



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

Глава 6. Интеграторы и дифференциаторы



6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

Интегрирование является одной из основных математических операций, и ее электрическая реализация означает построение схемы, в которой скорость изменения выходного напряжения пропорциональна входному сигналу. В графической интерпретации выходное напряжение оказывается пропорциональным площади под кривой входного напряжения. Те или иные разновидности интеграторов встречаются во многих аналоговых системах. Наиболее часто они применяются в активных фильтрах, а также в системах автоматического регулирования для интегрирования сигнала ошибки. Интегратор можно рассматривать как ФНЧ первого порядка, у которого наклон АЧХ составляет -20 дБ/декада. Две простейшие схемы интеграторов представлены на рис. 6.1.1.

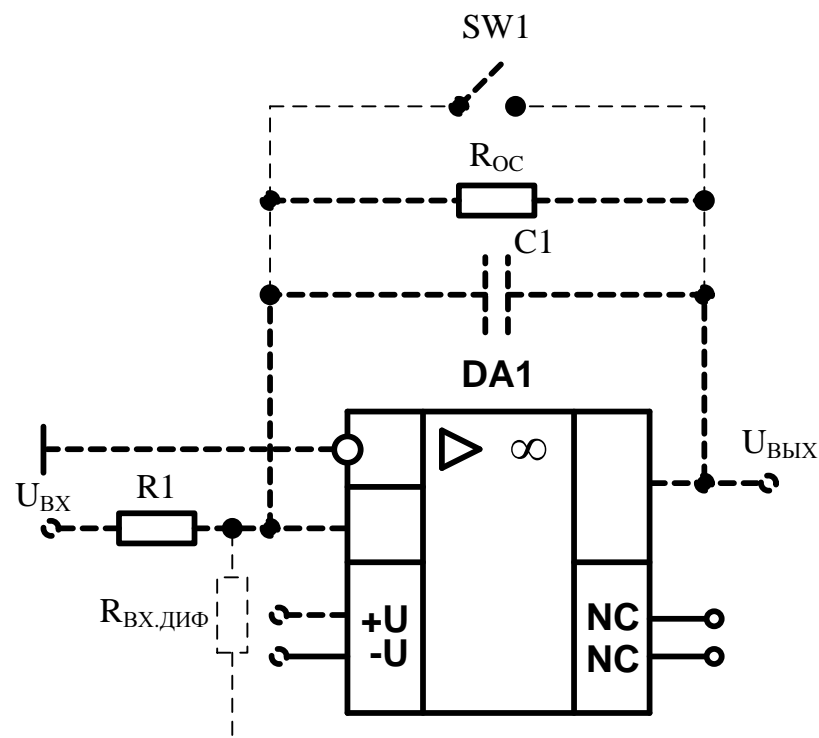


Рисунок 6.1.1 Основные схемы интеграторов: а) простой RC-интегратор, б) интегратор с ОУ



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

У простого RC-интегратора, показанного на рисунке 6.1.1а, имеются два серьезных недостатка. Во-первых, он значительно ослабляет входной сигнал и, во-вторых, имеет высокое выходное сопротивление. В результате такая схема на практике применяется редко. Стандартный интегратор с ОУ, показанный на рисунке 6.1.1б, содержит входной резистор R_1 и конденсатор C_1 , включенный в цепь обратной связи ОУ А. Ток, поступающий на инвертирующий вход ОУ, определяется сопротивлением резистора R_1 . За счет большого собственного коэффициента усиления ОУ его инвертирующий вход оказывается виртуальной землей. В результате входной ток определяется только входным напряжением и резистором R_1 . Следовательно, практически весь входной ток протекает через конденсатор C_1 , заряжая его; при этом реализуется операция интегрирования.

Вывести передаточную функцию интегратора с применением основных свойств операционного усилителя

$$U_c(t) = U_{c0} - \frac{1}{C} \cdot \int i_c(t) dt$$

$$i_c = I_{R1} = \frac{U_{BX}}{R_1}$$

$$\begin{aligned} U_{cOc}(t) &= U_{c0} - \frac{1}{C_{Oc}} \cdot \int \frac{U_{BX}(t)}{R_1} dt = U_{c0} - \frac{1}{C_{Oc} \cdot R_1} \cdot \int U_{BX}(t) dt = \\ &= U_{c0} - \frac{1}{T_{И}} \cdot \int U_{BX}(t) dt, \end{aligned}$$

где

$$T_{И} = C_{Oc} \cdot R_1$$

$$U_{ВЫХ}(t) = U_{c0} - \frac{1}{T_{И}} \cdot \int U_{BX}(t) dt$$



Осциллограммы входного и выходного напряжений схемы при подаче на вход меандра

При подаче на вход схемы меандра, получаем выходной сигнал, показанный на рисунке 6.1.2.

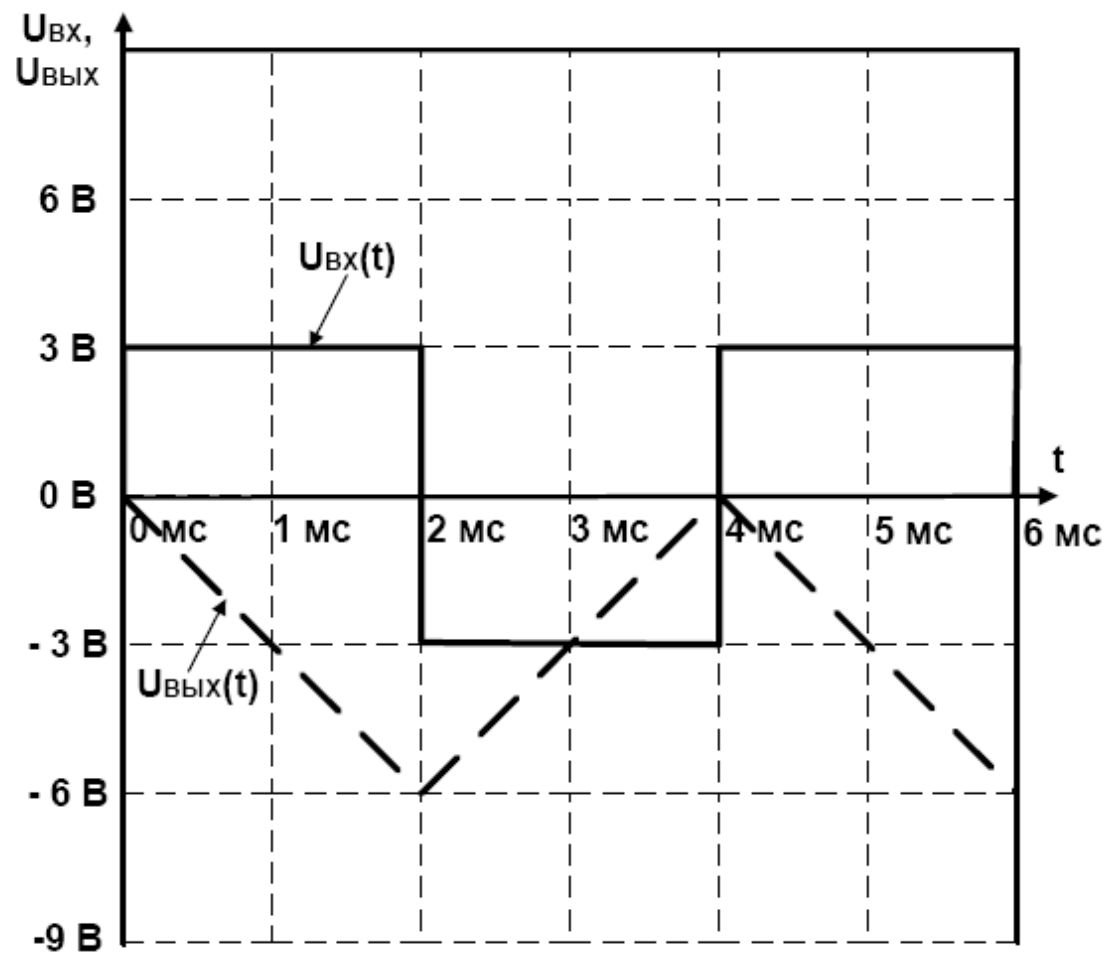


Рисунок 6.1.2 Диаграммы входного и выходного напряжения схемы при подаче на вход меандра



Ограничение входного сигнала

Чтобы интегратор не уходил в зону насыщения необходимо ограничивать входное напряжение, для этого существуют некоторые способы:

1. При известных параметрах R -сопротивления и C -емкости необходимо уменьшать амплитуду входного напряжения.
2. При постоянной амплитуде необходимо подбирать элементы R и C .
3. Если нельзя использовать ни первый ни второй способ, то необходимо перейти к другим усилителям более мощным.

