

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВПО «РОССИЙСКИЙ  
ХИМИКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»**

**НОВОМОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**

**А.Г. ЛОПАТИН, П.А.КИРЕЕВ, С.В. ЛОПАТИНА**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, ПРОГРАММА И КОНТРОЛЬНЫЕ  
ЗАДАНИЯ**

**Новомосковск  
2015**

УДК 62-52  
ББК 32.965  
Л 771

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент Маслова Н.В.  
(НИ (филиал) ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д. И. Менделеева)

**Лопатин А. Г., Киреев П.А., Лопатина С.В.**

Технические средства автоматизации. Методические указания, программа и контрольные задания. / ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д. И. Менделеева, Новомосковский ин-т (филиал). Новомосковск, 2015.–17 с.

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 220700 Автоматизация технологических процессов и производств

Табл. 3. Ил. 8. Библиогр.: 5 назв.

УДК 62-52  
ББК 32.965

© Новомосковский институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО Российского химико–  
технологического университета им.  
Д.И. Менделеева, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
3 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ .....	7
4 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	7
5 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	8
6 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	8
6.1 ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ.....	8
6.1.1 РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ СУММИРОВАНИЯ НА ОУ .....	9
6.1.2 РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ИНТЕГРИРОВАНИЯ .....	12
6.1.3 РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ .....	12
6.2 ПРИМЕР РАСЧЕТА СХЕМЫ СУММИРОВАНИЯ.....	13
6.3 ПРИМЕР РАСЧЕТА СХЕМЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ .....	14
6.4 ПРИМЕР РАСЧЕТА СХЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ .....	14
7 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	15

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель курса «Технические средства автоматизации» состоит в формировании у студентов знаний о принципах построения, составе, назначении, характеристиках и особенностях применения технических средств автоматизации общепромышленного и отраслевого назначения, методики их выбора для построения автоматизированных и автоматических систем регулирования и управления.

Задача преподавания дисциплины:

Изучение технических средств автоматизации для реализации систем управления химико-технологическими процессами.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 220700 «Автоматизация технологических процессов и производств», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 25 октября 2011 г. N 2520.

### **1 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

1. способности выбирать средства автоматизации технологических процессов и производств (ПК-11);
2. способности участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством (ПК-19);
3. способности выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств их обеспечению средствами автоматизации и управления; использования современных методов и средств автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством (ПК-21);
4. способности разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт (ПК-23);
5. способности аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством (ПК-39);

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:**

1. тенденции развития технических средств автоматизации, их классификацию (ПК-11; ПК-39);
2. типовые технические средства автоматизации и области их применения (ПК-19; ПК-21; ПК-23);
3. принципы построения типовых узлов и реализации основных видов функциональных преобразований в технических средствах автоматизации (ПК-21; ПК-23);
4. характеристики исполнительных устройств, регулирующих органов, автоматических регуляторов и микропроцессорных контроллеров (ПК-21; ПК-23);
5. современные методы выбора технических средств автоматизации для построения автоматизированных и автоматических средств регулирования и управления промышленными технологическими процессами, оборудованием и вводом их в действие (ПК-11; ПК-39).

**Уметь:**

1. определять статические и динамические характеристики технических средств автоматизации (ПК-19; ПК-21; ПК-23);
2. анализировать количественное влияние параметров устройств преобразования информации и автоматических регуляторов на динамику автоматической системы регулирования (ПК-19; ПК-21; ПК-23);
3. выполнять статическую и динамическую настройку средств автоматизации (ПК-19; ПК-21; ПК-23);

**Владеть:**

1. навыками выбора, монтажа, наладки и эксплуатации технических средств автоматизации (ПК-21).

