

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

по профессиональному модулю ПМ.02 МДК.02.01.
«Аналоговая схемотехника» по специальности 11.02.01

Составлено на основе учебного пособия для ВУЗов «LabVIEW:
ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ И МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ
ТЕХНИКЕ» В. К. Батоврин, А. С. Бессонов, В. В. Мошкин

Содержание

Пояснительная записка	3
Планирование лабораторных работ	5
Критерии оценки выполненных заданий	5
Практические задания	6
Руководство по выполнению лабораторной работы № 1	6
Руководство по выполнению лабораторной работы № 2	13
Руководство по выполнению лабораторной работы № 3	21
Руководство по выполнению лабораторной работы № 4	27
Руководство по выполнению лабораторной работы № 5	32
Рекомендуемая литература	36

Пояснительная записка

Методические рекомендации разработаны для выполнения лабораторных работ по МДК.02.01. «Технология настройки и регулировки радиотехнических систем, устройств и блоков» по дисциплине «Аналоговая схемотехника» по специальности 11.02.01 «Радиоаппаратостроение» в лаборатории «Цифровой и микропроцессорной техники».

Данные методические рекомендации могут быть использованы в дополнительном профессиональном образовании, в программах повышения квалификации и переподготовки и профессиональной подготовке по рабочей профессии «Регулировщик радиоэлектронной аппаратуры и приборов».

Основными этапами практического занятия являются:

- проверка практических навыков студентов;
- инструктаж, проводимый преподавателем;
- выполнение практических заданий, упражнений и расчётов;
- последующий анализ и оценка выполненных работ и степени овладения студентами запланированными умениями.

В соответствии с требованиями ФГОС СПО (НПО) выполнение студентами лабораторных работ и практических занятий должно включать как обязательный компонент практические задания с использованием персональных компьютеров: составление отчетов по лабораторным работам, расчетов и таблиц, написание рефератов, прохождение тестовых заданий по темам программы дисциплины (МДК).

В результате выполнения лабораторных работ обучающийся должен знать:

- основные методы измерения электрических и радиотехнических величин;
- основные методы расчёта электрических и радиотехнических величин;
- УГО элементов электрической цепи.

В результате выполнения лабораторных работ обучающийся должен уметь:

- пользоваться контрольно-испытательной и измерительной аппаратурой;
- читать и составлять электрические схемы для проведения экспериментов;
- подбирать по справочным материалам радиотехнические компоненты схем и измерять с заданной точностью различные электрические и радиотехнические величины;

В результате выполнения лабораторных работ обучающийся должен овладеть следующими общими и профессиональными компетенциями:

Код	Наименование результата освоения рабочей программы учебной дисциплины
ПК 2.1	Настраивать и регулировать параметры радиотехнических систем, устройств и блоков.
ПК 2.3	Анализировать причины брака и проводить мероприятия по их устранению.
ПК 3.1	Выбирать измерительные приборы и оборудование для проведения испытаний узлов и блоков радиоэлектронных изделий и измерять их параметры и характеристики.
ПК 3.2	Использовать методики проведения испытаний радиоэлектронных изделий.
ПК 3.3	Осуществлять контроль качества радиотехнических изделий.
ОК 1	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2	Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3	Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.
ОК 4	Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.
ОК 6	Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 7	Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.
ОК 8	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9	Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

Методические рекомендации включают:

- 1) Планирование лабораторных работ;
- 2) Критерии оценки выполнения лабораторных работ и степени овладения студентами запланированных умений (освоенных компетенций).
- 3) Руководства по выполнению лабораторной работой №1, №2, №3, №4, №5

