

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Чайковский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

Кафедра Автоматизации, информационных и инженерных технологий

МП 12.8-2024

Методические предписания
по выполнению курсовой работы
по дисциплине «Теория автоматического управления»
(по вариантам).

Для направления подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
всех форм обучения.

Чайковский, 2024

Методические предписания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория автоматического управления» / Сост. М.А. Шергина. – Чайковский: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2024. –38с.

Методические предписания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Теория автоматического управления» предназначены для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения, для студентов направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, и содержат варианты заданий курсовой работы и рекомендации по ее выполнению.

Методические предписания по выполнению курсовой работы призваны оказать методическую помощь студентам в освоении дисциплины.

Методические предписания включают в себя краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, задания для курсовой работы студентов и инструкцию по ее выполнению.

Рецензент: канд., техн. наук, доц. кафедры АИИТ Ковязин В.А.

Методические предписания для студентов по выполнению курсовой работы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры автоматизации, информационных и инженерных технологий ЧФ ПНИПУ «15» апреля 2024 г., протокол № 30.

Методические предписания для студентов по выполнению курсовой работы рекомендованы методической комиссией ЧФ ПНИПУ для использования в учебном процессе (протокол № 8 от 25.04.2024 г.)

Содержание:

Введение.....	4
1. Расчет параметров блоков замкнутой САР.....	5
1.1 Расчет параметров блока 1 ($W_{\text{КУ}}(p)$).....	5
1.2 Расчет параметров блока 2 ($W_{\text{ИМ}}(p)$).....	6
1.3 Расчет параметров блока 3 ($W_{\text{ОУ}}(p)$).....	9
2. Эквивалентные преобразования схемы САР.....	10
3. Переходные характеристики главной цепи и замкнутой в МВТУ 3.7.....	11
4. Анализ устойчивости САР.....	12
5. Показатели качества САР.....	13
Заключение.....	16
Список использованных источников.....	17
Приложение 1	19
Приложение 2	20
Приложение 3	21
Приложение 4	22

ВВЕДЕНИЕ

Назначение курсовой работы состоит в приобретении студентами навыков и умений по проектированию (анализ и синтез) САУ, а также в углублении знаний основных разделов теории автоматического управления.

Проектирование устройств автоматики - одно из наиболее сложных и важных направлений в инженерной деятельности, поэтому знание основ теории автоматического управления, представление об уровне автоматизации различных технологических процессов, используемых средств автоматизации являются необходимыми условиями успешной работы инженеров и технологов.

Цель курсовой работы - произвести анализ динамических свойств системы автоматического регулирования (управления) заданной структурной схемой.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- вычислить параметры всех структурных элементов системы;
- определить передаточную функцию замкнутой САР;
- построить переходные характеристики главной цепи и замкнутой САР;
- оценить устойчивость САР, используя критерий Гурвица и переходные характеристики замкнутой САУ;
- определить показатели качества САР по переходным характеристикам замкнутой САР.

Консультации руководителя курсовой работы служат для текущего контроля выполнения расчетов и, при необходимости, их коррекции.

Курсовая работа выполняется строго по стандартам и сопровождается поясняющим текстом, рисунками и схемами. Небрежно выполненные работы не принимаются.

Курсовые работы сдаются преподавателю для оценки не позднее, чем за 2 недели до экзаменов.

Окончательная оценка выставляется после защиты курсовой работы.

1 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ БЛОКОВ ЗАМКНУТОЙ САР

В данной курсовой работе необходимо произвести анализ динамических свойств системы автоматического регулирования (управления), заданной структурной схемой, представленной на Рисунке 1.

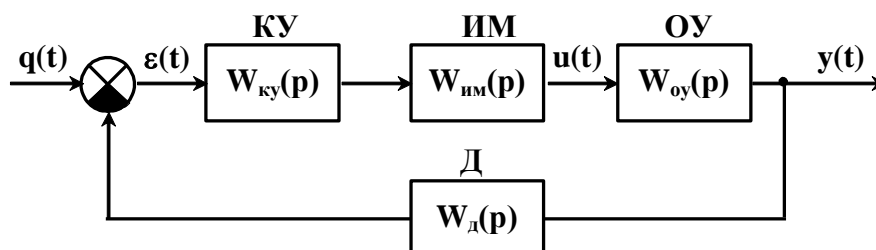


Рисунок 1 - Структурная схема исследуемой САР, где, передаточные функции объекта управления (ОУ), исполнительного механизма (ИМ), датчика (Д) и корректирующего устройства (КУ)

1.1 Пример расчета параметров блока 1 ($W_{ку}(p)$)

Блок корректирующего устройства представлен принципиальной схемой (Рисунок 2).

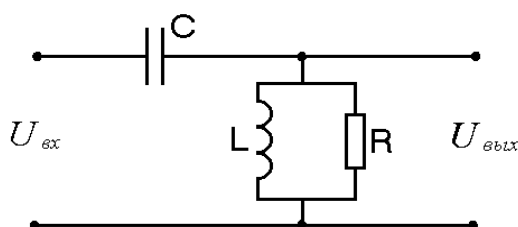


Рисунок 2- Блок корректирующего устройства

Параметры схемы блока: $R=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=100$ мкФ.

1.1.1 Определим передаточную функцию данного блока:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{вх}} = \frac{1}{c} \int i_c dt + U_{\text{вых}} \rightarrow \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} = \frac{i_c}{c} + \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} \rightarrow \frac{i_c}{c} = \frac{dU_{\text{вх}}}{dt} - \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} \\ i_c = i_L + i_R = \frac{di_c}{dt} = \frac{di_L}{dt} + \frac{di_R}{dt} \\ U_{\text{вых}} = L \times \frac{di_L}{dt} \quad \frac{U_{\text{вых}}}{L} = \frac{di_L}{dt} \\ U_{\text{вых}} = R \times i_R = i_R = \frac{U_{\text{вых}}}{R} \rightarrow \frac{di_R}{dt} = \frac{1}{R} \times \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} \end{array} \right.$$

$$i_c = C \left(\frac{dU_{\text{ВХ}}}{dt} - \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} \right)$$

$$\frac{di_c}{dt} = \frac{Cd^2U_{\text{ВХ}}}{dt^2} - \frac{Cd^2U_{\text{ВЫХ}}}{dt^2}$$

$$\frac{Cd^2U_{\text{ВХ}}}{dt^2} - \frac{Cd^2U_{\text{ВЫХ}}}{dt^2} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{L} + \frac{1}{R} \times \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt}$$

$$p^2CU_{\text{ВХ}} = p^2CU_{\text{ВЫХ}} + \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{L} + \frac{1}{R} \times pU_{\text{ВЫХ}}$$

$$p^2CU_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВЫХ}} \left(p^2C + \frac{1}{L} + \frac{1}{R} \times p \right)$$

$$Cp^2U_{\text{ВХ}} = U_{\text{ВЫХ}} \left(Cp^2 + \frac{1}{R}p + \frac{1}{L} \right)$$

$$W(p) = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{Cp^2}{Cp^2 + \frac{1}{R}p + \frac{1}{L}} = \frac{Cp^2}{\frac{1}{L} \left(LCp^2 + \frac{L}{R}p + 1 \right)} = \frac{LCp^2}{LCp^2 + \frac{L}{R}p + 1}$$

Получено звено второго порядка.

1.1.2. Переходная характеристика блока корректирующего устройства построена в программе МВТУ 3.7. и приведена на рисунке 3:

Место рисунка 3

Рисунок 3 - Переходная характеристика блока корректирующего устройства

Рядом с переходными характеристиками (здесь и далее) необходимо отобразить «Свойства» элемента с занесенными параметрами.

1.2 Пример расчета параметров блока 2 ($W_{\text{ИМ}}(p)$)

Блок исполнительного механизма представлен принципиальной схемой (Рисунок 4).

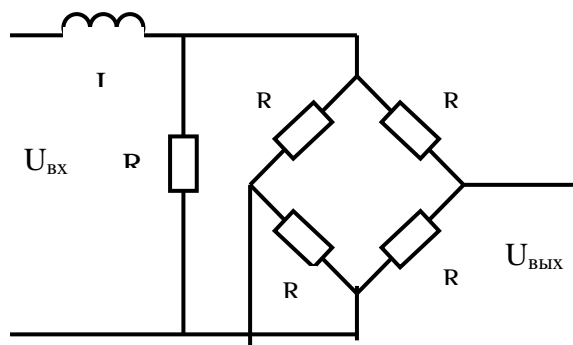


Рисунок 4 - Блок исполнительного механизма

Параметры схемы блока 2: $R=5 \text{ Ом}$; $L=0,7 \text{ Гн}$; $R_1=15 \text{ Ом}$; $R_2=15 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$; $R_4=3 \text{ Ом}$.

1.2.1 Для расчета данной схемы необходимо разделить блок на два более простых. Первая часть блока изображена на рисунке 5.

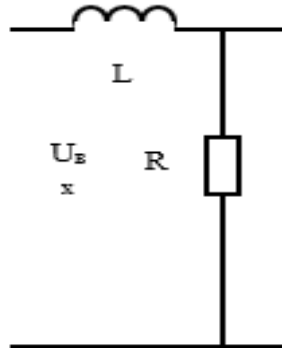


Рисунок 5 – Первая часть блока ИМ

Расчеты первой части блока исполнительного механизма:

$$\begin{cases} U_{\text{вх}} = L \times \frac{di}{dt} + U_{\text{вых}} \\ U_{\text{вых}} = i \times R \rightarrow i = \frac{U_{\text{вых}}}{R} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \times \frac{dU_{\text{вых}}}{dt} \end{cases}$$

Привести все расчеты, также как для первого блока.

Определили передаточную функцию первой части блока ИМ:

$$W_1(p) = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{1}{\frac{L}{R} p + 1}$$

Получено звенопорядка.

1.2.2 Вторая часть представлена схемой на Рисунке 6.

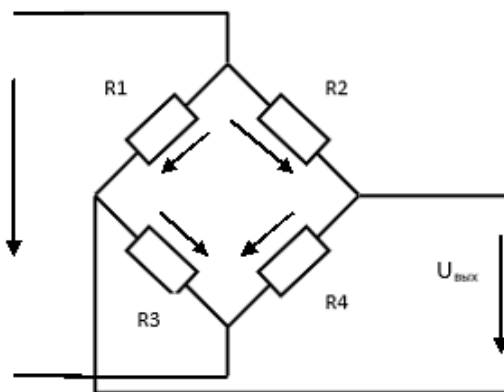


Рисунок 6 – Вторая часть блока ИМ

Расчеты второй части блока:

Так как ток i_2 и i_4 это один тот же протекающий ток, то они равны, соответственно так же токи i_1 и i_3 .

