕТ: б

8. Укажите какой из сигналов соответствует сигналу первой составляющей вектора состояния устройства оценки полной размерности

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4
- д) 5

ОТВЕТ: в

9. Укажите какой из сигналов соответствует сигналу второй составляющей вектора состояния устройства оценки полной размерности

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4
- д) 5

ОТВЕТ: г

10. Укажите какой из сигналов соответствует сигналу выходной переменной объекта управления

- а) 1
- б) 2
- в) 3
- г) 4
- д) 5

ОТВЕТ: д