Применение Т-образного соединения резисторов в схеме интегратора

Если требуется большая постоянная времени интегратора (т.е. $C_1 R_1$), то значения R_1 и C_1 должны быть большими, порядка мегаом и микрофард. Это вызывает некоторые неудобства, поскольку конденсаторы большой емкости (более 1 мкФ) не только имеют большие габариты, но и имеют худшие электрические характеристики, такие как сопротивление утечки, повышенная диэлектрическая абсорбция и потери в диэлектрике.

Введение в схему высокоомных резисторов (более 1 МОм) делает ее более подверженной влиянию паразитных емкостей и утечек; кроме того, такие резисторы менее стабильны и более дороги. Чтобы избавиться от этих проблем, вместо резистора R_1 можно использовать Т-образное соединение резисторов (рис. 6.1.3). В этой схеме важно избежать паразитных емкостей и утечек между точками А и В, так как они окажутся включенными параллельно эквивалентному сопротивлению $R_{ЭКВ}$. Для этого разрабатывается такая топология схемы, чтобы точки А и В были хорошо изолированы друг от друга, возможно, с применением защитных печатных дорожек.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

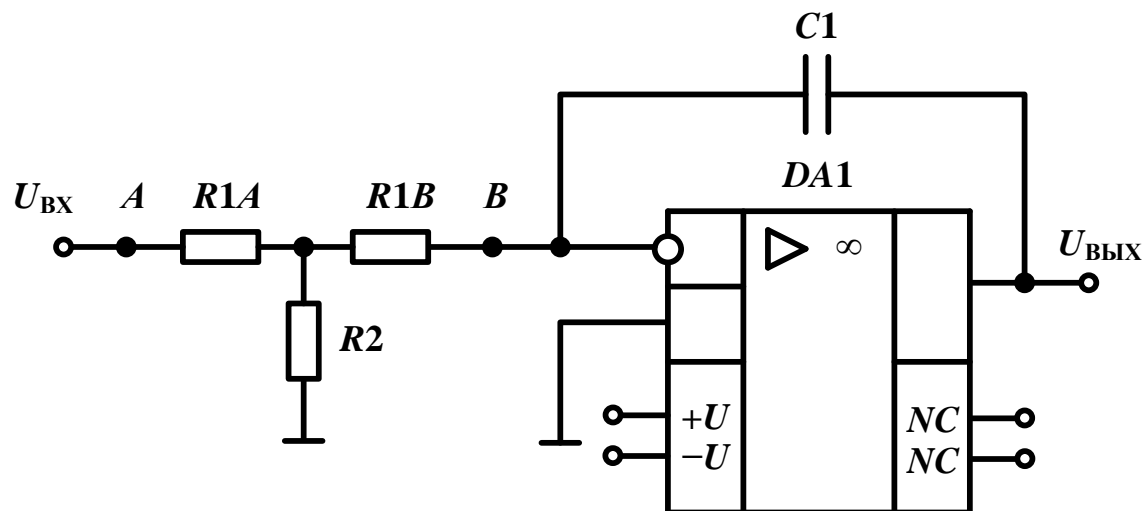
6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

Сопротивления утечки и емкости, параллельные резисторам R_{1A} и R_{1B} , оказывают меньшее влияние, так как оба эти резистора могут иметь сравнительно небольшие сопротивления, в чем, собственно, и заключается преимущество Т-образного соединения.



Рисунок

6.1.3 Применение Т-образного соединения резисторов

Отметим, что Т-образное соединение можно использовать и для получения больших эквивалентных сопротивлений резистора R_{OC} .

Суммирующий интегратор

Базовую схему интегратора легко видоизменить для интегрирования суммы нескольких сигналов, подаваемых на инвертирующий вход (рисунок 6.1.4).



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

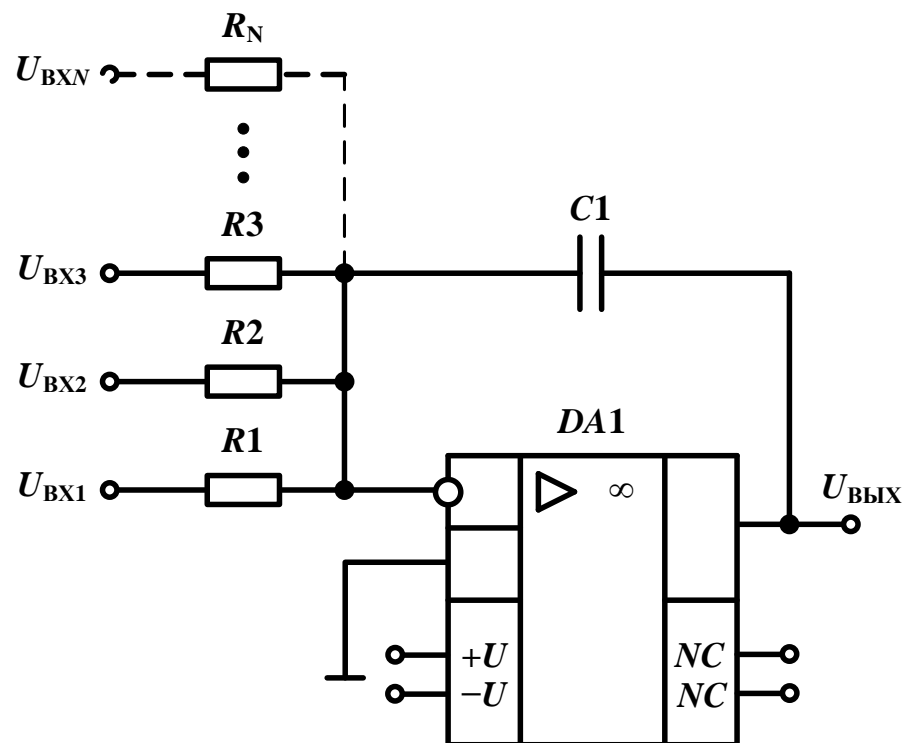


Рисунок 6.1.4 Схема суммирующего интегратора

Наибольшее число сигналов ограничивается суммарной проводимостью резисторов, присоединенных к инвертирующему входу; соответствующее эквивалентное сопротивление $R_{1ЭКВ}$ равно

$$R_{1ЭКВ} = R_1 || R_2 || R_3 || \dots || R_n$$

Это значение подставляется вместо R_1 в расчетное соотношение для выходного напряжения смещения; из него следует, что увеличение количества входов увеличивает дрейф выходного напряжения.



Интегрирование разности двух входных сигналов

Для интегрирования разности двух сигналов применяется схема, показанная на рис. 6.1.5. Она очень похожа на схему дифференциального усилителя, но в ней два резистора заменены на два конденсатора.

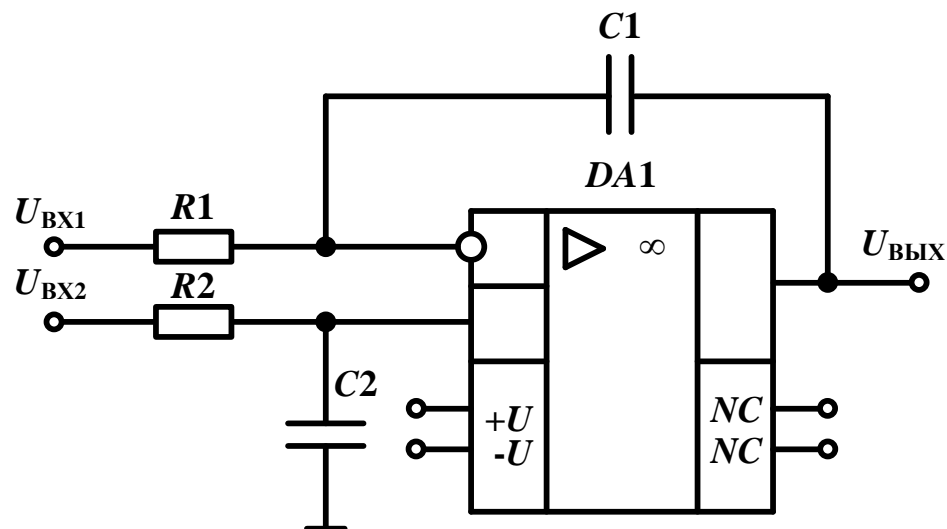


Рис. 6.1.5 Схема интегрирования разности двух входных сигналов

В схеме требуется тщательное согласование резисторов и конденсаторов, иначе мы получим плохой коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС). Значение КОСС при рассогласовании элементов определяется выражением:

$$\text{КОСС} \approx \frac{1 + sCR}{s\Delta(RC)},$$

где $\Delta(RC)$ - разность постоянных времени ($R_1C_1 - R_2C_2$).