## 2 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Технические средства автоматизации» для удобства изучения разбит на ряд тем, подлежащих изучению в порядке их расположения

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Рекомендуемая литература
Общие сведения о ТСА. Основные понятия и определения	Классификация ТСА по функциональному назначению в САУ. Тенденции развития ТСА. Методы изображения ТСА. Основные принципы построения ТСА.	16
Государственная система промышленных	Единая система стандартов приборостроения ЕССП.	16

приборов и средств автоматизации		
Основные технологические параметры и выбор измерительных приборов для их контроля	Правила выбора датчиков температуры, давления, расхода и уровня	12, 13, 14, 15
Исполнительные устройства	Классификация исполнительных устройств по конструктивному исполнению. Типы регулирующих органов. Исполнительные механизмы (мембранные, поршневые и т.д.). Расчет и выбор размера исполнительного устройства по пропускной способности. Выбор пропускной характеристики исполнительного устройства.	3, 4
Электрические средства автоматизации	Типовые структуры электрических аналоговых регуляторов. Элементарная база аналоговых электрических средств. Типовые схемы функционального преобразования сигналов (дифференцирования, интегрирования и т.д.). Гальваническое разделение цепей.	1, 11
Промышленные автоматические регуляторы	Принципиальные электрические схемы реализации законов регулирования, ограничения выходных сигналов, безударные переключения режимов и т.д. Принципиальные электрические схемы трехпозиционных усилителей, функциональных обратных связей и т.д. Принцип действия релейно-импульсного регулятора.	9
Электрические исполнительные устройства	Типы электродвигателей, схемы управления и т.п. Статические и динамические характеристики. Принципиальные электрические схемы контактных и бесконтактных пусковых устройств для управления ЭИМ.	9
Регулирующие и логические микроконтроллеры для локальных	Структурные схемы, особенности. Устройства связи с объектом. Программное обеспечение. Индустриальные РС и промышленные	1, 4, 11

систем	контроллеры (PLC).	
--------	--------------------	--

### 3 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Код формируемой компетенции
1.	Исследование одноконтурной АСР с 2-х позиционным регулятором	ПК-11; ПК-19 ПК-21; ПК-23; ПК-39
2.	Исследование одноконтурной АСР с ПИД регулятором	ПК-11; ПК-19 ПК-21; ПК-23; ПК-39
3.	Исследование одноконтурной АСР с программным ПИД регулятором	ПК-11; ПК-19 ПК-21; ПК-23; ПК-39

### 4 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия–Телеком, 2014. – 608 с.
2. Рачков М.Ю. Технические средства автоматизации: М.: МГИУ, 2006.–185 с.
3. Лапшенков Г.И., Полоцкий Л.М. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1988 – 288 с.
4. Исполнительные устройства регуляторов. Справочное руководство. М.С. Слободкин, Н.Ф. Смирнов, Ю.А. Казинер Издательство «Недра». Москва, 1972 г. –304 с.
5. Управляющие вычислительные комплексы. Под. ред. Н.Л. Прохорова. М.:Финансы и статистика, 2003.–352 с.

#### Информационно-справочные и поисковые системы

6. <http://www.e-automation.ru/>
7. <http://algorithm-vrn.ru/>
8. <http://www.prosensor.ru/>
9. <http://www.owen.ru/>
10. <http://www.prosoft.ru/>
11. <http://www.bookasutp.ru/>
12. <http://temperatures.ru/>
13. <http://kipservis.ru/>
14. <http://www.controlengrussia.com/>
15. <http://www.sensorica.ru/>
16. <http://studopedia.net/>

## **5 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Программой предусмотрено выполнение одной домашней контрольной работы, состоящей из 3-х задач.

Номер варианта в контрольной работе соответствует последней цифре шифра зачетной книжки студента. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту и не в полном объеме, преподавателем не проверяется и возвращается обратно студенту.

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, следует тщательно изучить темы, включенные в содержание вопросов и задания по рекомендуемой литературе. Перед решением каждой задачи следует написать условие задачи. В заданиях выполняются подробно расчеты, аргументированные пояснениями.

В конце контрольной работы следует указать литературу (автор, наименование, издательство, год издания, страницы), которой воспользовались при выполнении работы.

Контрольная работа должна быть подписана студентом с указанием даты ее выполнения и выслана на рецензию не позднее, чем за 30 дней до начала экзаменационной сессии.

После получения проверенной контрольной работы студент обязан просмотреть все замечания и внести в работу соответствующие исправления. Работа, оцененная неудовлетворительно, должна быть представлена на проверку вторично.