- $i_2 = i_4$,
- $i_1 = i_3$,

После приравнивания токов, расписываем $U_{вх}$ и $U_{вых}$ для каждого узла:

- $U_{вх} = i_2 R_2 + i_4 R_4 = i_2 (R_2 + R_4) \Rightarrow i_2 = \frac{U_{вх}}{R_2 + R_4}$,
- $U_{вх} = i_1 R_1 + i_3 R_3 = i_1 (R_1 + R_3) \Rightarrow i_1 = \frac{U_{вх}}{R_1 + R_3}$,
- $U_{вых} = i_4 R_4 - i_3 R_3$,
- $U_{вых} = i_1 R_1 - i_2 R_2$,

Привести все расчеты для данной части блока.

Определили передаточную функцию второй части блока ИМ:

- $W_2(p) = \frac{U_{вых}}{U_{вх}} = k$.

1.2.3 Передаточная функция всего блока ИМ:

$$W(p) = W_1(p) \times W_1(p)$$

Полученозвено.

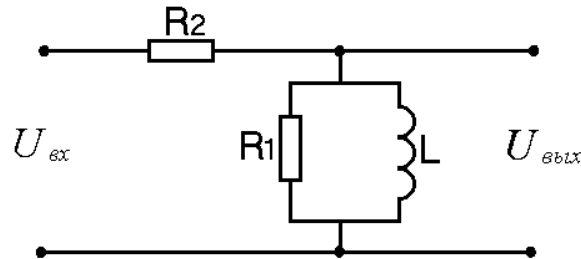
1.2.4. Переходная характеристика блока исполнительного механизма построена в программе МВТУ 3.7. (Рисунок 7):

Место рисунка 7

Рисунок 7 - Переходная характеристика блока исполнительного механизма

1.3 Расчет параметров блока 3 ($W_{OU}(p)$)

Блок объекта управления представлен принципиальной схемой



(Рисунок 8).

Рисунок 8 – Блок объекта управления

Параметры схемы блока 3: $R_1=5$ Ом; $R_2=8$ Ом; $L=0,8$ Гн.

1.3.1 Определим передаточную функцию данного блока:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{\text{ВХ}} = iR_2 \times R_2 + U_{\text{ВЫХ}} \rightarrow iR_2 \times R_2 = U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}} = iR_2 = \frac{U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}}{R_2} \rightarrow \frac{diR_2}{dt} = \frac{1}{R_2} \left(\frac{dU_{\text{ВХ}}}{dt} - \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} \right) \\ iR_2 = iR_1 + i_L \rightarrow \frac{diR_2}{dt} = \frac{1}{R_1} \times \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} + \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{L} \\ U_{\text{ВЫХ}} = iR_1 \times R_1 \rightarrow iR_1 = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{R_1} = \frac{diR_1}{dt} = \frac{1}{R_1} \times \frac{dU_{\text{ВЫХ}}}{dt} \\ U_{\text{ВЫХ}} = L \times \frac{di_L}{dt} \rightarrow \frac{di_L}{dt} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{L} \end{array} \right.$$

Привести все расчеты для блока ОУ.

$$W(p) = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{L \frac{1}{R_2} p}{L \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) p + 1}$$

Полученозвено.

1.1.2. Переходная характеристика блока корректирующего устройства построена в программе МВТУ 3.7. (Рисунок 10):

Место рисунка 10

Рисунок 10-Переходная характеристика блока ОУ

2 ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СХЕМЫ САР

Главная цепь схемы состоит из трех блоков. Так как передаточные функции блоков корректирующего устройства, исполнительного механизма, объекта управления расположены по схеме последовательно (Рисунок 11), то необходимо функции этих блоков перемножить.

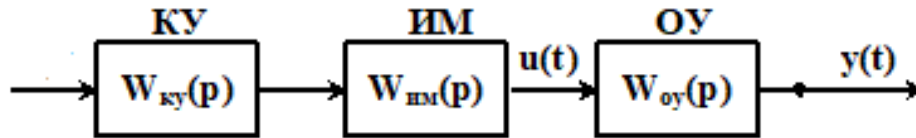


Рисунок 11- Последовательное соединение элементов САР

$$W_{\text{глав.цепи}} = W_{\text{ку}} \times W_{\text{им}} \times W_{\text{оу}}$$

2.1 Привести расчеты, получить передаточную функцию главной цепи.

Датчик на схеме соединен с главной цепью встречно-параллельной отрицательной связью (Рисунок 12):

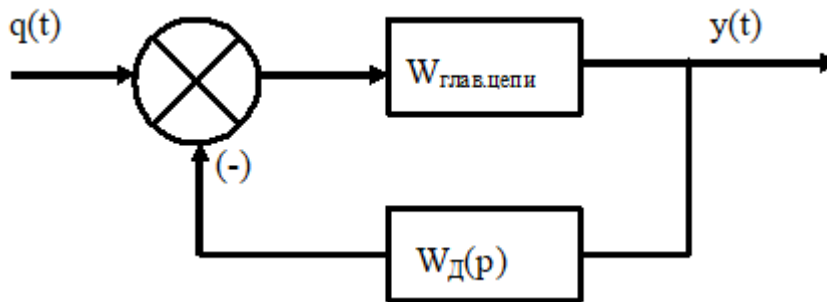


Рисунок 12- Встречно-параллельное соединение элементов САР

Формула для расчета замкнутой цепи:

$$W_{\text{замк.цепи}} = \frac{W_{\text{глав.цепи}}}{1 + W_{\text{глав.цепи}} \times W_{\text{д}}}$$

2.2 Привести расчеты, получить передаточную функцию замкнутой цепи.

3 ПЕРЕХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЛАВНОЙ ЦЕПИ И ЗАМКНУТОЙ В МВТУ 3.7.

Строим блок-схему САР в программе МВТУ 3.7. для получения переходных характеристик, состоящую из: константы, сравнивающего устройства, динамических звеньев, усилителя и временного графика.

3.1 Блок-схема главной САР (Рисунок 13):

Место рисунка 13

Рисунок 13- Блок-схема разомкнутой САР

3.2 Переходная характеристика главной САР (Рисунок 14):

Место рисунка 14

Рисунок 14- Переходная характеристика разомкнутой САР

3.3 Блок-схема замкнутой САР (Рисунок 15):

Место рисунка 15

Рисунок 15- Блок-схема замкнутой САР

3.4 Переходная характеристика замкнутой САР (Рисунок 16):

Место рисунка 16

Рисунок 16- Переходная характеристика разомкнутой САР

4 АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ САР

Оценим устойчивость замкнутой САР, используя критерий Гурвица. Знаменатель передаточной функции приравнять к нулю – это и будет характеристическое уравнение.

Для характеристического уравнения вида:

$$a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + a_2 p^{n-2} + \dots + a_{n-1} p^1 + a_n = 0$$

Система будет устойчива, если:

- 1) все коэффициенты a_0 - a_n будут положительными;
- 2) определитель $(n-1)$ порядка тоже будет положительным.

Определитель составляется следующим образом: по диагонали от левого верхнего до правого нижнего угла выписываются все коэффициенты по порядку от a_1 до a_n . Каждая строка дополняется коэффициентами с возрастающими индексами слева направо так, чтобы чередовались строки с нечетными и четными индексами. В случае отсутствия данного коэффициента, а также, если индекс его меньше нуля или больше n , на месте его пишется нуль.

Пример: Если для характеристического уравнения вида:

$$a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p^1 + a_4 = 0$$

Все коэффициенты a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 будут положительными и определитель третьего порядка:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix} = a_1 a_3 \times a_2 \times a_3 - a_1^2 \times a_4 - a_0 \times a_3^2$$

тоже будет положительным, то соответствующая система автоматического управления будет устойчивой.

Сделать вывод об устойчивости Вашей системы.

5. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА САР

Определить показатели качества САР по переходным характеристикам замкнутой САР.

Качество САУ определяется следующими показателями:

1. Время регулирования.

Временем регулирования t_p называется время, в течение которого, начиная с момента приложения воздействия на систему, отклонения регулируемой величины $\Delta h(t)$ от ее установившегося значения $h_0 = h(\infty)$ будут больше наперед заданной величины ε . Обычно принимают, что по истечении времени регулирования отклонение регулируемой величины от установившегося значения должно быть не более $\varepsilon = 5\%$.

Таким образом, время регулирования определяет длительность (быстродействие) переходного процесса (Рисунок 17 а).

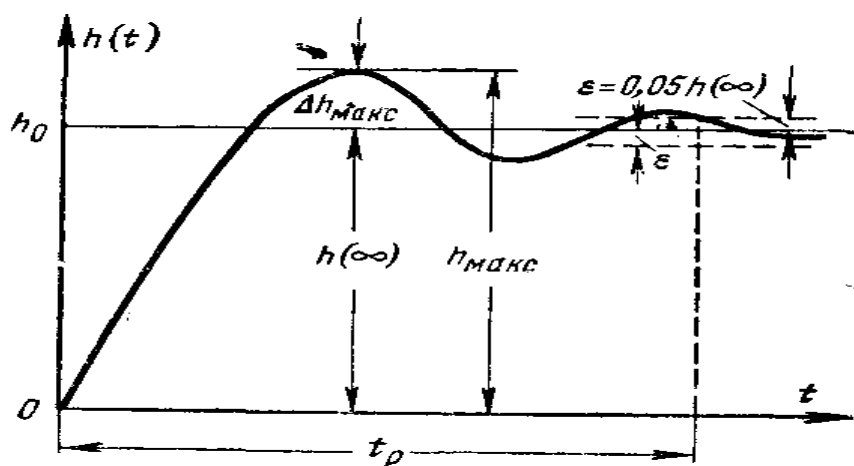


Рисунок 17 а)

2. Перерегулирование.

Перерегулированием σ называется максимальное отклонение $\Delta h_{\text{макс}}$ регулируемой величины от установившегося значения, выраженное в процентах от h_0 .