Дрейф выходного напряжения описывается выражением:

$$U_{\text{Н}} = U_{\text{Н}} + \frac{U_{\text{Н}} \cdot \Delta t}{RC} + \frac{\Delta I_{\text{Н}} \cdot \Delta t}{C}.$$



Дифференциальный интегратор с высоким КООС

Если требуется дифференциальный интегратор с высоким КОСС, к суммирующему интегратору подключается еще один ОУ, действующий как инвертор (рис. 6.1.6). КОСС этой схемы намного выше, так как он зависит только от согласования резисторов, а не конденсаторов. Для получения неинвертирующего интегратора можно либо заземлить инвертирующий вход (U_{BX1}) дифференциального интегратора (рис. 6.1.5), либо включить после интегратора инвертирующий каскад.

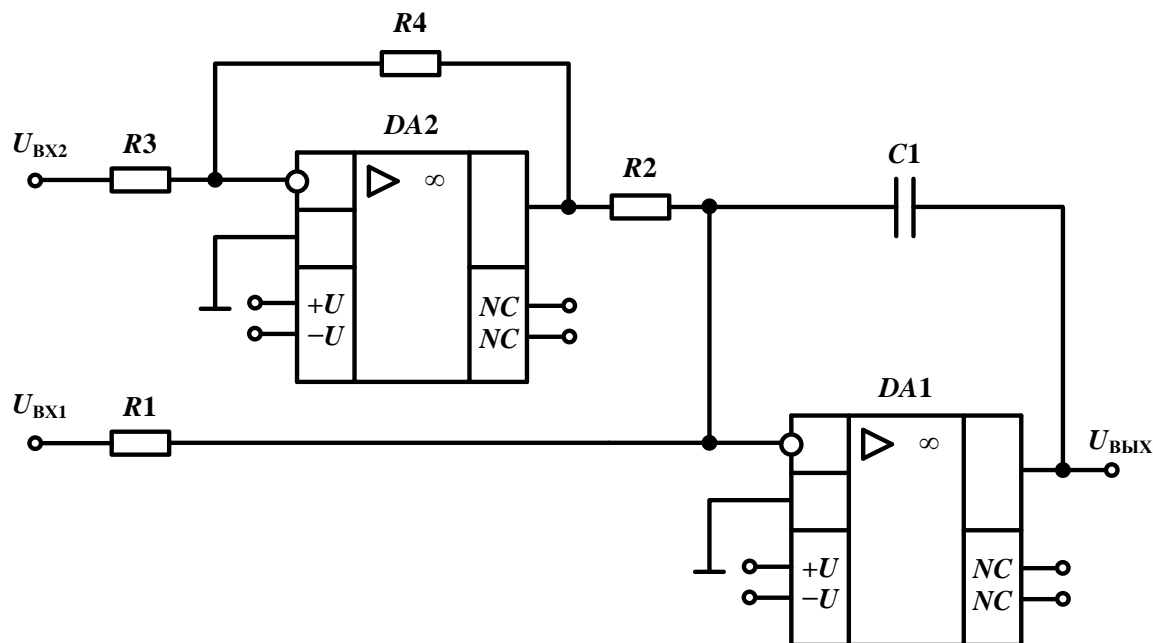


Рисунок 6.1.6 Схема дифференциального интегратора с высоким КОСС

Инвертор лучше включать после интегратора для сохранения динамического диапазона поскольку интегратор ослабляет высокочастотные сигналы.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

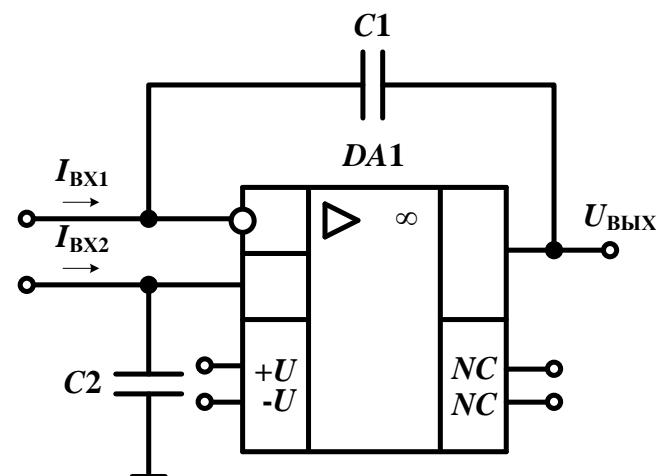
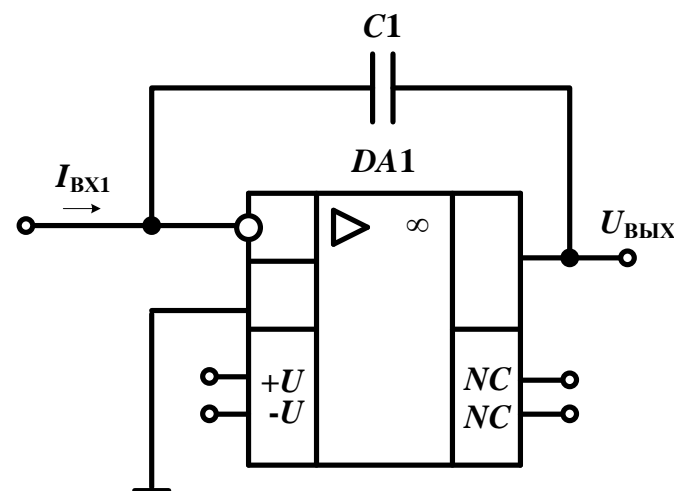
6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

Интеграторы тока – «собиратели заряда»

Исключив входной резистор (рисунок 6.1.7а), базовый интегратор можно превратить в интегратор тока. Можно построить также дифференциальный интегратор тока (рисунок 6.1.7б).





ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

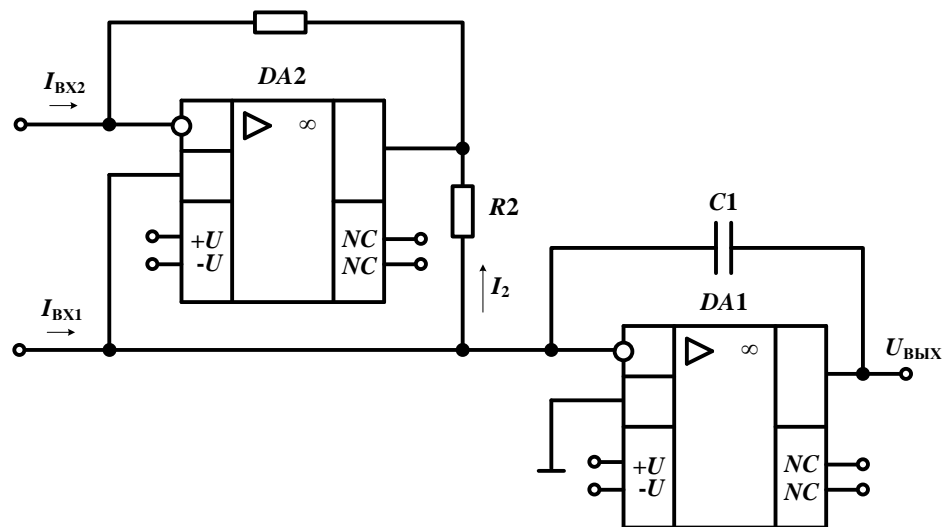


Рис. 6.1.7 Интеграторы тока: а) простой с виртуальной землей, б) дифференциальный, в) дифференциальный с виртуальной землей

Дифференциальный интегратор тока имеет несколько серьезных недостатков, таких, как необходимость тщательного согласования конденсаторов и применение источника тока с высоким выходным сопротивлением. Эти проблемы решаются включением еще одного ОУ (рисунок 6.1.7в); в этом случае один ОУ действует как интегратор тока, а дополнительный - как токовое зеркало.