Планирование лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Кол-во часов
1	Раздел 1. Усилительные устройства Тема 1.1 Усилители на биполярных и полевых транзисторах. Основные параметры и характеристики усилительных устройств (УУ). Схемы усилительных каскадов.	<i>Лабораторная работа №1</i> Знакомство с аппаратно-программной платформой NI ELVIS II. Исследование инвертирующего усилителя на макетном модуле <i>Лабораторная работа №2</i> Исследование усилителя с ООС. Получение передаточной характеристики инвертирующего усилителя на макетном модуле	4
2	Раздел 1. Усилительные устройства Тема 1.2 Обратные связи (ОС) в усилителях.	<i>Лабораторная работа №3</i> Исследование неинвертирующего УЗЧ. Получение передаточной характеристики	2
3	Раздел 1. Усилительные устройства Тема 1.3 Усилители звуковой частоты (УЗЧ)	<i>Лабораторная работа №4</i> Исследование интегратора напряжения на макетном модуле. Снятие характеристик ОУ <i>Лабораторная работа №5</i> Исследование работы дифференциатора напряжения. Снятие характеристик	4

Критерии оценки выполненных заданий и степени овладения запланированными умениями

По практическим работам проводится текущий контроль в виде тестирования по ключевым темам программы.

Отметка, которую получает студент, выполняя различные виды деятельности на занятиях и дома, выступает количественным показателем соответствия достижений студента критериям оценивания этих достижений. Примерная характеристика отметок при пятибалльной шкале:

0 баллов – задание не выполнено;

1 балл – содержание задания не осознано, продукт неадекватен заданию;

2 балла – допущены серьезные ошибки логического и фактического характера, выводы отсутствуют;

3 балла – задание выполнено отчасти, допущены ошибки логического или фактического характера, предпринята попытка сформулировать выводы;

4 балла – задание в целом выполнено, но допущены одна-две незначительных ошибки логического или фактического характера, сделаны выводы;

5 баллов – задание выполнено полностью и без ошибок, сделаны выводы.

Практические задания

Руководство по выполнению лабораторной работы № 1

«Знакомство с аппаратно-программной платформой NI ELVIS II.
Исследование работы инвертирующего усилителя на макетном модуле»

Дисциплина: «Аналоговая схемотехника»

Специальность: 11.02.02

Лаборатория «Цифровой и микропроцессорной техники»

I. Цель работы:

1. Знакомство с аппаратно-программной платформой NI ELVIS II
2. Знакомство с характеристиками операционного усилителя
3. Исследование инвертирующего усилителя на основе ОУ
4. Получение навыков визуального анализа характеристик усилителя

II. Оборудование рабочего места: Лабораторный стенд

В состав лабораторного стенда входят:

- Базовый лабораторный стенд
- Лабораторный модуль Lab4
- Соединительные провода

III. Схема лабораторного стенда:



Рис. 1 Структура виртуального прибора

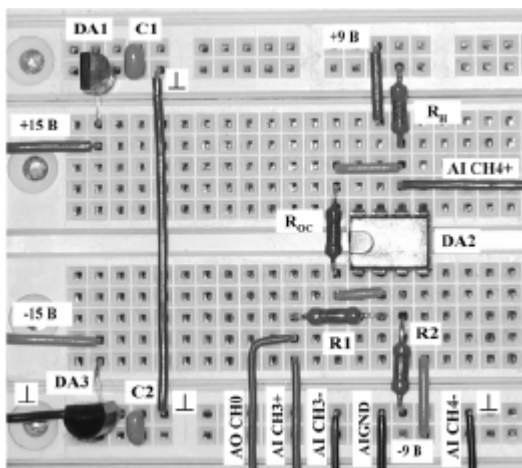


Рис. 2 Расположение компонентов схемы для исследования характеристик инвертирующего усилителя на макетном модуле

Режим работы биполярного транзистора в усилительном каскаде с ОЭ определяется силой базового тока. Для того чтобы базовый ток был стабилен, база соединяется с источником напряжения E_b через высокоомное сопротивление R_b .

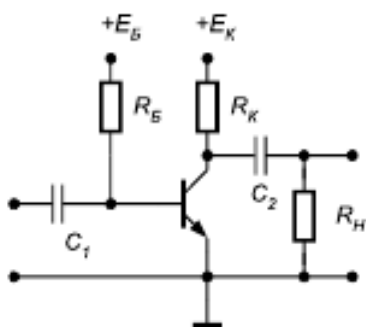


Рис.3 Установка рабочей точки с помощью базового тока

Для исследования работы транзисторного каскада строятся линии нагрузки на выходной характеристике транзистора для описания поведения в основных режимах работы: насыщения, усиления и отсечки.