Абсолютная величина $\Delta h_{\text{макс}}$ определяется из кривой переходного процесса (рис. 17,а):

$$\Delta h_{\text{макс}} = h_{\text{макс}} - h(\infty).$$

Соответственно перерегулирование будет равно (Рисунок 17 а):

$$\sigma\% = \frac{h_{\text{макс}} - h(\infty)}{h(\infty)} \cdot 100\%.$$

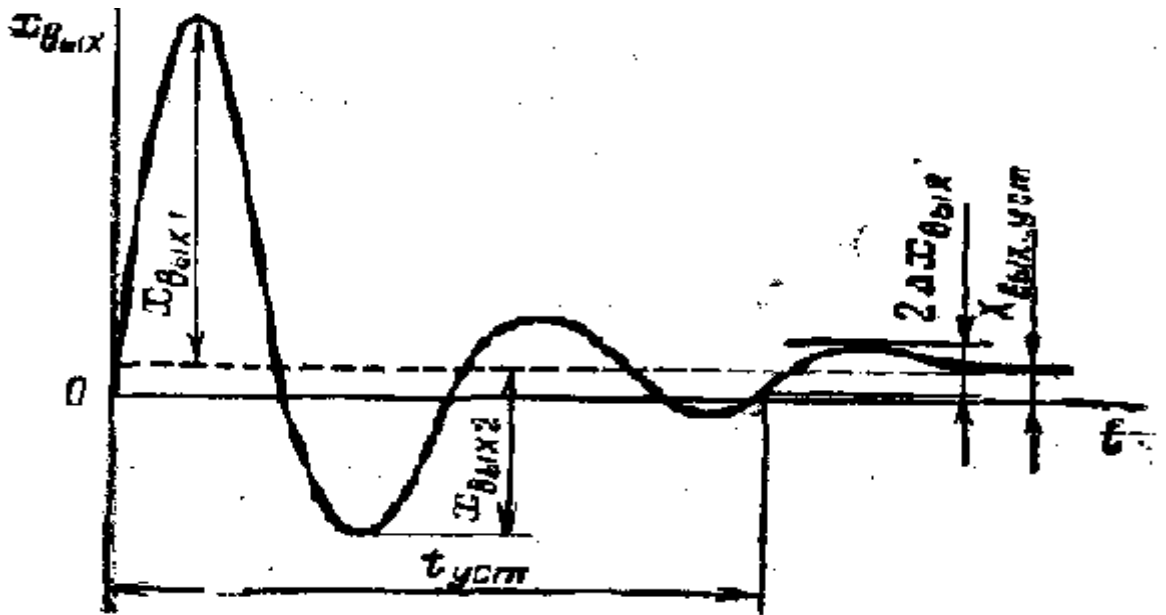


Рисунок 17 б)

Перерегулирование (рис. 17,б) будет равно:

$$\sigma\% = \frac{x_{\text{вых}2}}{x_{\text{вых}1}} \cdot 100\%.$$

3. Установившаяся ошибка.

Установившееся значение выходной величины $h(\infty)$ в общем случае может несколько отличаться от заданного значения регулируемой величины h_0 .

Величина установившейся ошибки ε_0 по каналу регулирующего воздействия системы определяется формулой:

$$\varepsilon_0 = \frac{g_0}{1 + k_{об} \cdot k_p},$$

где g_0 – постоянное регулирующее воздействие на систему;
 $k_{об}$ – коэффициент передачи объекта регулирования;
 k_p – коэффициент передачи регулятора.

Установившаяся ошибка ε_f , по каналу возмущающего воздействия может быть определена по формуле:

$$\varepsilon_f = \frac{k_{об}}{1 + k_{об} \cdot k_p} \cdot f_0,$$

где f_0 – постоянное возмущающее воздействие.

При $h(\infty) > h_0$ установившаяся ошибка будет положительной, а при $h(\infty) < h_0$ — отрицательной.

4. Колебательность.

Колебательность системы характеризуется числом колебаний регулируемой величины за время регулирования t_p .

Если за это время переходный процесс в системе совершает число колебаний меньше заданного по условиям технологии, то считается, что система имеет требуемое качество регулирования в части ее колебательности.

Для апериодического процесса колебательность равна нулю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АСУ ТП обеспечивает контроль и управление технологическими системами, поэтому так важна автоматизация технологических процессов. Это обуславливает необходимость для студентов уметь рассчитывать параметры систем автоматического управления (САУ) своевременно, качественно, без ошибок. Именно на стадии проектирования, расчетов систем обеспечивается безотказная и безаварийная работа механизмов на производствах.

В данной курсовой работе были определены передаточные функции всех структурных элементов системы:

- блок корректирующего устройства представлензвеном;
- блок исполнительного механизма представлен звеном;
- блок объекта управления представлен звеном.

В работе были проведены эквивалентные преобразования схемы и определена передаточная функция замкнутой и разомкнутой САУ. Построены переходные характеристики, определены показатели качества системы автоматического регулирования

Все поставленные задачи решены, цель курсовой работы – достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антимиров, В.М. Системы автоматического управления: учебное пособие для вузов / В.М. Антимиров; под ред. В.В. Телицина. – М.: Изд-во Юрайт; Екатеринбург: Изд-во Урал. Ун-та, 2017. – 92с.
2. Гайдук, А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB: учебное пособие / А.Р. Гайдук, В.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко. – 6-е изд., исправ. – СПб: Издательство «Лань», 2011, 2022. – 464с.
3. Журомский, В.М. Линейные системы автоматического управления. Частотные методы. Инженерно- физические основы: учебное пособие для вузов / В.М. Журомский. – 2-е изд. – М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 153с.
4. Казанцев, В.П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления: учебное пособие / В.П. Казанцев. – Пермь: Издательство ПГТУ, 2007. – 166с.
5. Ким, Д.П. Теория автоматического управления: учебник и практикум для академического бакалавриата / Д.П. Ким. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 276с.
6. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления: учебное пособие / Б.И. Коновалов., М.Л. Лебедев. – 3-е изд., допол. и перераб. – СПб: Издательство «Лань», 2010, 2022. – 224с.
7. Кузьмин, А.В. Теория систем автоматического управления: учебник / А.В. Кузьмин, А.Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 224с.
8. Ощепков, А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и допол. – СПб: Издательство «Лань», 2013. – 208с.
9. Первозванский, А.А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие / А.А. Первозванский. – 3-е изд., стер. – СПб: Изд-во «Лань», 2015. – 624с.
10. Сазонов, Г.Г. Основы автоматического управления: учебное пособие / Г.Г. Сазонов. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 235с.

11.Тимохин, А.Н. Моделирование систем управления с применением MatLab: учебное пособие / А.Н. Тимохин, Ю.Д. Румянцев; под ред. А.Н. Тимохина. – Москва: ИНФРА-М, 2021. –256с

12.Шишмарёв, В.Ю. Основы автоматического управления: учебное пособие / В.Ю. Шишмарёв. –2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт,2017. –350с.

Нормативно- технические издания

ГОСТ Р 59853-2021 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения.

Приложение 1
(обязательное)

Перечень замечаний нормоконтролера к КР

Замечание	Страница

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Титульный лист для направления 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Чайковский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра Автоматизации, информационных и инженерных технологий
Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль Электроснабжение

КУРСОВАЯ РАБОТА

на тему «_____»
по дисциплине _____

Выполнил:

студент группы _____

(Фамилия Имя Отчество)

Руководитель:

(должность, ученая степень, ученое звание)

(Фамилия Имя Отчество)

Оценка

« _____ » _____ 20__г

(подпись)

Чайковский 20____

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Задание на курсовую работу

Произвести анализ динамических свойств системы автоматического регулирования (управления), заданной структурной схемой, представленной на рисунке 1.

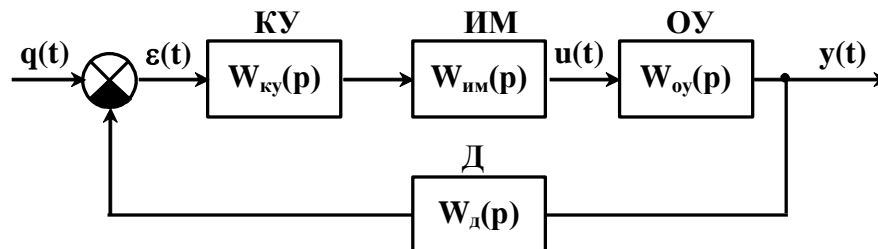


Рисунок 1 - Структурная схема исследуемой САР, где, передаточные функции объекта управления (ОУ), исполнительного механизма (ИМ), датчика (Д) и корректирующего устройства (КУ).

1. Определить передаточную функцию замкнутой САР. Вычислить параметры всех ее структурных элементов.

Примечание: передаточные функции блоков структурной схемы определить:

- используя законы Кирхгофа;
- используя передаточные функции отдельных типовых звеньев и правила эквивалентных преобразований соединений звеньев.

2. В одной и той же системе координат построить переходные характеристики главной цепи и замкнутой САР.

3. Оценить устойчивость САР, используя критерий Гурвица и переходные характеристики замкнутой САУ.

4. Определить показатели качества САР по переходным характеристикам замкнутой САР.

Исходные данные: $q(t) = 1 \text{ В}$.

Содержание работы.

Введение.

1. Расчет параметров блоков замкнутой САР.

1.1 Расчет параметров блока 1 ($W_{кy}(p)$).

1.2 Расчет параметров блока 2 ($W_{им}(p)$).

1.3 Расчет параметров блока 3 ($W_{оy}(p)$).

2. Эквивалентные преобразование схемы САР.

3. Переходные характеристики главной цепи и замкнутой САР в MathCAD и МВТУ 3.7.

4. Анализ устойчивости САР.

5. Показатели качества САР.

Выводы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Чайковский филиал
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Кафедра автоматизации, информационных и инженерных технологий

Задание
на выполнение курсовой работы по дисциплине
«Теория автоматического управления»

Выдано: _____

Студенту группы: _____

Тема курсовой работы: *«Исследование характеристик линейной системы автоматического регулирования (САР) напряжения на шинах отсека РЗиА»*. Вариант _____.

Этапы выполнения курсовой работы:

1-ый этап: Анализ исходных данных заданной структурной схемы.

Срок выполнения: _____ 2024 г.

2-ой этап: Определить передаточную функцию замкнутой САР. Вычислить параметры всех ее структурных элементов. В одной и той же системе координат построить переходные характеристики главной цепи и замкнутой САР. Оценить устойчивость САР, используя критерий Гурвица и переходные характеристики замкнутой САУ. Определить показатели качества САР по переходным характеристикам замкнутой САР.

Срок выполнения _____ г.

3-ий этап: *Оформление.*

Срок выполнения: _____ 2024 г.

Сдача работы на проверку преподавателю: _____ 2024 г.

Сроки защиты: _____ 2024 г.

Дата выдачи задания: _____ 2024 г.