Применение фильтра нижних частот в качестве двойного интегратора

Если необходимо произвести операцию двойного интегрирования, например, выходного сигнала акселерометра для определения смещения, вместо использования двух интеграторов рассмотрим вариант применения ФНЧ второго порядка с наклоном АЧХ -40 дБ/декада. Реализующая этот вариант схема представлена на рисунке 6.1.8.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

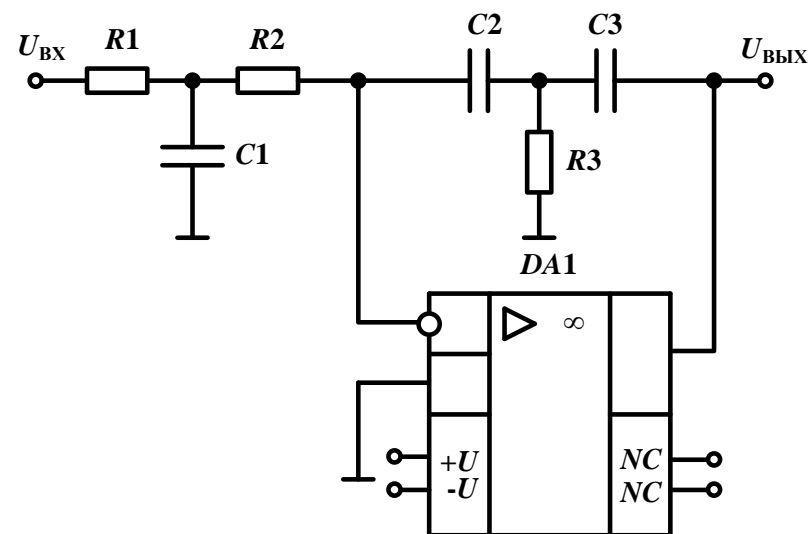


Рис. 6.1.9 Применение фильтра нижних частот в качестве двойного интегратора

Схема описывается следующей передаточной функцией:

$$T(s) = - \frac{(1 + sR_3(C_2 + C_3))}{s^2 C_2 C_3 \left(1 + \frac{sR_1 R_2 C_1}{(R_1 + R_2)} \right) (R_1 + R_2)} .$$

При выборе компонентов $C_1 = C_2 = C_3 = C$, $R_1 = R_2 = R$ и $R_3 = R/4$ (при этом полюсы и нули компенсируются), получим:

$$\frac{U_{\hat{A}\hat{O}}}{U_{\hat{A}\hat{O}}} = \frac{2}{s^2 C^2 R^2} .$$



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

Отметим, что компенсация полюсов и нулей происходит на частоте, которая обычно близка к середине рабочего диапазона частот. Для получения хорошей компенсации требуется очень точное согласование элементов. Дрейф выходного напряжения описывается выражением:

$$U_{\text{н.д.}} = \left[\frac{U_{\text{н.д.}}}{R^2 C^2} + \frac{2 I_{\text{н.д.}}}{RC^2} \right] t^2 + \left[\frac{2 I_{\text{н.д.}}}{C} \right] t + [U_{\text{н.д.}} + 2 I_{\text{н.д.}} R].$$



6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Дифференциатор — это устройство, выходное напряжение которого пропорционально скорости изменения сигнала на входе. Дифференциатор можно рассматривать как Фильтр Высоких Частот (ФВЧ) первого порядка, в котором используется участок характеристики с наклоном 20 дБ/декада. Если при разработке интеграторов основные проблемы связаны с дрейфом и низкочастотным участком характеристики, то в дифференциаторах они связаны с шумами, устойчивостью и параметрами АЧХ на высоких частотах. Показанный на рис. 6.2.1а простой RC-дифференциатор оказывается слишком примитивным и имеет два основных недостатка: он ослабляет входной сигнал и его выходное сопротивление слишком велико. Дифференциатор на рис. 6.2.1б состоит из резистора R_2 , конденсатора C_1 и ОУ.

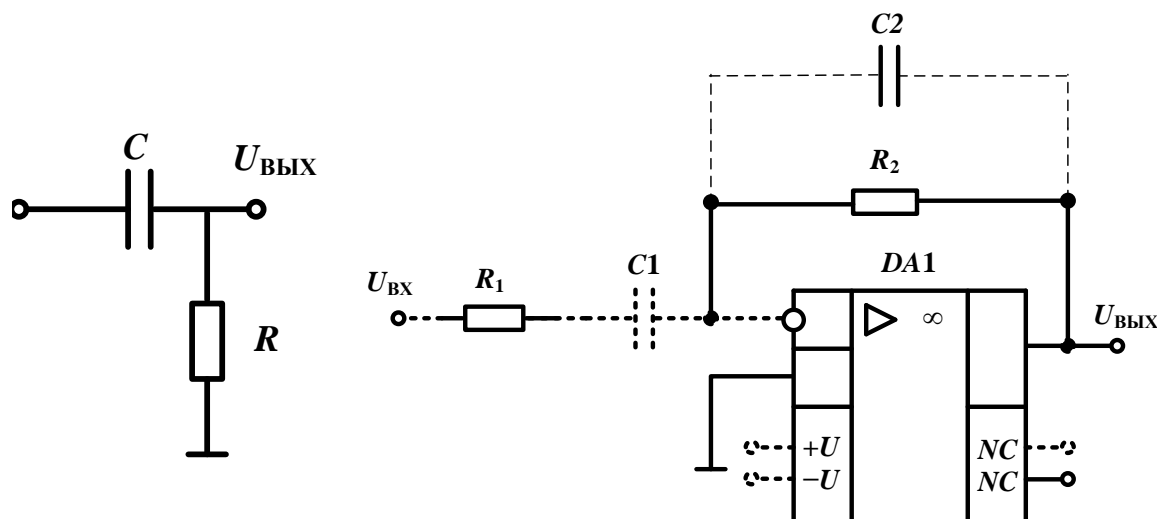


Рис. 6.2.1 Основные схемы дифференциаторов: а) простой RC-дифференциатор, б) дифференциатор на ОУ



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

Изменения входного напряжения вызывают протекание тока через конденсатор C_1 ; этот ток должен течь также через резистор R_2 . За счет большого внутреннего коэффициента усиления ОУ его инвертирующий вход является виртуальной землей, поэтому выходное напряжение ОУ оказывается пропорциональным скорости изменения входного напряжения. Схема с резистором R_2 , конденсатором C_1 и ОУ потенциально неустойчива и склонна к генерации на высоких частотах. Для повышения устойчивости в схему включаются резистор R_1 или конденсатор C_2 , или оба этих элемента.

Передаточная функция дифференциатора с применением основных свойств операционного усилителя

В данном пункте представлено выведение передаточной функции дифференциатора.

$$\begin{cases} I_{C1} = C_1 \cdot \frac{dU_{BX}}{dt} \\ I_{C1} = -I_{R_{OC}} = -\frac{U_{ВЫХ}}{R_{OC}} \end{cases}$$

Из приведенной выше системы получаем:

$$C_1 \cdot \frac{dU_{BX}}{dt} = -\frac{U_{ВЫХ}}{R_{OC}},$$

Следовательно передаточная функция имеет вид:

$$U_{ВЫХ}(t) = -T_D \cdot \frac{dU_{BX}(t)}{dt},$$

где $T_D = R_{OC} \cdot C_1$ – постоянная времени.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

Осциллограммы входного и выходного напряжений схемы при подаче на вход треугольного напряжения

На рисунке 6.2.2 приведен график диаграмм входного и выходного напряжения при подаче треугольного сигнала на вход схемы.

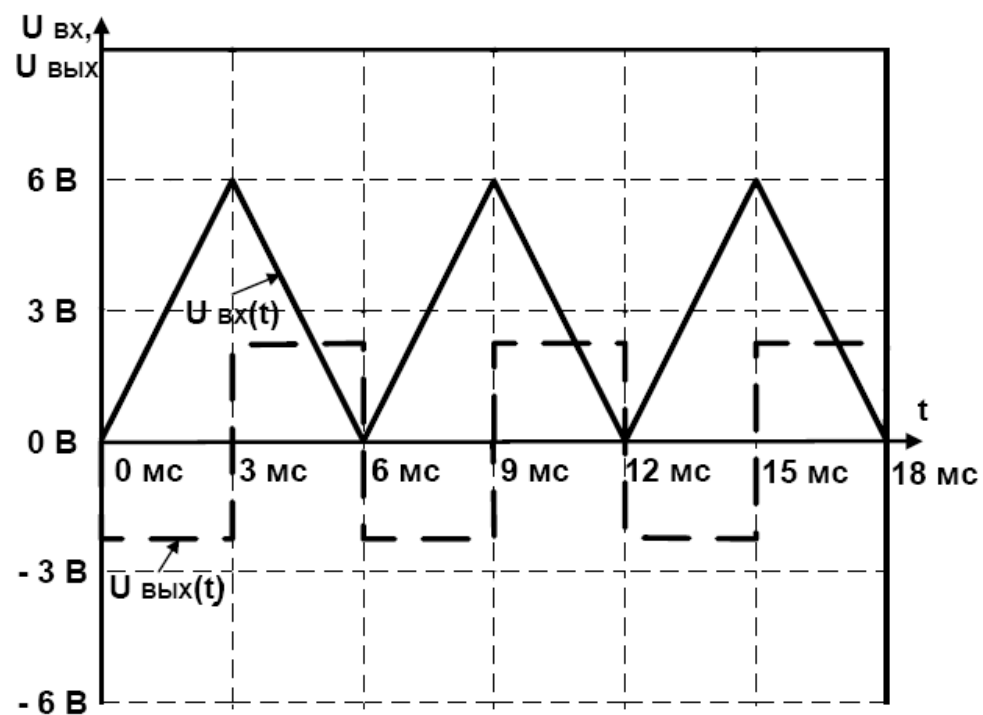


Рис. 6.2.2 Диаграммы входного и выходного напряжения при подаче треугольного сигнала