К экзамену, завершающему изучение дисциплины «Технические средства автоматизации», допускаются студенты, получившие удовлетворительную оценку за контрольную работу.

## **6 ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **6.1 ОПЕРАЦИОННЫЕ УСИЛИТЕЛИ**

При изучении операционных усилителей (ОУ) необходимо уяснить, что в отличие от обычных усилителей свойства и параметры операционного усилителя определяются преимущественно параметрами цепи обратной связи.

На рис.1 дано схемное обозначение операционного усилителя ОУ.

$$U_{\text{вых}} = A \cdot (U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}}),$$

где  $A$  – собственный коэффициент усиления ОУ



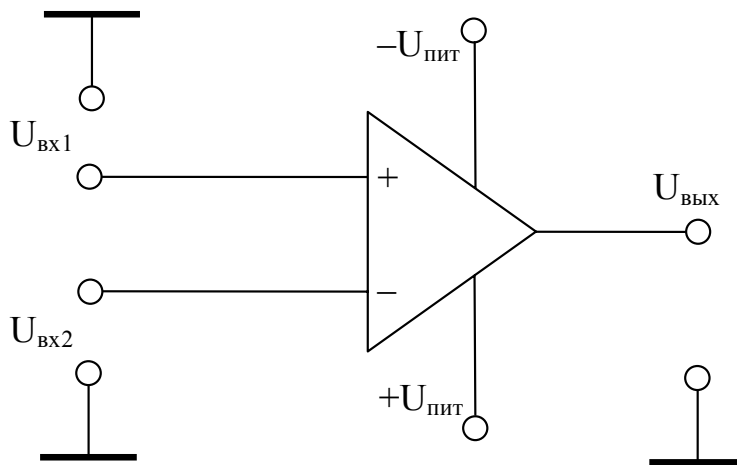


Рисунок 1 – Схемное обозначение операционного усилителя.

Операционный усилитель имеет два входа: инвертирующий и неинвертирующий (соответственно “-” и “+” на схеме). Двуполярное питание обеспечивает работу усилителя как с положительными, так и с отрицательными входными сигналами. ОУ имеет собственный коэффициент усиления (т.е. усиление при отсутствии цепей обратной связи).

Линейные и нелинейные вычислительные схемы строятся на базе ОУ. Такие схемы включают в себя схемы суммирования, усиления, интегрирования, дифференцирования, функциональные преобразователи (логарифм, экспонента, синус, косинус), умножения, деления, извлечения квадратного корня, преобразование координат.

### 6.1.1 РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ СУММИРОВАНИЯ НА ОУ

В обычном инвертирующем сумматоре (рис.2) сумма токов  $I_0$ , протекающих через входные резисторы  $R_{oi}$ , равна току, протекающему через резистор  $R_{o.c}$  в цепи обратной связи, т. е.  $\sum_{i=1}^n I_{oi} = -I_{o.c}$ , где знак  $I_{oi}$  определяется полярностью входного аналогового сигнала  $U_{вхi}$ . Поскольку  $I_{oi} = U_{вхi} / R_{oi}$  и  $I_{o.c} = U_{вых} / R_{o.c}$ , выражение для выходного напряжения записывается в виде  $U_{вых} = \sum_{i=1}^n K_{oi} U_{вхi}$ ; где  $K_{oi} = -R_{o.c} / R_{oi}$  - коэффициент передачи  $i$  - го входного сигнала. Чтобы исключить влияние входного тока ОУ на точность суммирования, необходимо инвертирующий вход ОУ заземлить через резистор  $R$ , сопротивление которого вычисляется из выражения  $1/R = 1/R_{o.c} + \sum_{i=1}^n 1/R_{oi}$ .