Задание получил: _____ (_____)

Задание выдал: _____ (_____.)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5
Варианты заданий для курсовой работы

ВАРИАНТ №1

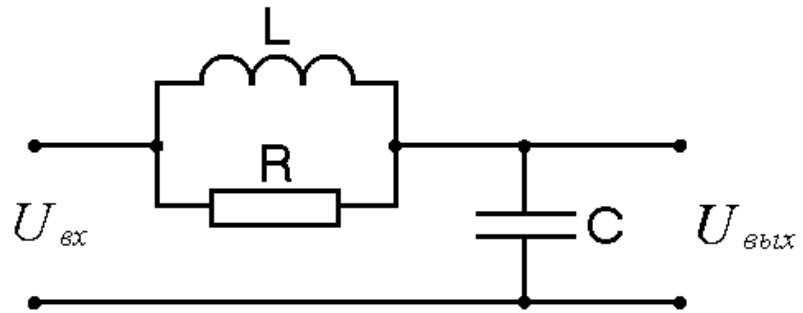


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=100$ мкФ

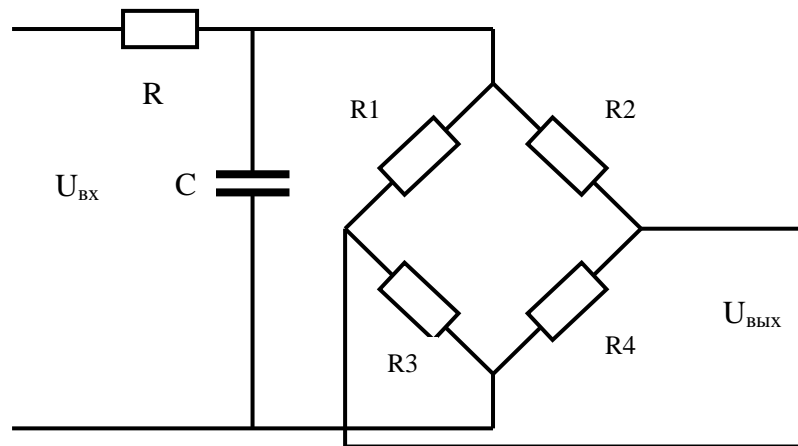


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=5$ Ом; $C=50$ мкФ; $R_1=10$ Ом; $R_2=5$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=6$ Ом.

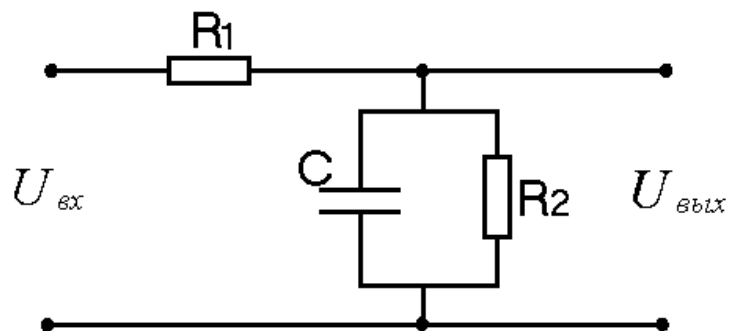


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R_1=5$ Ом; $R_2=8$ Ом; $C=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=2$.

ВАРИАНТ №2

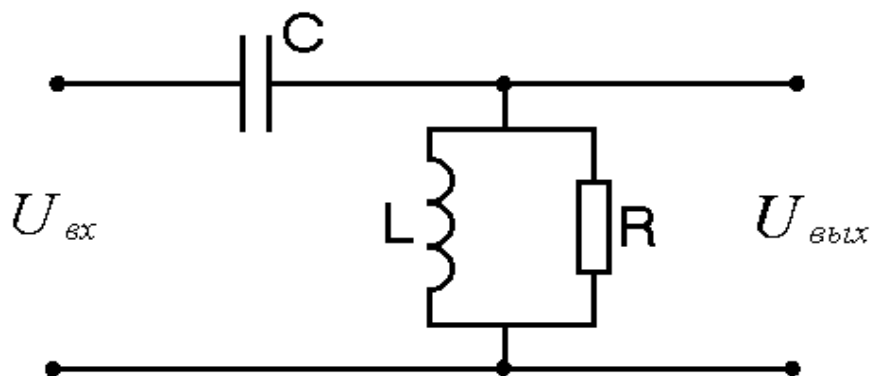


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=100$ мкФ

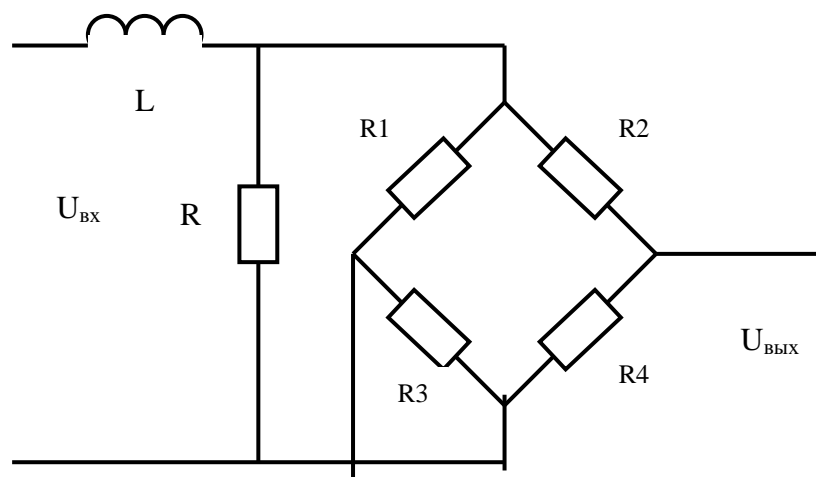


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=5$ Ом; $L=0,7$ Гн; $R_1=15$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=4$ Ом; $R_4=3$ Ом.

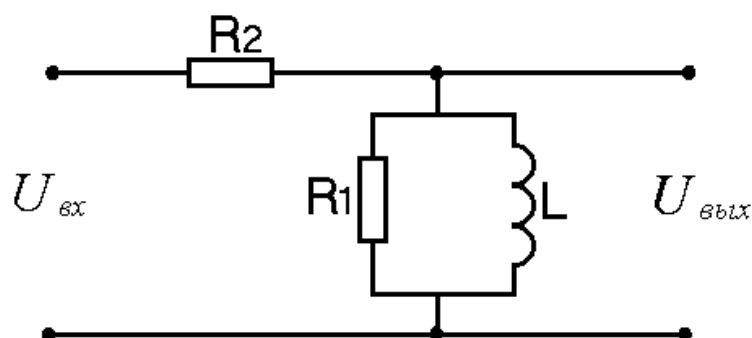


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R_1=5$ Ом; $R_2=8$ Ом; $L=0,8$ Гн.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=3$.

ВАРИАНТ №3

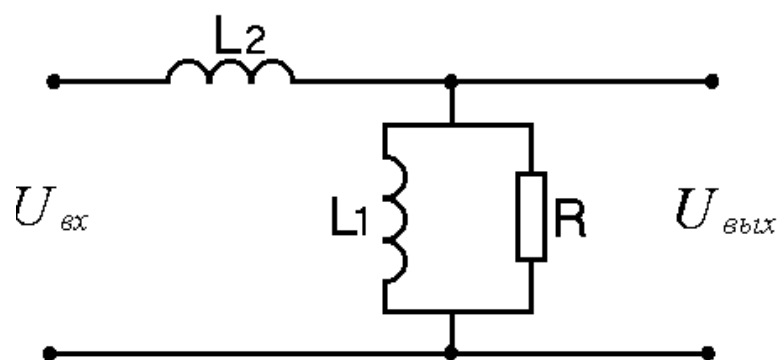


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=10$ Ом; $L_1=0,5$ Гн; $L_2=1,2$ Гн

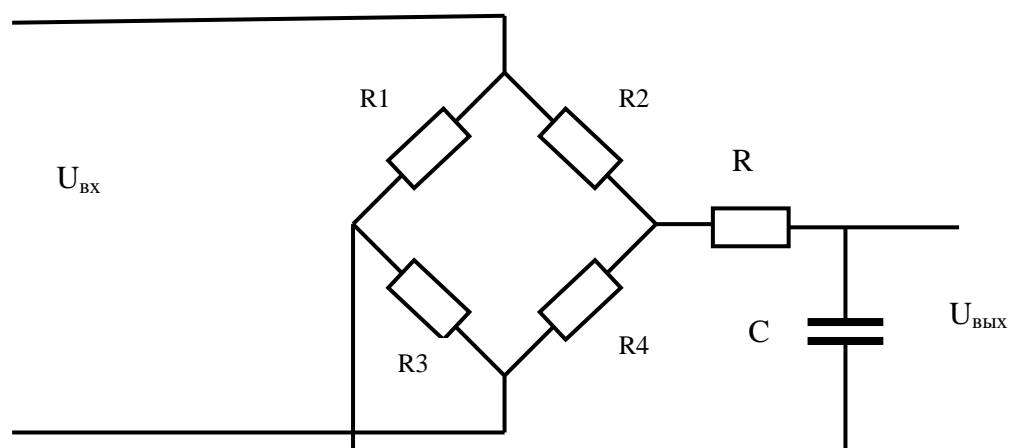


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=15$ Ом; $C=150$ мкФ; $R_1=1$ Ом; $R_2=5$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=6$ Ом.

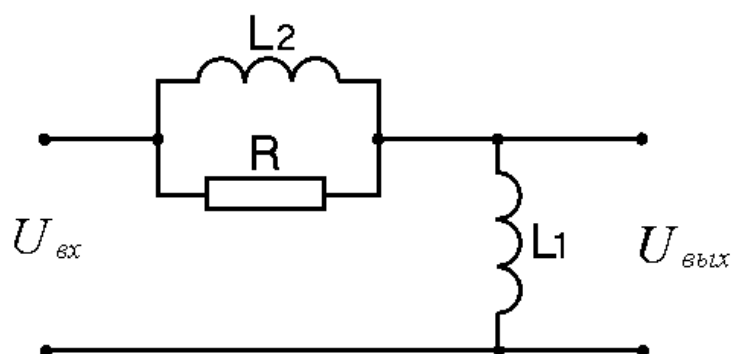


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $L_1=0,8$ Гн; $L_2=0,3$ Гн.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=4$.