Как можно увидеть из графика, при подаче на вход треугольного сигнала на выходе получаем прямоугольный сигнал или меандр.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

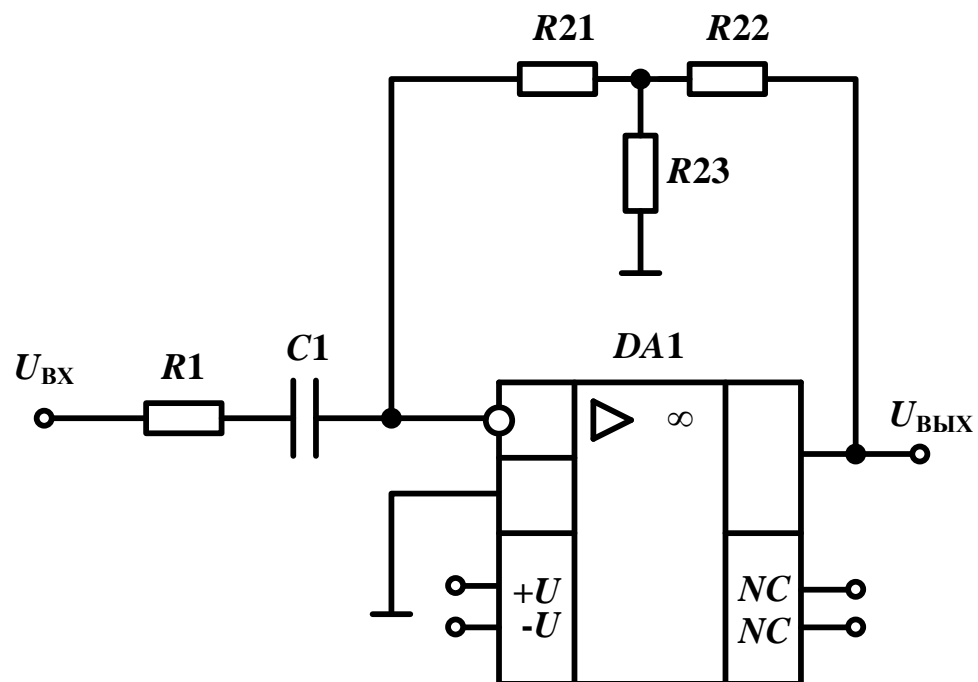
6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

Дифференциатор с использованием Т-образного соединения резисторов в цепи обратной связи

Схема дифференциатора с Т-образным соединением приведена на рисунке 6.2.3.



$$U_{\text{ВЫХ}} = -R_{\text{ЭКВ}} \cdot C1 \frac{dU_{\text{ВХ}}}{dt}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = R21 + R22 + \frac{R21 \cdot R22}{R23}$$

Рис. 6.2.3 Использование Т-образного соединения резисторов в цепи обратной связи.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

При построении дифференциаторов с большим коэффициентом усиления необходимо увеличивать постоянную времени C_1R_2 . При этом потребуется резистор R_2 с большим сопротивлением (более 1 МОм). При использовании таких резисторов заметно сказываются сопротивления утечки и паразитные емкости, а точность самих резисторов невысока. Избежать их применения можно, используя Т-образное включение резисторов с меньшими сопротивлениями (тогда влияние паразитных емкостей и сопротивлений утечки уменьшается). При конструировании платы необходимо стремиться к тому, чтобы уменьшить токи утечки и паразитные емкости. Целесообразно применять также защитные печатные дорожки.

Схема дифференциатора с использованием Т-образного соединения конденсаторов на входе операционного усилителя

Если все же окажется невозможным получить достаточно большую постоянную времени, потребуются дополнительные каскады усиления сигнала.

Дополнительные каскады усиления рекомендуется вводить перед дифференциатором. Это снижает требования к смещениям и дрейфам в остальных каскадах проектируемого устройства, так как дифференциатор развязывает по постоянному току предшествующие и последующие каскады.

Повышение коэффициента усиления каскадов, предшествующих дифференциатору, снижает его относительный вклад в общий шум, что очень существенно, так как дифференциатор обычно оказывается едва ли не самой "шумящей" частью схемы.



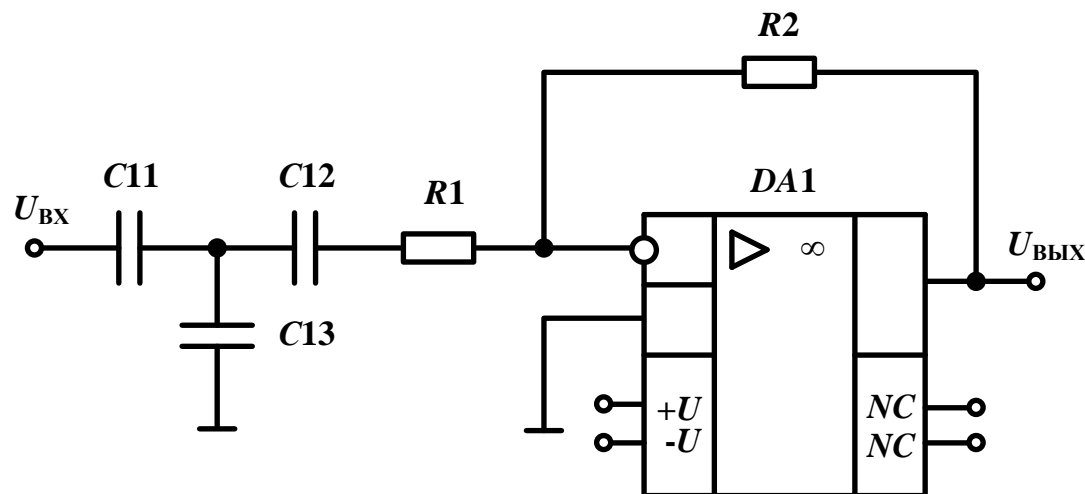
ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий



$$U_{\text{ВЫХ}} = -R_2 \cdot C_{\text{ЭКВ1}} \frac{dU_{\text{ВХ}}}{dt}$$

$$\text{где } C_{\text{ЭКВ1}} = C11 + C12 + \frac{C11 \cdot C12}{C13}$$

$$C_{\text{ЭКВ2}} = \frac{(C11 + C13) \cdot C12}{C11 + C12 + C13}$$

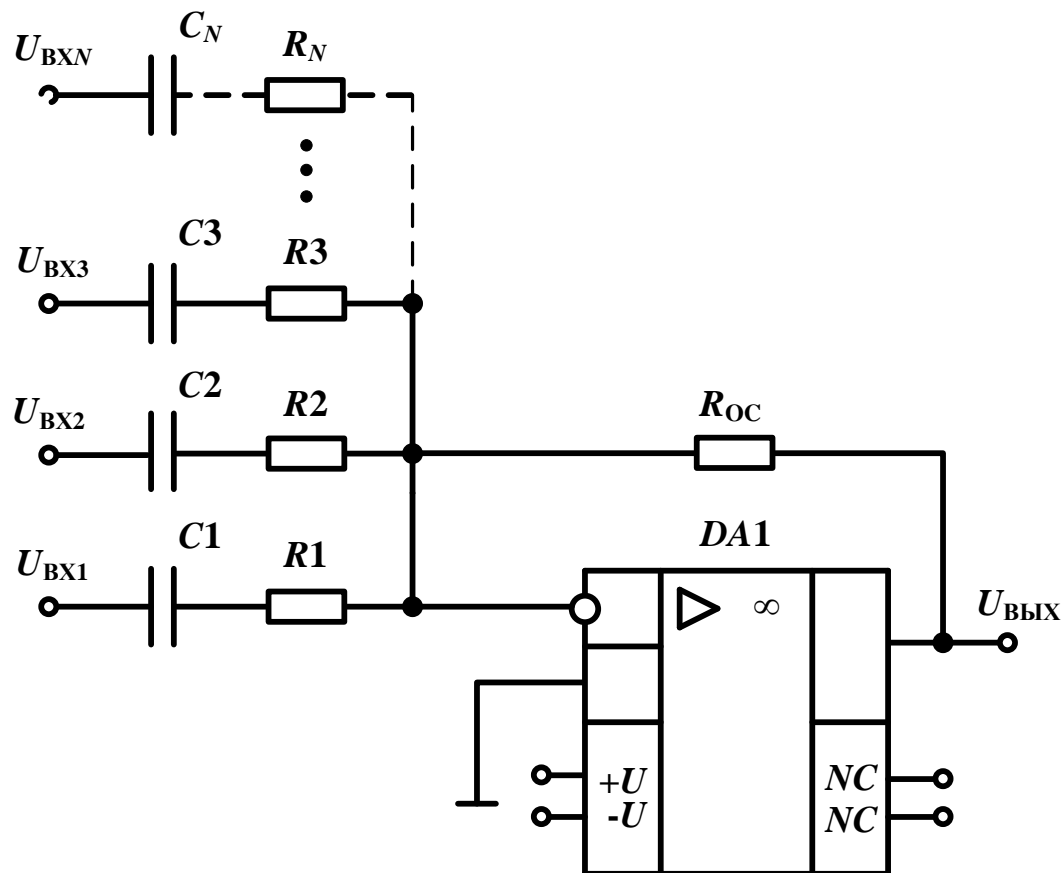
Рис. 6.2.4 Использование Т-образного соединения конденсаторов на входе ОУ