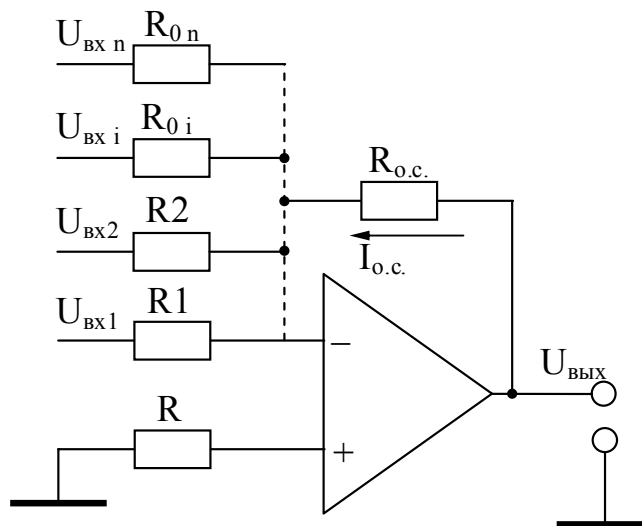


Рисунок 2 – Инвертирующий сумматор

Операционный усилитель позволяет суммировать или вычитать сигналы одновременно по обоим входам (параллельное суммирование). При использовании обоих входов ОУ (рис. 3) можно сложить входные сигналы с различными по знаку коэффициентами передачи, т. е. выполнять операции суммирования или вычитания произвольного числа сигналов на одном ОУ. В этом случае выходное напряжение

$U_{\text{вых}} = \sum_{i=1}^n K_{oi} U_{\text{вxi}} + \sum_{j=1}^m K_{nj} U_{\text{вxj}}$ , где

$K_{oi} < 0; K_{nj} > 0; K_{nj}$  – коэффициент передачи  $j$  – го входного сигнала  $U_{\text{вxj}}$  по инвертирующему входу. Выравнивание сопротивлений по входам достигается подключением поправочных резисторов  $R_o$  и  $R_n$ . Используя принцип суперпозиции, нетрудно получить выражение для напряжения на инвертирующем входе при  $R_o = \infty$ :

$$U_{\text{вх0н}} = \frac{\sum_{j=1}^m \left[ \frac{U_{\text{вxj}}}{R_{nj}} \right]}{\sum_{j=1}^m \left[ \frac{1}{R_{nj}} + \frac{1}{R_n} \right]}$$

Поскольку такое же напряжение должно быть и на инвертирующем входе, ток в резисторе  $R_{o.c.}$

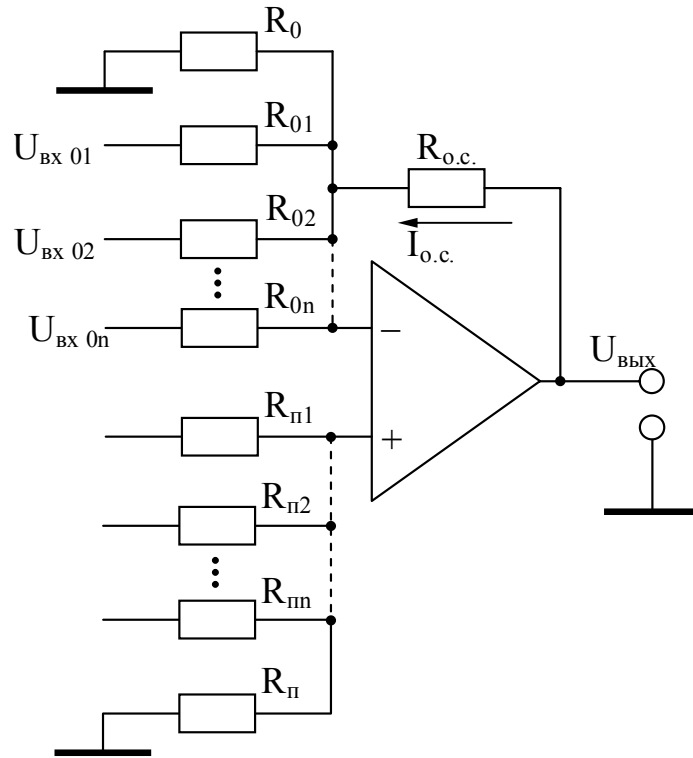


Рисунок 3 – Параллельный сумматор

$$I = \sum_{i=1}^n (U_{\text{вxi}} - U_n) / R_{oi} = \sum_{i=1}^n U_{\text{вxi}} / R_{oi} - U_n \sum_{i=1}^n (1 / R_{oi})$$

$$\text{Тогда } U_{\text{вых}} = U_n - IR_{o.c} = \left[ \left( \frac{1}{R_{o.c}} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{oi}} \right) / \left( \frac{1}{R_n} + \sum_{j=1}^m \frac{1}{R_{nj}} \right) \right] \times \sum_{j=1}^m \frac{R_{o.c}}{R_{nj}} U_{\text{вxj}} - \sum_{i=1}^n \frac{R_{o.c}}{R_{oi}} U_{\text{вxi}}$$