Режим насыщения имеет место в случае, когда ток коллектора не управляется током базы. Эта ситуация возникает при условии $\beta_{DC} \cdot I_b > I_{KH}$, где I_{KH} — ток насыщения коллектора. Значение этого тока определяется сопротивлением R_k в цепи коллектора и напряжением источника питания E_k :

$$I_{KH} \approx \frac{E_k}{R_k}$$

Режим насыщения характеризуется низким падением напряжения коллектор–эмиттер (порядка 0,1 В). Для перевода транзистора в этот режим необходимо, чтобы через базу транзистора протекал ток, больший, чем ток насыщения базы I_{BH} :

$$I_{BH} = \frac{I_{KH}}{\beta_{DC}}$$

Для того чтобы базовый ток стал равным току насыщения, сопротивление резистора R_B следует выбрать равным:

$$R_B = R_{BH} = \frac{E_B}{I_{BH}}$$

В режиме усиления ток коллектора меньше тока насыщения I_{KH} , и для его вычисления можно воспользоваться уравнением линии нагрузки цепи коллектора:

$$I_K = \frac{E_K - U_{KЭ}}{R_K}$$

Рабочая точка транзисторного каскада в статическом режиме задается током базы и напряжением на коллекторе. Базовый ток транзистора в схеме (рис. 3) определяется как ток через сопротивление в цепи базы R_B

$$I_B = \frac{E_B - U_{БЭ}}{R_B}$$

Он может быть также определен как точка пересечения входной ВАХ транзистора и линии нагрузки цепи базы (точка 1 на рис. 4а).

Ток коллектора определяется точкой пересечения линии нагрузки цепи коллектора и выходной характеристики транзистора (точка 1 на рис. 4б.)

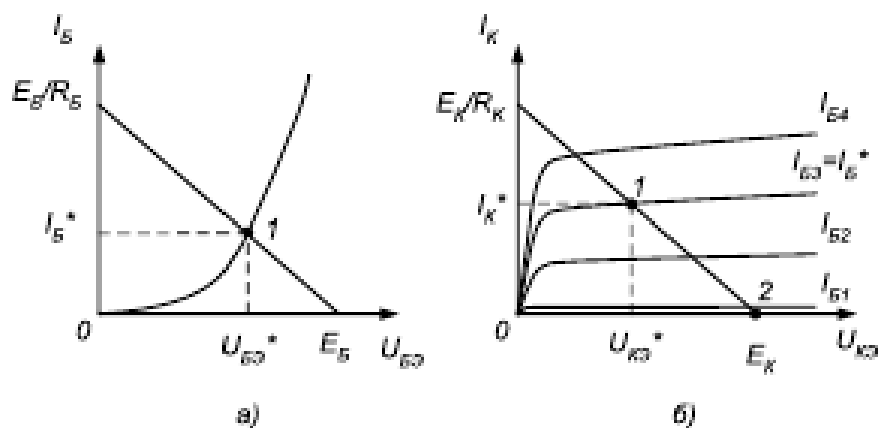


Рис. 4 Определение рабочей точки транзистора по входной (а) и выходной (б) ВАХ

Значение тока коллектора можно вычислить по формуле:

$$I_K = \beta_{DC} * I_B$$

Напряжение коллектор–эмиттер определяется из уравнения линии нагрузки цепи коллектора:

$$U_{КЭ} = E_K - I_K * R_K$$

В режиме отсечки ток коллектора равен нулю и не создает на резисторе R_K падения напряжения. Следовательно, напряжение $U_{КЭ}$ максимально и равно напряжению источника питания E_K . Данный режим соответствует точке 2 на рис. 4

IV. Порядок работы:

1. Подготовьте монтажный шаблон к работе. Соберите шаблон в соответствии со схемой на рис.5

Рис 5. Схема сборки монтажного шаблона

- Установите аналоговый модуль инвертирующего усилителя на монтажный шаблон в соответствии со схемой (рис. 6)

Рис. 6 Внешний вид модуля Lab4A для исследования инвертирующего усилителя (на примере БТ с ОЭ) и принципиальная электрическая схема