Нижний предел постоянной времени ограничивается минимальными практически достижимыми значениями R_2 и C_1 . Например, сопротивление резистора R_2 нельзя уменьшать ниже некоторого порога из-за возможной перегрузки выхода ОУ. Минимальное значение конденсатора C_1 ограничивается паразитными емкостями и сопротивлениями утечки. Показанное на рис. 6.2.4 Т-образное соединение позволяет применять конденсаторы больших номиналов для получения малой эффективной емкости. В этом случае необходимо тщательно продумывать топологию и монтаж платы. Отметим, что при расчетах выходного шума и устойчивости схемы необходимо использовать значение $C_{\text{ЭКВ2}}$.



Схемы суммирующего и разностного дифференциаторов

Схема для суммирования производных нескольких сигналов реализуется простым подключением дополнительных элементов к инвертирующему входу ОУ (рис. 6.2.5). Инвертирующий вход является точкой суммирования токов.



$$U_{\text{ВЫХ}} = -R_1 \cdot C_1 \frac{dU_{\text{BX1}}}{dt} - R_2 \cdot C_2 \frac{dU_{\text{BX2}}}{dt} - R_3 \cdot C_3 \frac{dU_{\text{BX3}}}{dt} \dots - R_N \cdot C_N \frac{dU_{\text{BXN}}}{dt}$$

Рис. 6.2.5 Схема суммирующего дифференциатора



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

В цепи каждого входа должен быть включен стабилизирующий резистор; вводимый им полюс передаточной функции должен находиться на достаточно низкой частоте для обеспечения устойчивой работы схемы.

Число суммируемых сигналов ограничивается шумами, так как с увеличением количества входов растет коэффициент усиления на высокой частоте, который определяется соотношением $-R_{OC}/R_{\Sigma}$, где $R_{\Sigma} = R_1 || R_2 || \dots || R_N$; соответственно с этим возрастает выходной шум.

Дифференциальный (т.е. разностный) дифференциатор строится по схеме, показанной на рис. 6.2.6. Передаточная функция схемы:

$$U_{\hat{A}\hat{O}} = -\frac{1}{(1+sC_1R_1)} \left[\frac{(1+sC_1(R_1+R_3))}{(1+sC_2(R_2+R_4))} sC_2R_4 U_{\hat{A}\hat{O}2} - sC_1R_3 U_{\hat{A}\hat{O}1} \right]$$

Добавлением резисторов R_1 и R_2 как и ранее, вводятся полюса передаточной функции, стабилизирующие работу схемы. Для получения хорошего коэффициента ослабления синфазного сигнала требуется тщательное согласование значений резисторов и конденсаторов. Если элементы выбраны так, что $R_1 = R_2 = R$, $R_3 \approx R_4 \approx R_{OC}$ и $C_1 \approx C_2 \approx C$, а частоты сигналов лежат значительно ниже $1/(RC)$, то

$$U_{\hat{A}\hat{O}} \approx R_{OC}C \left(\frac{dU_{\hat{A}\hat{O}2}}{dt} - \frac{dU_{\hat{A}\hat{O}1}}{dt} \right).$$

Значение КОСС при рассогласовании элементов

$$КОСС \approx \frac{1+j\omega CR_{OC}}{R_{OC}C\Delta(R_{OC}C)},$$

где $\Delta(R_{OC}C) = R_4C_2 - R_3C_1$.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель (дифференциатор)

Глоссарий

ОУ также вносит свою долю погрешности в КОСС.

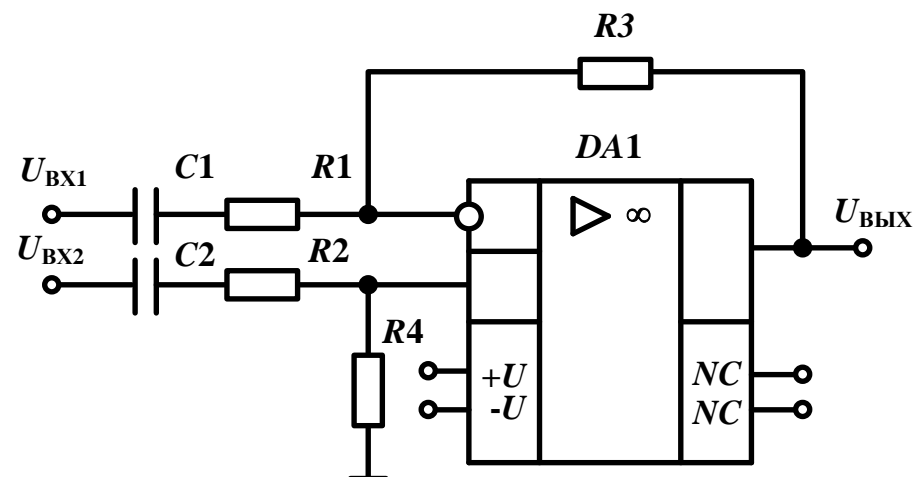


Рис. 6.2.6 Схема разностного дифференциатора.

На практике трудно добиться удовлетворительной работы такой схемы из-за сложности согласования емкостей конденсаторов. Проще включить перед дифференциатором дополнительный дифференциальный усилитель.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий



Глоссарий





ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

HCPL-788J – Изолирующий усилитель компании Avago с его возможностями обнаружения короткого замыкания и перегрузки делает компактным, доступным по стоимости и простым в реализации контроль потребляемого электродвигателем тока при соответствии международным требованиям безопасности и регуляторным нормам. Изолирующий усилитель HCPL-788J предназначен для контроля тока двигателей с электронным управлением. В типичной реализации токи электродвигателя протекают через внешний резистор, а падение напряжение на нем контролируется с помощью HCPL-788J. Данное напряжение доступно в усиленном виде на другой стороне барьера оптической изоляции усилителя HCPL-788J. Это напряжение пропорционально току двигателя и может быть подключено непосредственно к входу однополярного АЦП. Предусмотрены логический выход сигнализации аварийного состояния (FAULT) и аналоговый выход выпрямленного выходного напряжения (ABSVAL). Выход FAULT поддерживает подключение по принципу монтажного ИЛИ и полезен для быстрого обнаружения короткого замыкания в любой из фаз двигателя. Выход ABSVAL также допускает включение по принципу монтажного ИЛИ. Данный выход упрощает контроль потребляемого двигателем тока, т.к. здесь выполняется многофазное выпрямление. Поскольку в современном электроприводе синфазное напряжение может изменяться на сотни вольт за десятки микросекунд, в HCPL-788J заложена возможность игнорирования больших переходных синфазных напряжений (10 кВ/мс).

Активный фильтр – один из видов аналоговых электронных фильтров, в котором присутствует один или несколько активных компонентов, к примеру транзистор или операционный усилитель. В активных фильтрах используется принцип отделения элементов фильтра от остальных электронных компонент схемы. Часто бывает необходимо, чтобы они не оказывали влияния на работу фильтра.

Аналоговый умножитель/делитель – это устройство, обеспечивающее выходное напряжение или ток, пропорциональные произведению двух или больше входных напряжений или токов. Кроме умножения/деления, такая ИС может возводить в квадрат, извлекать корень и осуществлять модуляцию. Эти ИС применяются в радарх, системах связи, промышленных системах управления, где требуется реакция в реальном времени. Analog Devices предоставляет большой набор ИС для умножения/деления.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) – Аналого-цифровой преобразователь (АЦП, англ. Analog-to-digital converter, ADC) — устройство, преобразующее входной



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

аналоговый сигнал в дискретный код (цифровой сигнал). Обратное преобразование осуществляется при помощи ЦАП (цифро-аналогового преобразователя, DAC). Как правило, АЦП — электронное устройство, преобразующее напряжение в двоичный цифровой код. Тем не менее, некоторые неэлектронные устройства с цифровым выходом, следует также относить к АЦП, например, некоторые типы преобразователей угол-код. Простейшим одноразрядным двоичным АЦП является компаратор.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) производит обратную операцию.