Чтобы обеспечивалось равенство сопротивлений  $R_{\Sigma}$  на входах ОУ, необходимо выполнить условие  $(1/R_{o.c}) + \sum_{i=1}^n (1/R_{oi}) = (1/R_n) + \sum_{j=1}^m (1/R_{nj})$ .

$$\text{Отсюда } 1/R_n = (1/R_{o.c}) / \left( 1 - \sum_{i=1}^n K_{oi} - \sum_{j=1}^m K_{nj} \right)$$

Если  $R_n = \infty$ , то из аналогичных вычислений получим

$$1/R_o = - \left( 1 - \sum_{i=1}^n K_{oi} - \sum_{j=1}^m K_{nj} \right) / R_{o.c} = -1/R_n$$

Только положительные значения сопротивлений, найденные по двум последним формулам, имеют смысл. Поэтому если  $1 - \sum_{i=1}^n K_{oi} > \sum_{j=1}^m K_{nj}$ , то сумматор должен содержать только резистор  $R_n$ ; если  $1 - \sum_{i=1}^n K_{oi} < \sum_{j=1}^m K_{nj}$ , то только резистор  $R_o$ , а если  $1 - \sum_{i=1}^n K_{oi} = \sum_{j=1}^m K_{nj}$ , только резисторы  $R_o$  и  $R_n$  не требуются.

При проектировании параллельных сумматоров на ОУ обычно заданы либо только весовые коэффициенты входных сигналов, либо дополнительно величины  $R_{\Sigma}$ .

В первом случае алгоритм проектирования следующий: выбирается удобное  $R_{o.c.}$ ; вычисляются сопротивления резисторов  $R_{oi}$ ,  $R_{пj}$ ,  $R_{п}$ ; если  $R_{п} < 0$ , то инвертирующий вход заземляется через резистор  $R_{п}$ , а если  $R_{п} > 0$ , то неинвертирующий вход заземляется через резистор с сопротивлением  $R_{п}$ .

### 6.1.2 РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Интегрирование аналоговых сигналов осуществляется ОУ с емкостной ОС (рис. 4). Благодаря большому коэффициенту усиления и малому входному току напряжение на инвертирующем входе усилителя близко к нулю, а токи во входной цепи  $I_R$  и цепи ОС  $I_{o.c.}$  приблизительно равны, т. е.  $U_{BbIX}(s) = -\frac{U_{BX}(s)}{sRC}$  или

$$U_{BbIX}(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{BX}(t) dt$$

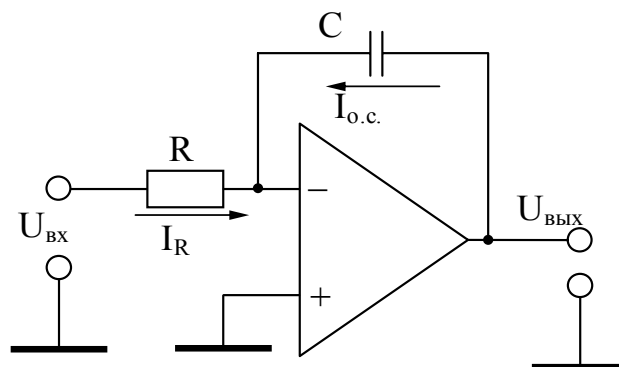


Рисунок 4 – Интегратор

Основные составляющие ошибок интегрирования обусловлены напряжением смещения нуля  $U_{см}$  и входными токами ОУ. При  $U_{BX} = 0$  входные токи усилителя протекают через конденсатор, заряжая его. Это приводит к появлению линейно изменяющейся составляющей выходного сигнала, которая при  $t \rightarrow \infty$  приводит к нарастанию выходного напряжения ОУ до максимального значения даже при  $U_{BX} = 0$ .