- Загрузите и запустите программу Lab-4.vi
- После ознакомления с целью работы нажмите кнопку «Начать работу». На экране появится изображение виртуального прибора (ВП) для выполнения задания №4 (рис. 7)

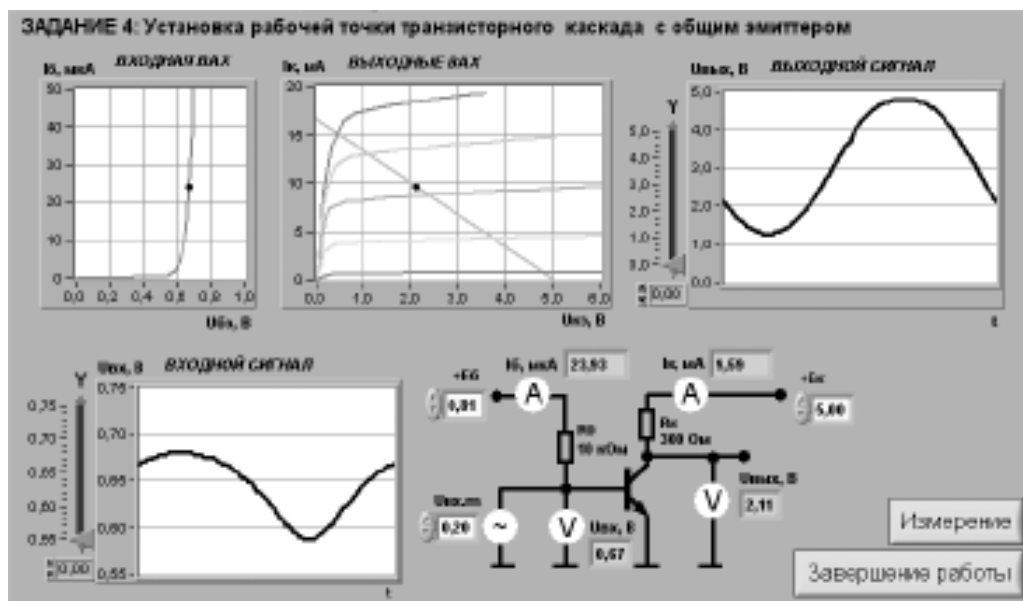


Рис. 7 Лицевая панель ВП при выполнении задания 4

- Определите разность фаз между входным и выходным сигналом, для чего зафиксируйте момент прохождения нуля на осциллограмме входного или выходного сигнала. Зарисуйте изображение входного и выходного сигнала. Сопоставьте осциллограммы и сделайте вывод о соотношении фаз входного и выходного сигналов транзисторного каскада с общим эмиттером.

6. Выберите оптимальное значение коллекторного напряжения $U_{кэ}$ в диапазоне от 4 до 6 В. Плавнo увеличивая амплитуду входного сигнала $U_{вх.т}$, получите на графическом индикаторе ВП максимальный неискаженный выходной сигнал. Запишите значение тока базы I_b и другие полученные данные в таблицу.
7. Изменяя фиксированные значения напряжения смещения $E_b = 0,6 \text{ В}; 0,74 \text{ В}; 1,02 \text{ В}; 1,16 \text{ В}$ выявите, при каком значении E_b выходной сигнал имеет наименьшее искажения (при фиксированном значении $U_{вх.т}$, полученном в п.6). Запишите полученные данные в таблицу.
8. Используя полученные в п. 6 и 7 оптимальные значения $U_{вх.т}$ и E_b (минимальные искажения выходного сигнала относительно входного), выберите второе значение коллекторного напряжения $U_{кэ}$ в диапазоне от 4 до 6 В.
9. Исследуйте, как влияет положение рабочей точки на работу транзисторного каскада с общим эмиттером. Для этого, регулируя напряжение смещения E_b , измените значение тока базы примерно на 30% от величины I_b , зафиксированной в разделе 6, сначала в сторону увеличения, а затем в сторону уменьшения. Пронаблюдайте характер искажения выходного сигнала.
10. Зарисуйте в отчет изображение, полученное на графическом индикаторе ВП в обоих случаях. Объясните причину наблюдаемых искажений выходного сигнала.
11. Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «Завершение работы».