Гиратор — электрическая цепь, которая осуществляет инвертацию импеданса. Другими словами, эта схема заставляет ёмкостные цепи проявлять индуктивные свойства, полосовой фильтр будет вести себя как режекторный фильтр и т. п.

Датчик Холла — Датчик, измеряющий индукцию магнитного поля на основе эффекта Холла.

Датчик, сенсор — Термин систем управления, первичный преобразователь, элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства системы, преобразующий контролируемую величину в удобный для использования сигнал.

Делогарифмирующий усилитель, Делогарифматор — Операционный усилитель, выходное напряжение которого пропорционально экспоненте от входного.

Демодуляция — Демодуляция (Детектирование сигнала) — процесс, обратный модуляции колебаний, преобразование модулированных колебаний высокой (несущей) частоты в колебания с частотой модулирующего сигнала. Для передачи энергии электромагнитной волны используются высокочастотные колебания, а колебания низкой частоты используются для модуляции (слабого изменения амплитуды или фазы) высокочастотных колебаний. На принимающей станции из этих сложных колебаний с помощью специальных методов снова выделяют колебания низкой частоты, которые после усиления подаются на громкоговоритель. Этот процесс выделения информации из принятых модулированных колебаний получил название демодуляции, или детектирования колебаний.

Дифференциальный операционный усилитель — ОУ, усиливающий разницу между напряжениями, подаваемыми на инвертирующий и на неинвертирующий входы.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

Дифференцирующий усилитель – Операционный усилитель, выходное напряжение которого пропорционально дифференциалу (производной) от входного.

Дрейф нуля операционного усилителя – Дрейфом нуля (нулевого уровня) называется самопроизвольное отклонение напряжения или тока на выходе операционного усилителя (ОУ) от начального значения. Этот эффект наблюдается и при отсутствии сигнала на входе. Поскольку дрейф нуля проявляется таким образом, как будто он вызван входным сигналом ОУ, то его невозможно отличить от истинного сигнала. Существует достаточно много физических причин, обуславливающих наличие дрейфа нуля в ОУ. К ним относятся нестабильности источников питания, температурная и временная нестабильности параметров транзисторов и резисторов, низкочастотные шумы, помехи и наводки. Среди перечисленных причин наибольшую нестабильность вносят изменения температуры, вызывающие дрейф. Поскольку температурные изменения этих параметров имеют закономерный характер, то в некоторой степени могут быть скомпенсированы.

Защитное экранирование в измерительных цепях – Экранирование может принести пользу в двух случаях. Во-первых, оно может использоваться для подавления излучения источника в небольшом объеме; это предотвратит распространение помех и их воздействие на близлежащие критичные компоненты схемы. Однако, такое экранирование может привести к тому, что при недостаточно тщательной разработке и размещении шин земли либо при некорректном подключении, сам экран будет являться источником дополнительных помех, что усугубит проблему. Во-вторых, экраны могут быть размещены вокруг критичных элементов схемы для предотвращения воздействия помех на них. В данном случае, экраном может служить металлический кожух или кабель с металлической оплеткой вокруг центрального проводника.

Измерительный усилитель – Усилитель, предназначенный для усиления сигналов с первичных измерительных элементов. К ИУ предъявляются повышенные требования по точности и стабильности работы.

Импеданс – Электрическое сопротивление (Ом).

Инвертирующий вход операционного усилителя – Если на неинвертирующий вход подать 0 В, то при подаче напряжения положительной полярности на инвертирующий вход



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

операционного усилителя на выходе установится отрицательное напряжение. Этот вход ОУ обозначается на схеме знаком «—» либо обводится кружком.

Инвертирующий усилитель, Инвертор – электронный усилитель, «переворачивающий» сигнал (сдвигающий фазу выходного сигнала на 180° относительно входного).

Инвертор, Логический инвертор – логический элемент цифровой вычислительной техники, выполняющий операцию логического отрицания.

Интегрирующий усилитель, Интегратор – Операционный усилитель, выходное напряжение которого пропорционально интегралу от входного.

Компаратор – Операционный усилитель, предназначенный для работы в режиме частых переключений.

Коэффициент ослабления синфазного сигнала (КОСС) – Идеальный операционный усилитель (ОУ) усиливает только разницу входных напряжений, сами же напряжения значения не имеют. В реальных ОУ значение входного синфазного напряжения оказывает некоторое влияние на выходное напряжение. Данный эффект определяется параметром коэффициента ослабления синфазного сигнала (КОСС, англ. common-mode rejection ratio, CMRR), который показывает, во сколько раз приращение напряжения на выходе меньше, чем вызвавшее его приращение синфазного напряжения на входе ОУ. Типичные значения: $10^4 \div 10^6$. КОСС часто выражается в децибелах. Так для операционных усилителей общего применения КОСС составляет порядка 65...100 дБ.

Логарифмирующий усилитель, Логарифматор – Операционный усилитель, выходное напряжение которого пропорционально натуральному логарифму от входного.

Масштабирующий сумматор – Операционный усилитель, выходное напряжение которого пропорционально сумме входных напряжений, умноженных на коэффициент усиления (масштаб) по каждому из входов.

Меандр – бесконечный, периодический сигнал прямоугольной формы, широко используемый в радиотехнике. Длительность импульса и длительность паузы в периоде такого



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

сигнала равны. Другими словами, меандр — бесконечный, периодический прямоугольный сигнал со скважностью, равной 2.

Модуляция — процесс изменения одного или нескольких параметров высокочастотного несущего колебания по закону низкочастотного информационного сигнала (сообщения). Передаваемая информация заложена в управляющем сигнале, а роль переносчика информации выполняет высокочастотное колебание, называемое несущим. Модуляция, таким образом, представляет собой процесс «посадки» информационного колебания на заведомо известную несущую. В результате модуляции спектр низкочастотного управляющего сигнала переносится в область высоких частот. Это позволяет при организации вещания настроить функционирование всех приёмо-передающих устройств на разных частотах с тем, чтобы они «не мешали» друг другу. В качестве несущей могут быть использованы колебания различной формы (прямоугольные, треугольные и т. д.), однако чаще всего применяются гармонические колебания. В зависимости от того, какой из параметров несущего колебания изменяется, различают вид модуляции (амплитудная, частотная, фазовая и др.). Модуляция дискретным сигналом называется цифровой модуляцией или манипуляцией.

Напряжение насыщения операционного усилителя — Максимальное выходное напряжение операционного усилителя и, как правило, на 1–1.5 В по модулю меньше, чем напряжение питания ОУ.

Неинвертирующий вход операционного усилителя — Если на инвертирующий вход подать 0 В, то при подаче напряжения положительной полярности на неинвертирующий вход операционного усилителя на выходе установится положительное напряжение. Этот вход ОУ обозначается на схеме знаком «—» либо обводится кружком.

Операционный усилитель (ОУ) — Усилитель постоянного тока с дифференциальным входом и, как правило, единственным выходом, имеющий высокий коэффициент усиления. ОУ почти всегда используются в схемах с глубокой отрицательной обратной связью, которая, благодаря высокому коэффициенту усиления ОУ, полностью определяет коэффициент передачи полученной схемы. В настоящее время ОУ получили широкое применение как в виде отдельных чипов, так и в виде функциональных блоков в составе более сложных интегральных схем. Такая популярность обусловлена тем, что ОУ является уни-



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

версальным блоком с характеристиками, близкими к идеальным, на основе которого можно построить множество различных электронных узлов.

Оптрон – Полупроводниковый прибор, объединяющий в одном корпусе светоизлучатель (светодиод) и светоприёмник (фотодиод, фототранзистор и т. п.).

Основные свойства идеального операционного усилителя – При расчёте схем принимают, что операционный усилитель (ОУ) обладает следующими свойствами: ОУ не потребляет тока по инвертирующему и неинвертирующему входам; Разность потенциалов инвертирующего и неинвертирующего входов равна нулю.

Отрицательная обратная связь (ООС) в операционном усилителе – ООС в операционном усилителе обеспечивается при подаче части выходного напряжения на инвертирующий вход.

Передаточная функция операционного усилителя – Математическое выражение, связывающее входной и выходной сигналы усилителя в динамическом режиме.

Петля гистерезиса в схеме триггера Шмитта – Регулировочная характеристика триггера Шмитта имеет прямоугольную петлю гистерезиса, то есть срабатывание и возврат происходит при разных уровнях входного напряжения, что приводит к повышенной помехоустойчивости схемы.

Пиковый детектор – Пиковые детекторы предназначены для измерения максимального за некоторый отрезок времени значения сигнала

Питание операционного усилителя – Как правило используются два одинаковых источника, например +15 В и -15 В. Однако встречаются и другие величины напряжения питания – от +/- 4 В до +/- 40 В для ОУ LM143Н..