Выбирать сопротивление резистора  $R$  необходимо из условия  $R \gg \frac{U_{см}}{I_p}$

которое практически исключает влияние  $U_{см}$  на точность интегрирования. Постоянная времени интегрирования рассчитывается по формуле  $T_i = RC$ .

### 6.1.3 РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ

Дифференцирование аналоговых сигналов осуществляется ОУ с емкостным входом (рис. 5)

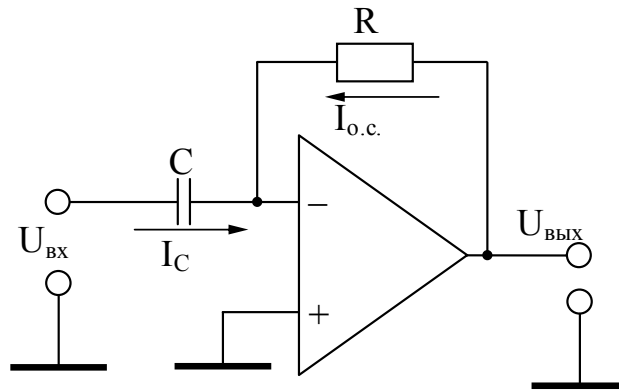


Рисунок 5 – Дифференциатор

Уравнения, описывающие функционирование дифференциатора на базе идеального ОУ, записываются исходя из равенства  $I_C = I_{O.C.}$ . Тогда  $U_{BYX}(s) = -U_{BX}(s)sRC$  или  $U_{BYX}(t) = -RC \frac{dU_{BX}(t)}{dt}$ . Статические ошибки определяются в основном значениями  $U_{CM}$  и входных токов усилителей. Постоянная времени дифференцирования рассчитывается по формуле  $T_d = RC$ .

## 6.2 ПРИМЕР РАСЧЕТА СХЕМЫ СУММИРОВАНИЯ

Рассчитать схему суммирования трех входных напряжений на операционном усилителе  $U_{BX1} = 3$  В,  $U_{BX2} = -3$  В,  $U_{BX3} = -1$  В. Тип ОУ: К 157 УД1, схема включения инвертирующая. Схема суммирования представлена на рис. 6.

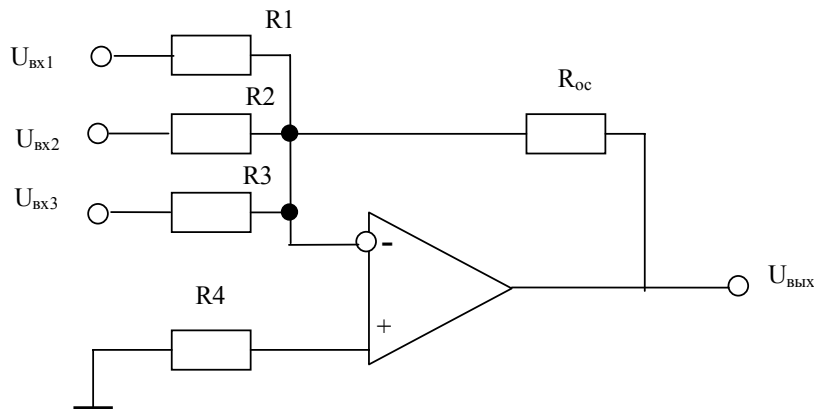


Рисунок 6 – Инвертирующий сумматор

Зададимся  $R_{OC} = 10$  кОм,  $k_i = 1$ , тогда:

$$k_1 = -\frac{R_{OC}}{R_1} \Rightarrow R_1 = -10 \text{ кОм}$$

Аналогично

$$R_2 = +10 \text{ кОм}$$

$$R_3 = +10 \text{ кОм}$$

$$\text{Следовательно: } U_{BYX} = -\frac{(3 - 3 - 1) \cdot 10}{+10} = +1 \text{ В}$$