ВАРИАНТ №4

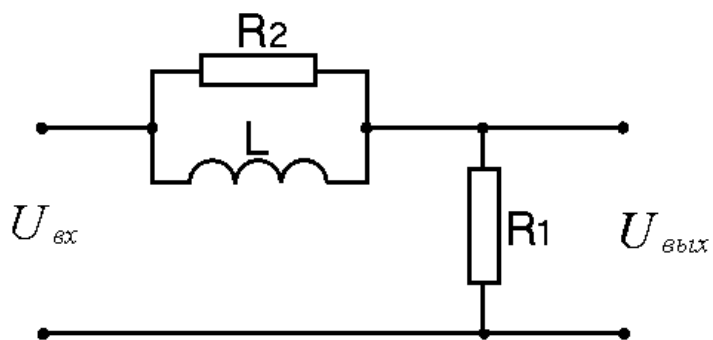


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R_1=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $R_2=7$ Ом

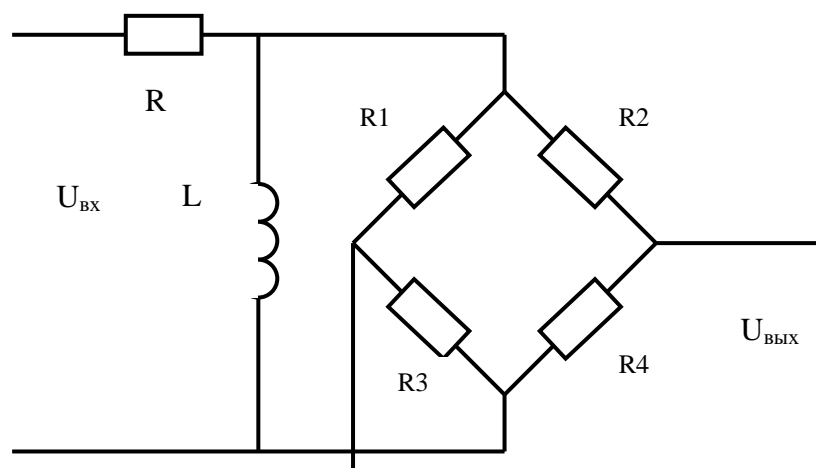


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=5$ Ом; $L=0,6$ Гн; $R_1=7$ Ом; $R_2=3$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=5$ Ом.

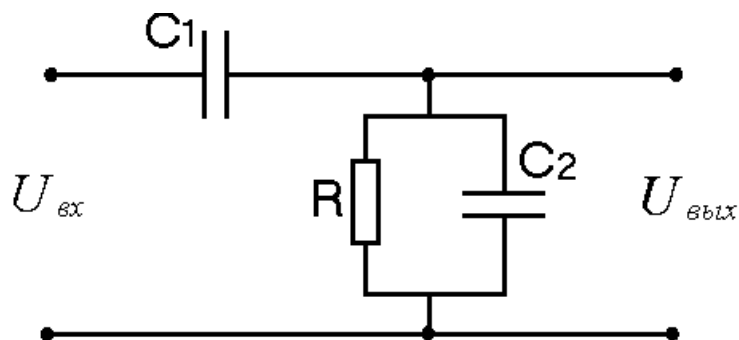


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $C_1=80$ мкФ; $C_2=60$ мкФ.

Передающая функция блока Д: $W_4(p)=5$.

ВАРИАНТ №5

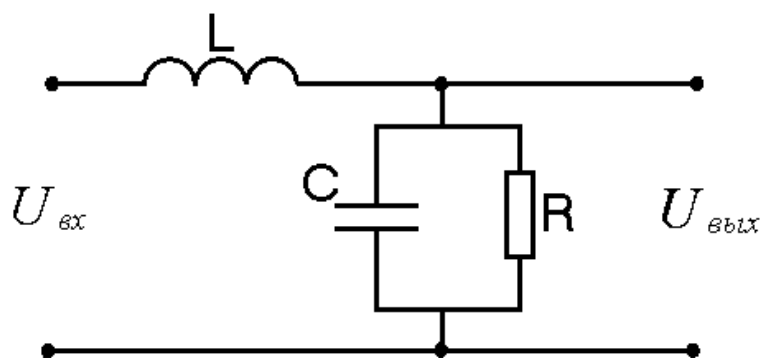


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $C=100$ мкФ; $L_1=0,6$ Гн; $R=1,2$ Ом

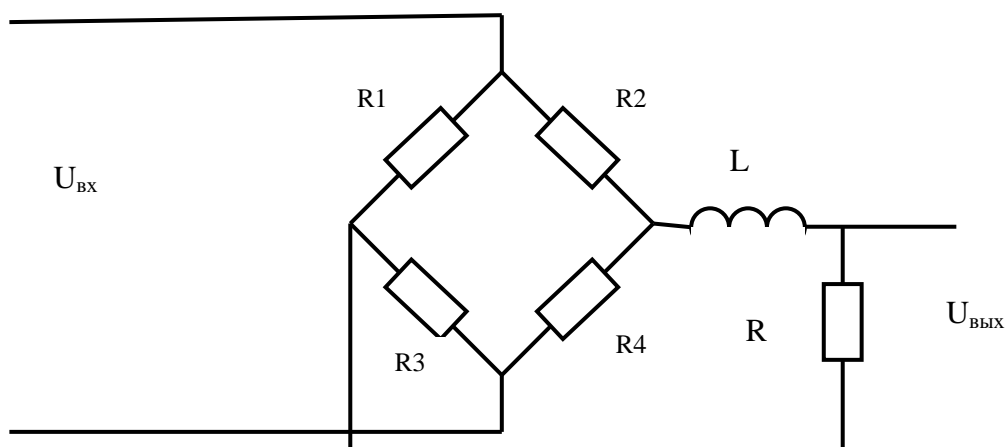


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=15$ Ом; $L=0,8$ Гн; $R_1=10$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=6$ Ом.

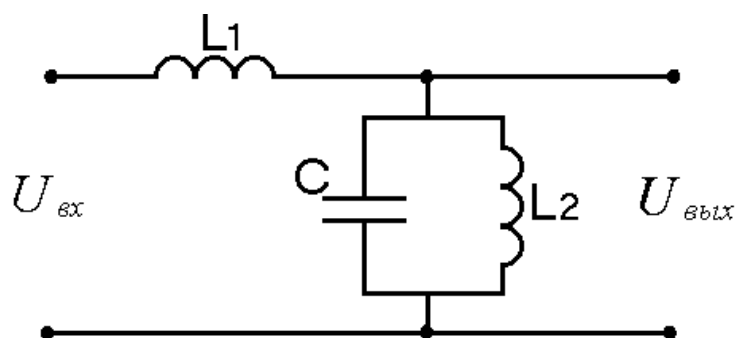


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $L_2=1,5$ Гн; $L_1=0,8$ Гн; $C=120$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=6$.

ВАРИАНТ №6

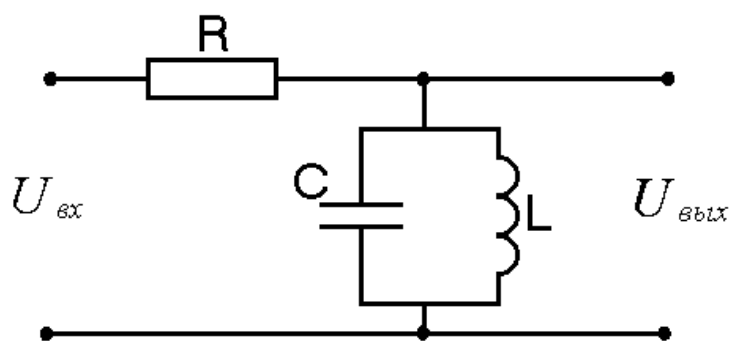


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=15$ Ом; $L=0,8$ Гн; $C=140$ мкФ

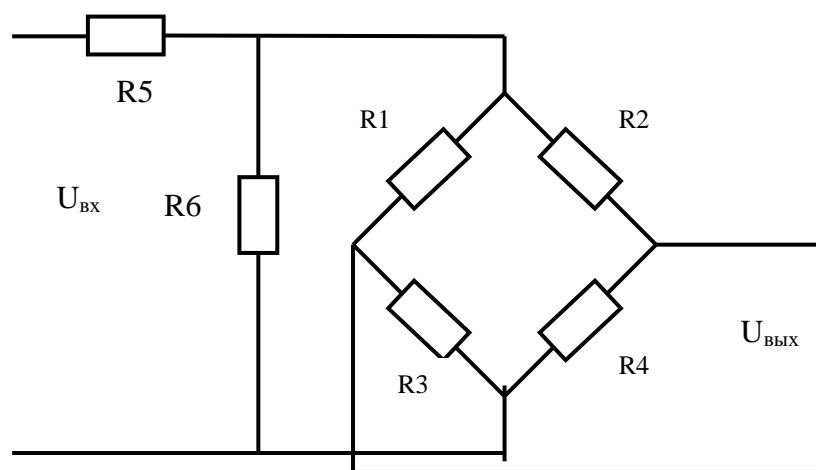


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R5=5$ Ом; $R6=7$ Ом; $R1=15$ Ом; $R2=10$ Ом; $R3=4$ Ом; $R4=3$ Ом.

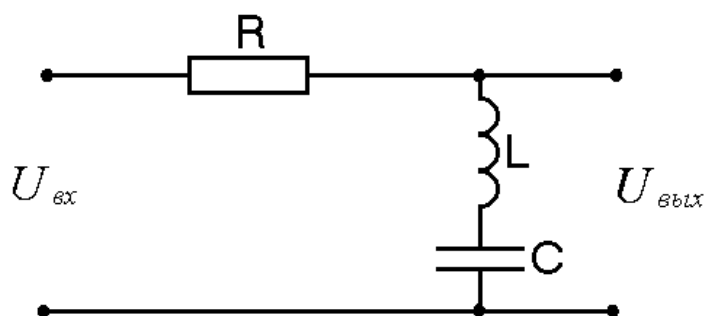


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $C=80$ мкФ; $L=0,8$ Гн.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=7$.

ВАРИАНТ №7

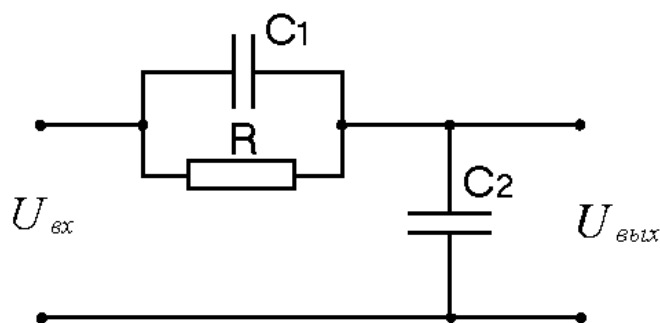


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=10 \text{ Ом}$; $C1=10 \text{ мкФ}$; $C2=100 \text{ мкФ}$

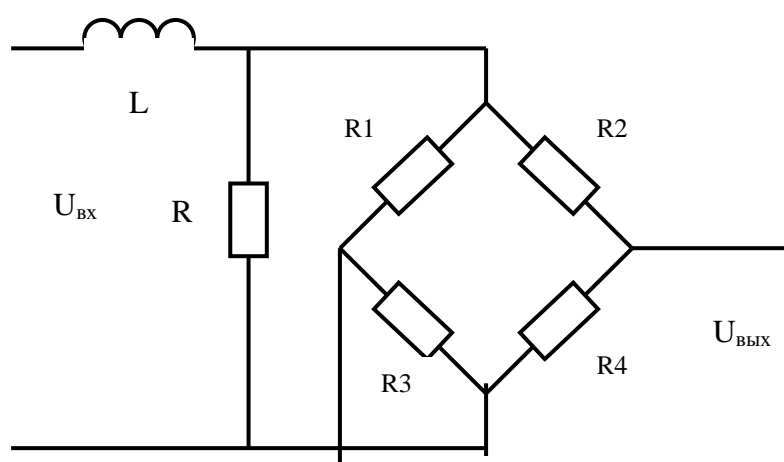


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=15 \text{ Ом}$; $L=0,8 \text{ Гн}$; $R1=5 \text{ Ом}$; $R2=10 \text{ Ом}$; $R3=6 \text{ Ом}$; $R4=4 \text{ Ом}$.