Повторитель напряжения на операционном усилителе – Схема, предназначенная для усиления сигнала по мощности и току, при условии, что выходное напряжение должно полностью повторять входное как по амплитуде, так и по фазе.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

Полевой транзистор – полупроводниковый прибор, в котором ток изменяется в результате действия перпендикулярного току электрического поля, создаваемого входным сигналом. Протекание в полевом транзисторе рабочего тока обусловлено носителями заряда только одного знака (электронами или дырками), поэтому такие приборы часто включают в более широкий класс униполярных электронных приборов (в отличие от биполярных).

Положительная обратная связь (ПОС) в операционном усилителе – ПОС в операционном усилителе обеспечивается при подаче части выходного напряжения на неинвертирующий вход.

Полоса пропускания (прозрачности) – диапазон частот, в пределах которого амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) акустического, радиотехнического, оптического или механического устройства достаточно равномерна для того, чтобы обеспечить передачу сигнала без существенного искажения его формы.

Полосно-заграждающий фильтр – электронный или любой другой фильтр, не пропускающий колебания некоторой определённой полосы частот, и пропускающий колебания с частотами, выходящими за пределы этой полосы. Эта полоса подавления характеризуется шириной BW и расположена приблизительно вокруг центральной частоты ω_0 (рад/с), или $f_0 = \omega_0 / 2\pi$ (Гц). Для реальной амплитудно-частотной характеристики частоты ω_L и ω_U представляют собой нижнюю и верхнюю частоты среза. Заграждающий фильтр, предназначенный для подавления одной определённой частоты, называется узкополосным заграждающим фильтром или фильтром-пробкой (англ. notch filter).

Полосно-пропускающий фильтр – фильтр, который пропускает частоты, находящиеся в некоторой полосе частот. Полосовой фильтр – линейная система и может быть представлен в виде последовательности, состоящей из фильтра нижних частот и фильтра верхних частот. Примером реализации такого фильтра может служить колебательный контур (цепь из последовательно соединённых резистора, конденсатора и индуктивности).

Преобразователь тока в напряжение – Схема, преобразующая входной ток в выходное напряжение. Примером может служить преобразователь тока фотодиода.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

Развязывающий усилитель – Усилитель, в котором отсутствует электрическая связь между входными и выходными цепями (а также часто и с цепями питания).

Скорость нарастания выходного напряжения операционного усилителя – Определяет быстродействие процесса переключения операционного усилителя (ОУ). Этот параметр ОУ наиболее актуален в схемах компараторов и быстродействующих ОУ, так для схемы 154УД3 скорость нарастания выходного напряжения составляет 80 В/мкс.

Стабилизатор напряжения – преобразователь электрической энергии, позволяющий получить на выходе напряжение, находящееся в заданных пределах при значительно больших колебаниях входного напряжения и сопротивления нагрузки. По типу выходного напряжения стабилизаторы делятся на стабилизаторы постоянного тока и переменного тока. Как правило, тип питания (постоянный либо переменный ток) такой же, как и выходное напряжение, хотя возможны исключения.

Стабилитрон (диод Зенера) – полупроводниковый диод, предназначенный для поддержания напряжения источника питания на заданном уровне. По сравнению с обычными диодами имеет достаточно низкое регламентированное напряжение пробоя (при обратном включении) и может поддерживать это напряжение на постоянном уровне при значительном изменении силы обратного тока. Материалы, используемые для создания р-п перехода стабилитронов, имеют высокую концентрацию легирующих элементов (примесей). Поэтому, при относительно небольших обратных напряжениях в переходе возникает сильное электрическое поле, вызывающее его электрический пробой, в данном случае являющийся обратимым (если не наступает тепловой пробой вследствие слишком большой силы тока).

Суммирующий усилитель (сумматор) – Операционный усилитель, выходное напряжение которого пропорционально сумме входных.

Схема операционного усилителя с положительной обратной связью, Триггер Шмитта – Схема компаратора, обеспечивающая за счёт положительной обратной связи защиту от «дребезга», то есть от ложного срабатывания схемы при значительном уровне помех во входном напряжении.



ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

6. ИНТЕГРАТОРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАТОРЫ

6.1. Интегрирующий усилитель (интегратор)

6.2. Дифференцирующий усилитель
(дифференциатор)

Глоссарий

Тензодатчик, Тензометрический датчик – прибор для измерения деформации различных конструкций. Существует множество способов измерения деформаций: тензорезистивный, оптико-поляризационный, волоконно-оптический, или простым считыванием показаний с линейки механического тензодатчика. Среди электронных тензодатчиков, наибольшее распространение получили тензорезистивные датчики.

Фильтр верхних частот (ФВЧ) – электронный или любой другой фильтр, пропускающий высокие частоты входного сигнала, при этом подавляя частоты сигнала меньше, чем частота среза. Степень подавления зависит от конкретного типа фильтра. Термины «высокие частоты» и «низкие частоты» в применении к фильтрам относительны и зависят от выбранной структуры и параметров фильтра.

Фильтр нижних частот (ФНЧ) – один из видов аналоговых или электронных фильтров, эффективно пропускающий частотный спектр сигнала ниже некоторой частоты (частоты среза), и уменьшающий (подавляющий) частоты сигнала выше этой частоты. Степень подавления каждой частоты зависит от вида фильтра. В отличие от фильтра нижних частот (НЧ), фильтр верхних частот пропускает частоты сигнала выше частоты среза, подавляя низкие частоты. Реализация фильтров нижних частот может быть разнообразной, включая электронные схемы, программные алгоритмы, акустические барьеры, механические системы и т. д.

Функциональный усилитель – Операционный усилитель, выходное напряжение которого по нелинейному закону зависит от входного. Различают функциональные усилители с нарастающим и убывающим коэффициентами передачи.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) – устройство для преобразования цифрового (обычно двоичного) кода в аналоговый сигнал (ток, напряжение или заряд). Цифро-аналоговые преобразователи являются интерфейсом между дискретным цифровым миром и аналоговыми сигналами.

Эффект Холла – явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также холловским напряжением) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле. Открыт Эдвином Холлом в 1879 году в тонких пластинках золота.



Возврат
из справки

УПРАВЛЕНИЕ ПРОСМОТРОМ ДОКУМЕНТА

КЛАВИАТУРА

Home

Нажатие клавиши «**Home**» на клавиатуре вызывает переход к **титульной странице** документа.
С титульной страницы можно осуществить переход к оглавлению (в локальной версии курса).

PgUp



Нажатие клавиши «**PgUp**» («**PageUp**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

PgDn



Нажатие клавиши «**PgDn**» («**PageDown**») или показанных клавиш со стрелками на клавиатуре вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

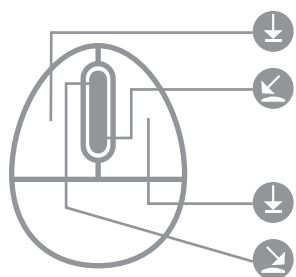
Alt

+

F4

Нажатие комбинации клавиш «**Alt**»+«**F4**» на клавиатуре вызывает **завершение работы программы просмотра** документа (в локальной версии курса).

МАНИПУЛЯТОР «МЫШЬ»



Нажатие **левой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**от себя**» вызывает переход к просмотру **следующей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

Нажатие **правой клавиши** «мыши» или вращение **колёсика** в направлении «**к себе**» вызывает переход к просмотру **предыдущей страницы** относительно просматриваемой в настоящий момент согласно порядку их расположения в документе.

ПАНЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

1. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПО

- 1.1. Основные понятия
- 1.2. Особенности промышленного ПО и кризис его разработки
- 1.3. Сложность разработки ПО
- 1.4. Характеристики программного продукта
- 1.5. Жизненный цикл программного продукта
- 1.6. Процессы разработки
- 1.7. Модели разработки
- 1.8. Методологии разработки
 - 1.8.1. Единая система программной документации
 - 1.8.2. Microsoft Solutions Framework
 - 1.8.3. Экстремальное программирование
 - 1.8.4. Rational Unified Process
- 1.9. Выбор и адаптация методологии разработки
- Глоссарий

Панель управления – содержит перечень разделов, а также кнопки навигации, управления программой просмотра и вызова функции поиска по тексту.

Просматриваемый в данный момент **раздел**.

Доступные разделы.

В зависимости от текущего активного раздела в перечне могут присутствовать подразделы этого раздела.



Кнопка переключения между полноэкранным и оконным **режимом просмотра**.

Кнопки **последовательного перехода** к предыдущей и следующей страницам.

Кнопка **возврата к предыдущему виду**. Используйте её для обратного перехода из глоссария.

Кнопка вызова функции **поиска по тексту**.

Кнопка перехода к **справочной (этой) странице**.

Кнопка **завершения работы**.