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1}{R_{OC}} + \sum \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{1}{R_4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} \cdot 3 = \frac{4}{10} \Rightarrow R_4 = 2,5 \text{ кОм}$$

$$\begin{aligned}
 k_1 &= -2 & k_1 &= -\frac{R_{oc}}{R_1} \rightarrow R_1 = -\frac{R_{oc}}{k_1} = \frac{-10}{-2} = 5 \text{ кОм} \\
 k_2 &= -1 & k_2 &= -\frac{R_{oc}}{R_2} \rightarrow R_2 = -\frac{R_{oc}}{k_2} = \frac{-10}{-1} = 10 \text{ кОм} \\
 k_3 &= -2 & k_3 &= -\frac{R_{oc}}{R_3} \rightarrow R_3 = -\frac{R_{oc}}{k_3} = \frac{-10}{-2} = 5 \text{ кОм} \\
 U_{BbIX} &= k_1 U_{ex1} + k_2 U_{ex2} + k_3 U_{ex3} & U_{BbIX} &= -2 \cdot 3 - 1 \cdot (-3) - 2 \cdot (-1) = -6 + 3 + 2 = -1 \text{ В}
 \end{aligned}$$

### 6.3 ПРИМЕР РАСЧЕТА СХЕМЫ ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Рассчитать схему интегрирования входного напряжения  $U_{вх}$  на ОУ  $T_{и} = 30$  с, тип ОУ – К 544 УД 1, схема включения – инвертирующая. Схема интегрирования приведена на рис. 7.

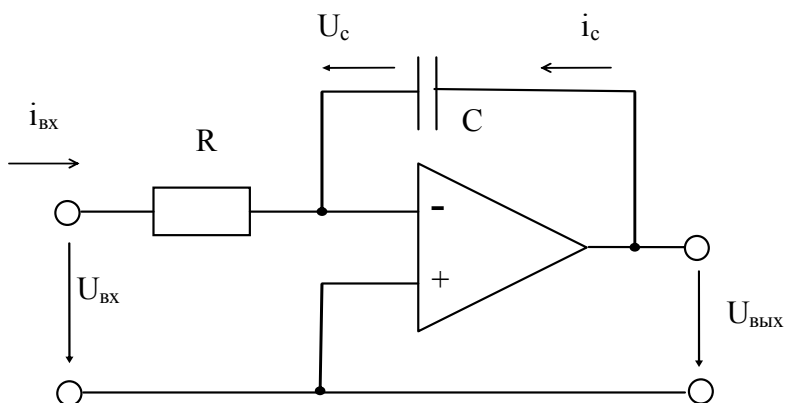


Рисунок 7 – Интегратор

Выбираем  $R_{max}$ , чтобы:  $R \gg \frac{U_{см}}{\Delta I_{вх}}$

По справочнику для ОУ К 544 УД 1

$$U_{см} = 50 \text{ мВ}$$

$$\Delta I_{вх} = 0,5 \text{ мА}$$

$$R \gg \frac{50 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} = 100 \text{ Ом}, \text{ принимаем } R = 200 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

Емкость  $C$  находим из формулы:

$$T_{и} = RC$$

$$C = \frac{T_{и}}{R} = \frac{30}{200 \cdot 10^6} = 0,15 \cdot 10^{-6} = 0,15 \text{ мкФ}$$

### 6.4 ПРИМЕР РАСЧЕТА СХЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ

Рассчитать схему дифференцирования  $U_{вх}$  на ОУ (К 544 УД 2). Постоянная дифференцирования  $T_{д} = 15$  с. Схема дифференцирования приведена на рис. 8.