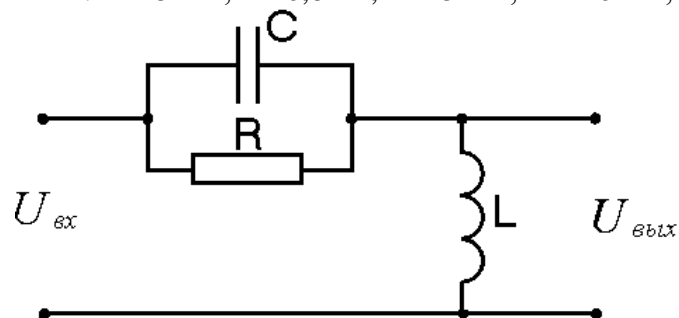


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5 \text{ Ом}$; $L=0,8 \text{ Гн}$; $C=60 \text{ мкФ}$.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=8$.

ВАРИАНТ №8

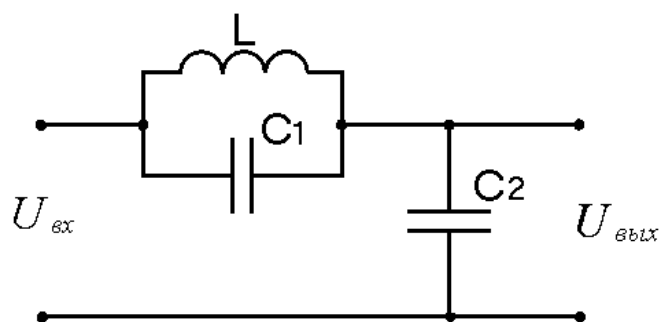


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $C_1=10$ мкФ; $L=0,5$ Гн; $C_2=100$ мкФ

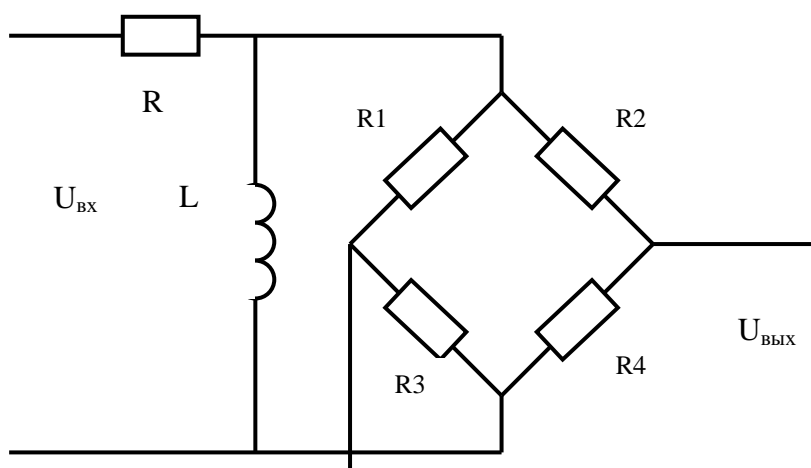


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=10$ Ом; $L=0,8$ Гн; $R_1=5$ Ом; $R_2=4$ Ом; $R_3=6$ Ом; $R_4=10$ Ом.

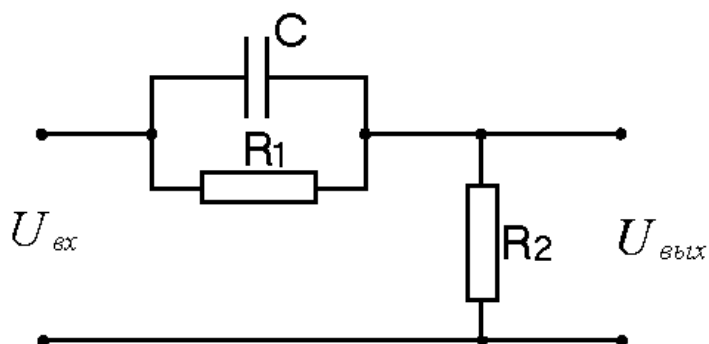


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R_1=5$ Ом; $R_2=8$ Ом; $C=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=9$.

ВАРИАНТ №9

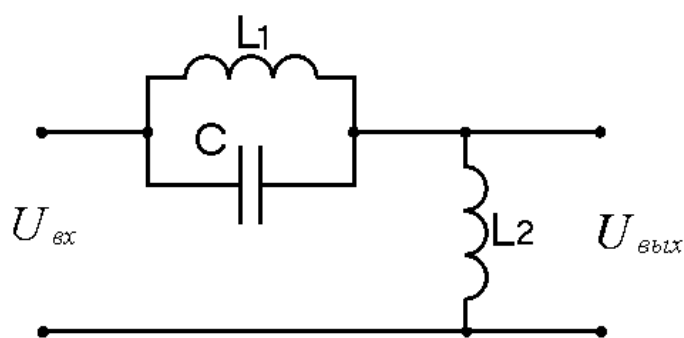


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $L1=0,8$ Гн; $L2=0,5$ Гн; $C=100$ мкФ

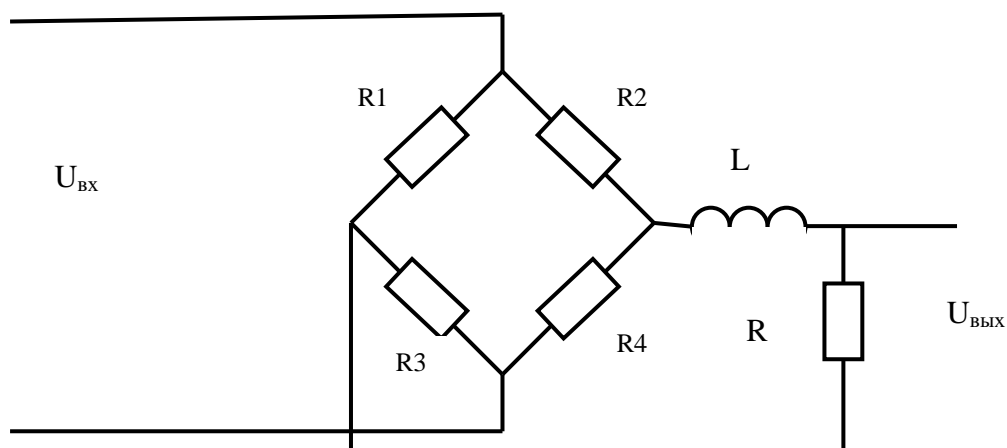


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=5$ Ом; $L=0,7$ Гн; $R1=12$ Ом; $R2=20$ Ом; $R3=6$ Ом; $R4=4$ Ом.

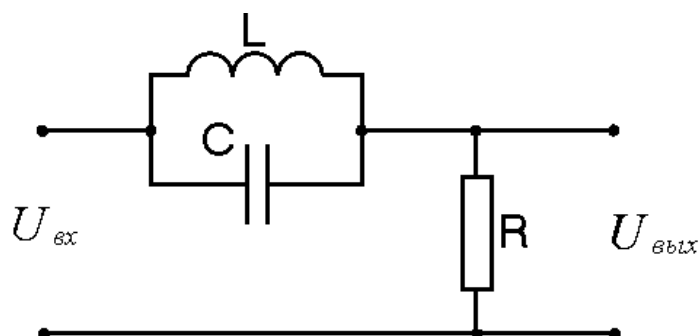


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=2$.

ВАРИАНТ №10

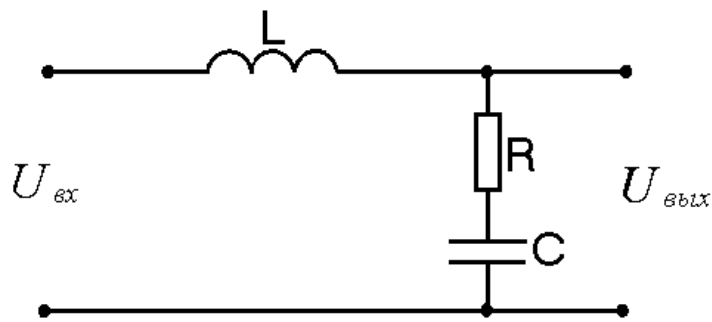


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=100$ мкФ

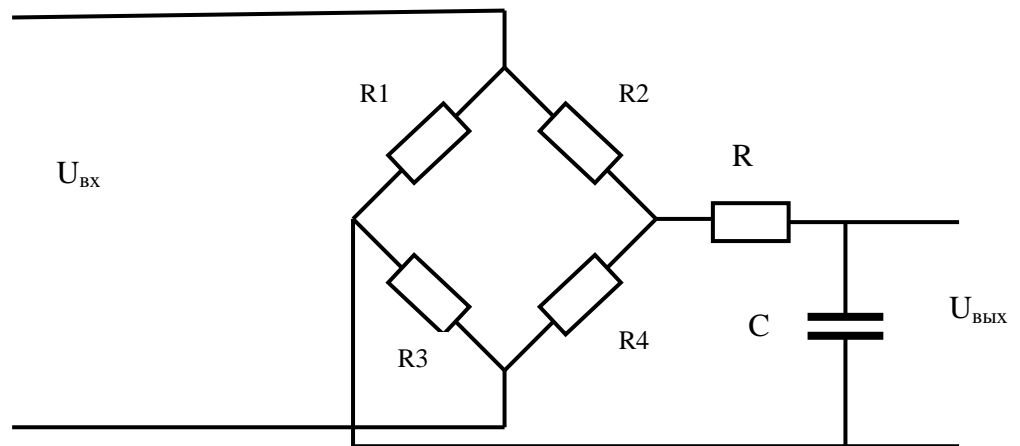


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=5$ Ом; $C=100$ мкФ; $R_1=5$ Ом; $R_2=4$ Ом; $R_3=8$ Ом; $R_4=10$ Ом.

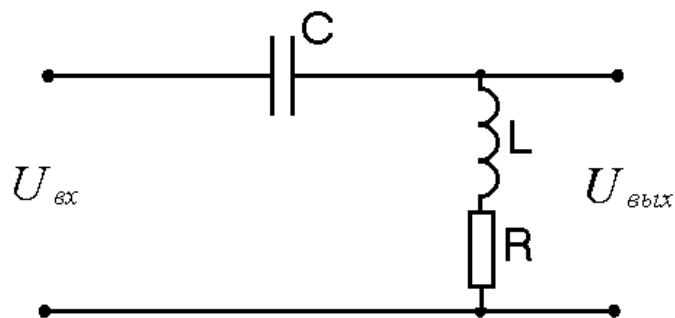


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=80$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=3$.

ВАРИАНТ №11

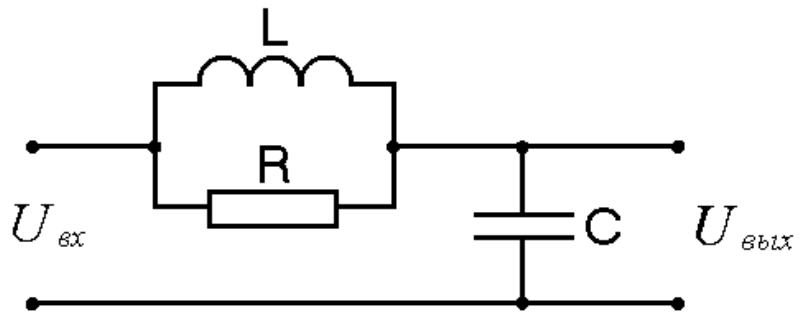


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=10 \text{ Ом}$; $L=0,5 \text{ Гн}$; $C=100 \text{ мкФ}$

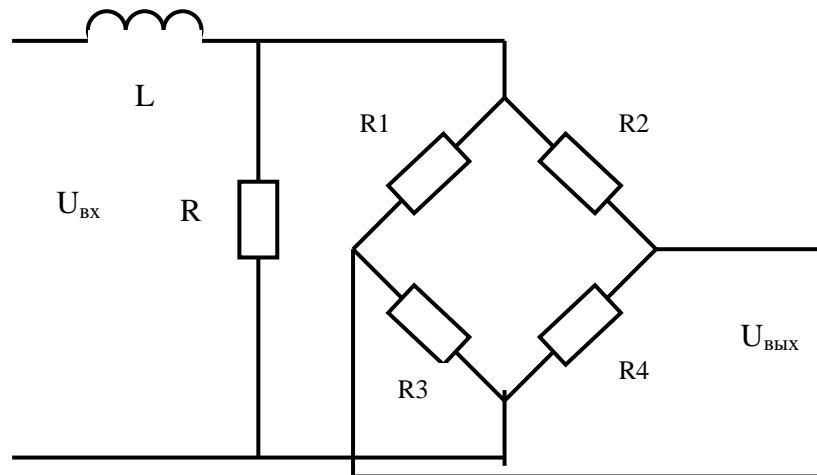


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=5 \text{ Ом}$; $L=0,7 \text{ Гн}$; $R_1=15 \text{ Ом}$; $R_2=10 \text{ Ом}$; $R_3=4 \text{ Ом}$; $R_4=3 \text{ Ом}$.

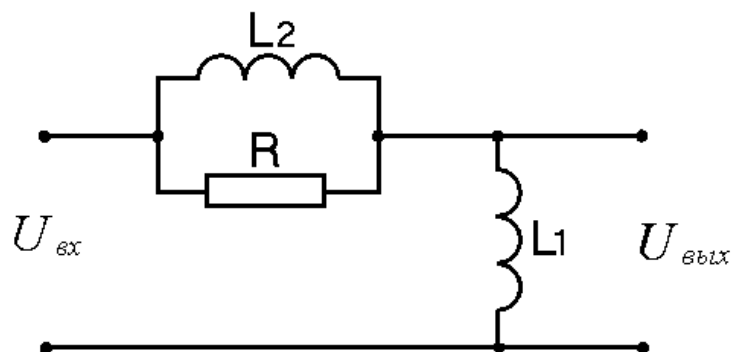


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $L_2=0,5 \text{ Гнм}$; $L_1=0,8 \text{ Гн}$; $R=3 \text{ Ом}$.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=4$.

ВАРИАНТ №12

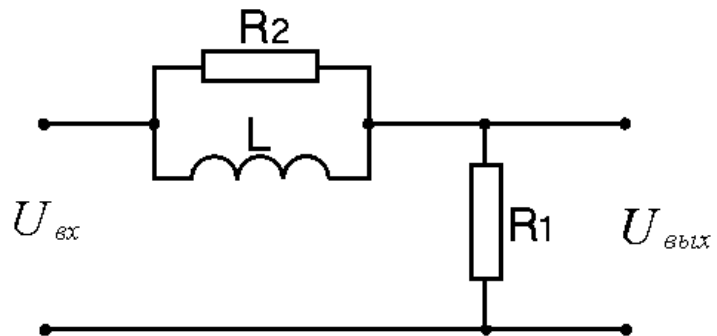


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R_1=10$ Ом; $L=0,5$ Гн; $R_2=7$ Ом

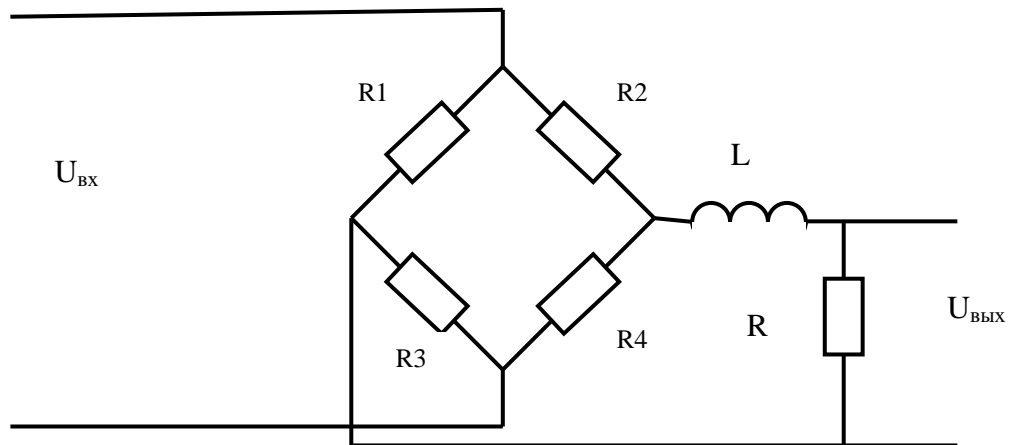


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=15$ Ом; $L=0,8$ Гн; $R_1=10$ Ом; $R_2=15$ Ом; $R_3=3$ Ом; $R_4=6$ Ом.

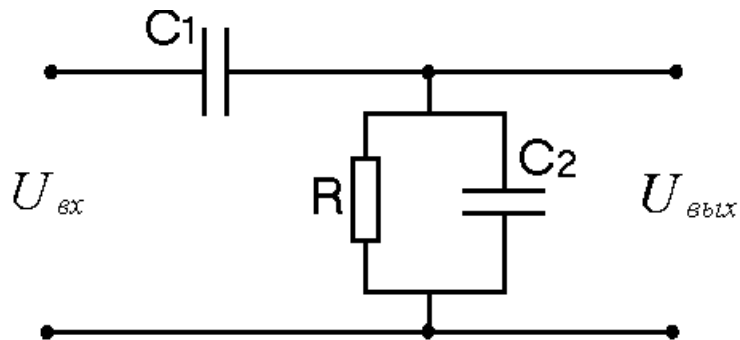


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $C_1=80$ мкФ; $C_2=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=5$.

ВАРИАНТ №13

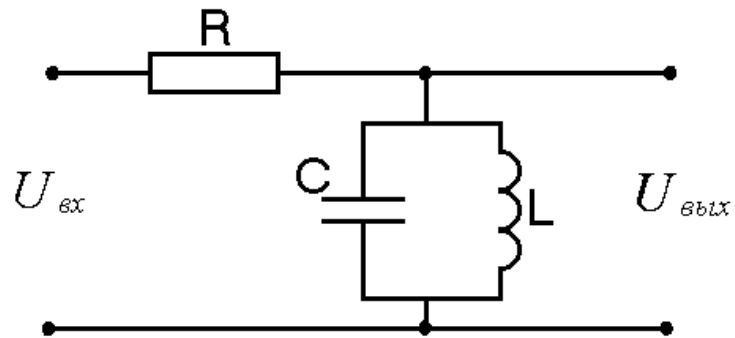


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=15$ Ом; $L=0,8$ Гн; $C=140$ мкФ

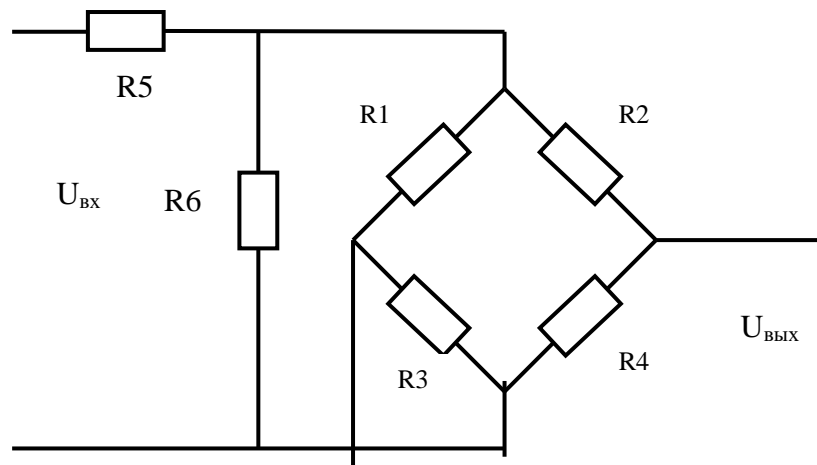


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R_5=5$ Ом; $R_6=7$ Ом; $R_1=15$ Ом; $R_2=10$ Ом; $R_3=4$ Ом; $R_4=3$ Ом.

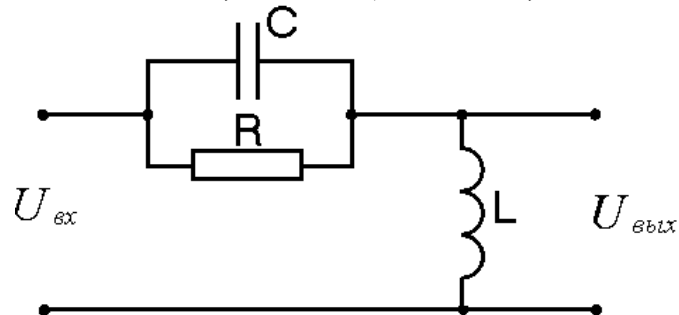


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $L=0,8$ Гн; $C=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=7$.