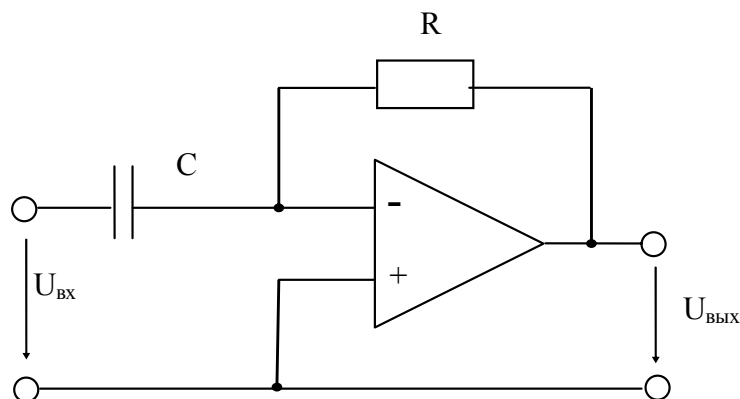


Рисунок 8 – Дифференциатор

$$U_{\text{вых}}(t) = -CR \frac{\partial U_{\text{вх}}}{\partial t}$$

Время дифференцирования  $T_d$  связано зависимостью:  $T_d = RC = 15 \text{ с}$ .

Тогда:  $R = \frac{T_d}{C}$

Примем  $C = 20 \text{ мкФ}$ , тогда  $R = \frac{15}{20 \cdot 10^{-6}} = 750 \text{ кОм}$

## 7 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1 Рассчитать схему суммирования трех входных напряжений  $U_{\text{вх1}}, U_{\text{вх2}}, U_{\text{вх3}}$  на операционном усилителе ОУ. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета сумматоров.

Вариант	Тип ОУ	Схема включения	$U_{\text{вх1}}, \text{В}$	$U_{\text{вх2}}, \text{В}$	$U_{\text{вх3}}, \text{В}$
0.	К140 УД7	Инов.	-1	1	1
1.	К140 УД7	Инов.	2	-2	2
2.	К157 УД1	Инов.	3	3	-3
3.	К157 УД1	Инов.	1	2	3
4.	К140 УД7	Инов.	-4	2	-3
5.	К140 УД7	Инов.	-3	-5	1
6.	К157 УД1	Инов.	2	3	-2
7.	К157 УД1	Инов.	1	-4	-3
8.	К140 УД7	Инов.	4	2	-2
9.	К140 УД7	Инов.	-5	-1	3

2 Рассчитать схему интегрирования входного напряжения  $U_{\text{вх}}$  на операционном усилителе ОУ. Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета интеграторов

Вариант	Схема включения	Тип ОУ	Постоянная времени интегрирования, с
0.	Инов.	К544УД1	5
1.	Инов.	К544УД2	10
2.	Инов.	К140УД7	15

3.	ИНВ.	K544УД1	20
4.	ИНВ.	K544УД2	25
5.	ИНВ.	K140УД7	30
6.	ИНВ.	K544УД1	35
7.	ИНВ.	K544УД2	40
8.	ИНВ.	K140УД7	45
9.	ИНВ.	K544УД1	50

3 Рассчитать схему дифференцирования входного напряжения  $U_{вх}$  на операционном усилителе ОУ. Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета дифференциаторов

Вариант	Схема включения	Тип ОУ	Постоянная времени дифференцирования, с
0.	ИНВ.	K544УД1	5
1.	ИНВ.	K544УД2	10
2.	ИНВ.	K140УД7	15
3.	ИНВ.	K544УД1	20
4.	ИНВ.	K544УД2	25
5.	ИНВ.	K140УД7	30
6.	ИНВ.	K544УД1	35
7.	ИНВ.	K544УД2	40
8.	ИНВ.	K140УД7	45
9.	ИНВ.	K544УД1	50



*Учебное издание*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ  
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, ПРОГРАММА И КОНТРОЛЬНЫЕ  
ЗАДАНИЯ**

ЛОПАТИН Александр Геннадиевич  
КИРЕЕВ Павел Анатольевич  
ЛОПАТИНА Светлана Викторовна

Редактор Туманова Е.М.  
Лицензия ЛР № 020714 от 02.02.98  
Подписано в печать . . . . Формат 60х84 1/16  
Бумага Снегурочка. Отпечатано на ризографе  
Усл. печ. л. 1,06. Уч.- изд. л. 1.  
Тираж 50 экз. Заказ № .

ФГБОУ ВПО Российский химико-технологический университет  
им. Д. И. Менделеева  
Новомосковский институт (филиал). Издательский центр  
Адрес университета: 125047, Москва, Миусская пл., 9  
Адрес института: 301670, Новомосковск, Тульской обл., Дружбы 8