ВАРИАНТ №14

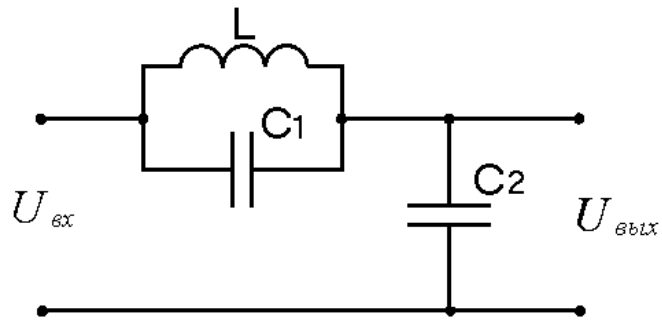


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $C_1=15$ мкФ; $L=07$ Гн; $C_2=150$ мкФ

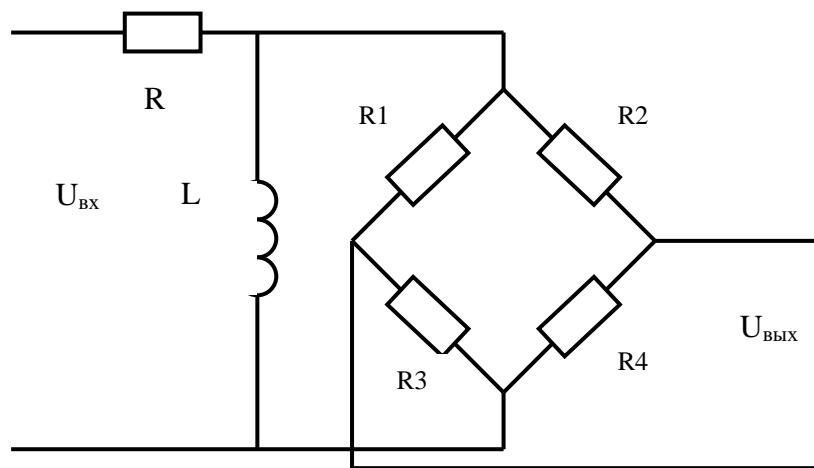


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=10$ кОм; $L=1,2$ Гн; $R_1=5$ кОм; $R_2=4$ кОм; $R_3=6$ кОм; $R_4=10$ кОм.

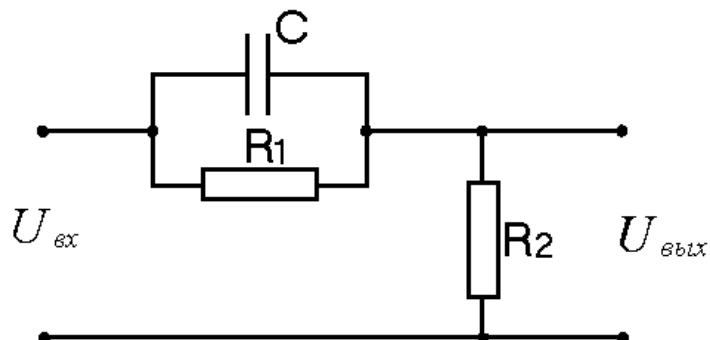


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R_1=5$ кОм; $R_2=8$ кОм; $C=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=3$.

ВАРИАНТ №15

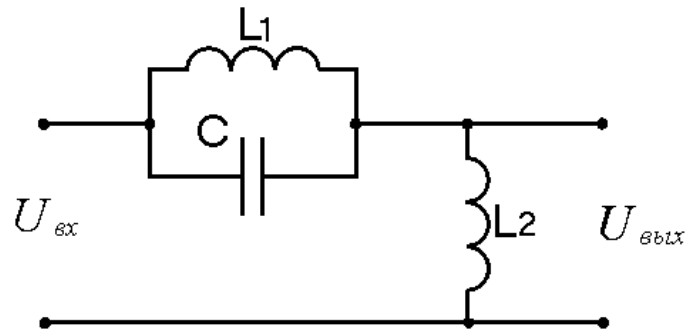


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $L_1=1,8$ Гн; $L_2=1,5$ Гн; $C=30$ мкФ

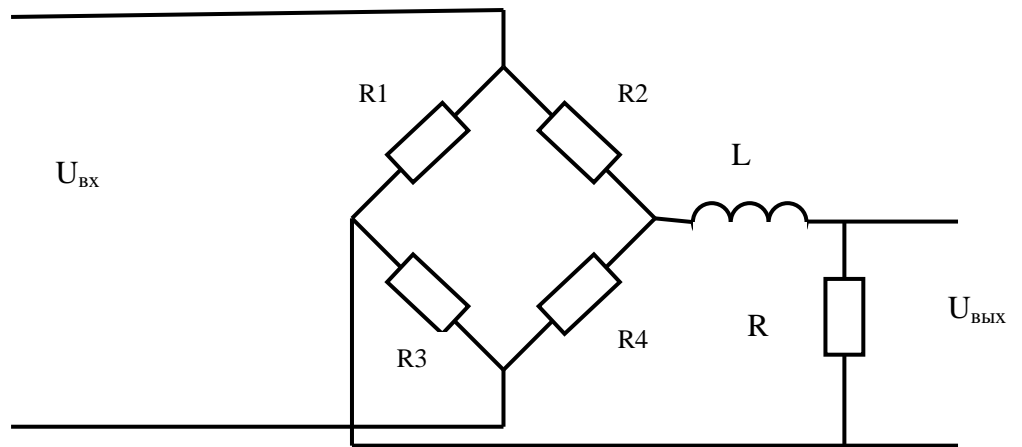


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=10$ Ом; $L=1,7$ Гн; $R_1=12$ Ом; $R_2=20$ Ом; $R_3=6$ Ом; $R_4=4$ Ом.

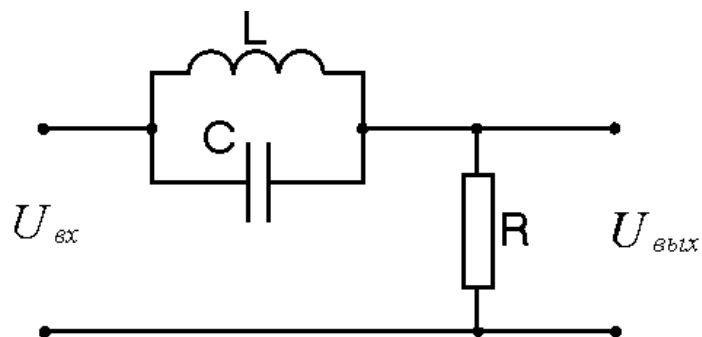


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=5$ Ом; $L=0,5$ Гн; $C=60$ мкФ.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=6$.

ВАРИАНТ №16

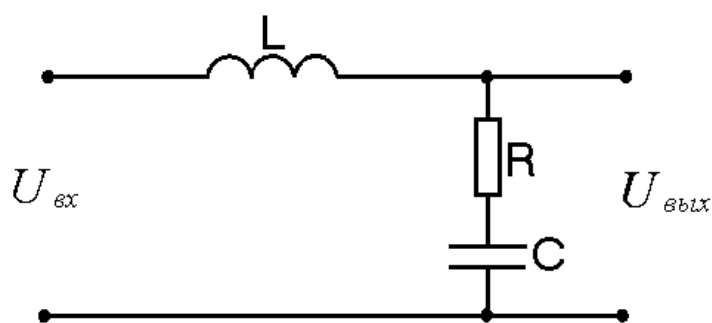


Рисунок 2 – Принципиальная схема блока КУ

Параметры схемы блока 1: $R=15 \text{ Ом}$; $L=1,5 \text{ Гн}$; $C=150 \text{ мкФ}$

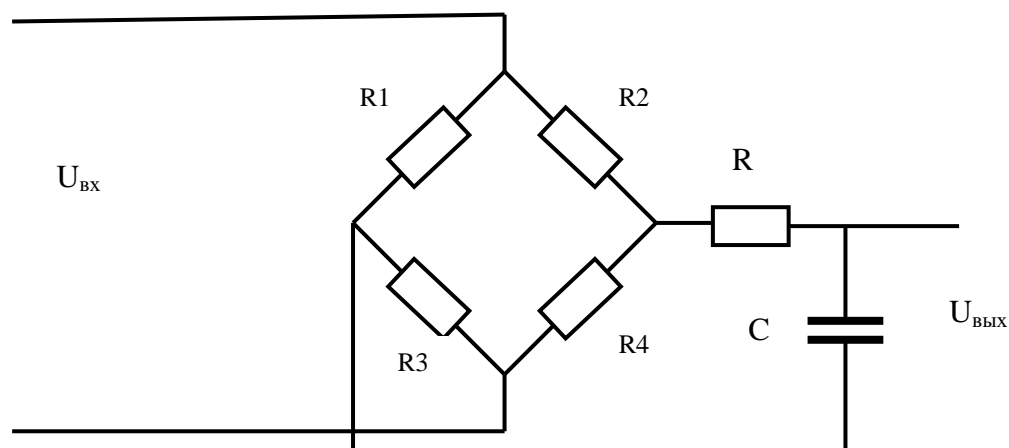


Рисунок 3 – Принципиальная схема блока ИМ

Параметры схемы блока 2: $R=15 \text{ Ом}$; $C=10 \text{ мкФ}$; $R_1=4 \text{ Ом}$; $R_2=5 \text{ Ом}$; $R_3=10 \text{ Ом}$; $R_4=8 \text{ Ом}$.

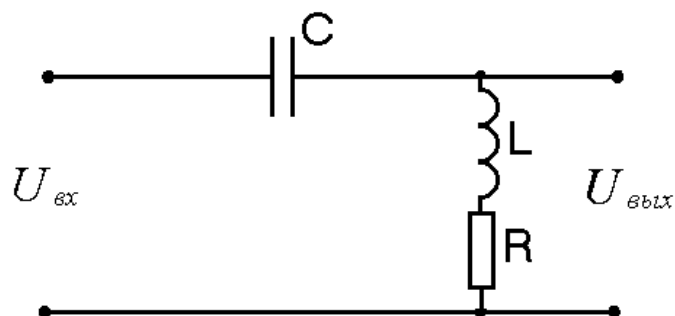


Рисунок 4 – Принципиальная схема блока ОУ

Параметры схемы блока 3: $R=10 \text{ Ом}$; $L=0,5 \text{ Гн}$; $C=80 \text{ мкФ}$.

Передаточная функция блока Д: $W_4(p)=4$.