V. Контрольные вопросы:

1. Чем определяется положение рабочей точки биполярного транзистора в статическом режиме?
2. Какова разность фаз между входным и выходным гармоническими сигналами в УК на БТ с ОЭ?
3. Чему равен ток коллектора в режиме отсечки?
4. Какие схемы УК с БТ и ПТ называют повторителями тока?

Руководство по выполнению лабораторной работы № 2

«Получение передаточной характеристики инвертирующего усилителя с ООС на макетном модуле»

Дисциплина: «Аналоговая схемотехника»

Специальность: 11.02.02

Лаборатория «Цифровой и микропроцессорной техники»

I. Цель работы:

1. Закрепление навыков работы с макетным модулем (коннектором)
2. Исследование инвертирующего усилителя с ООС на основе ОУ
3. Количественная оценка и сравнение передаточной характеристики, полученной в результате измерений и расчетов

II. Оборудование рабочего места: Лабораторный стенд

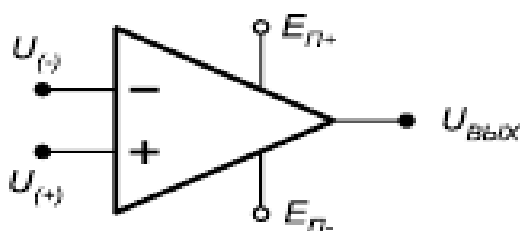
В состав лабораторного стенда входят:

- Базовый лабораторный стенд
- Универсальный ОУ типа КР140УД6 или КР140УД7.
- Интегральные стабилизаторы напряжения типа L78L09 и L79L09
- Лабораторный модуль Lab4
- Соединительные провода

III. Сведения, необходимые для выполнения работы:

Одной из разновидностей полупроводниковых приборов являются ИМС – монолитные функциональные приборы, все элементы которых изготавливаются в едином технологическом цикле.

ИМС предназначены для выполнения различных операций, как с аналоговыми, так и с цифровыми электрическими сигналами. Обработка аналоговых сигналов - ОУ, предназначенный для усиления напряжения и обеспечивающий выполнение операций по преобразованию аналоговых электрических сигналов: усиление, сложение, вычитание, интегрирование, дифференцирование и т. д. Это определяется наличием цепей ПОС или ООС, в состав которых могут входить сопротивления, емкости, диоды, стабилитроны, транзисторы и др. элементы. Типовой ОУ - дифференциальный усилитель с очень высоким коэффициентом усиления.



(-) – инвертирующий вход ОУ; (+) – неинвертирующий вход ОУ; $U_{(-)}$ – напряжение на инвертирующем входе; $U_{(+)}$ – напряжение на неинвертирующем входе; $U_{вых}$ – выходное напряжение ОУ; $E_{п+}$ – положительное напряжение питания; $E_{п-}$ – отрицательное напряжение питания

Рис. 1 Условное обозначение ОУ

ОУ используются как **преобразователи сигналов**. Характеристики ОУ должны стремиться к характеристикам идеального ОУ:

- коэффициент передачи ОУ без обратной связи равен бесконечности;
- входной ток равен нулю;
- напряжение смещения и ток смещения нуля на выходе ОУ равны нулю;
- входное сопротивление ОУ равно бесконечности;
- выходное сопротивление ОУ равно нулю.

Выходное напряжение ОУ:

$$U_{\text{вых}} = -A (U_- - U_+) = -A (\Delta U),$$

где A – коэффициент передачи усилителя, не охваченного обратной связью; U_- – напряжение на инвертирующем входе; U_+ – напряжение на неинвертирующем входе.

Знак минус перед коэффициентом передачи (A) показывает, что выходное напряжение отрицательно. Коэффициент передачи (A) можно определить как отношение величины выходного напряжения ($U_{\text{вых}}$) к разности значений входных напряжений ΔU . Коэффициент передачи реальных ОУ на постоянном токе колеблется в пределах от 10 000 до 2 000 000.

Большинство ОУ имеют биполярный выход: выходной сигнал может иметь как положительную, так и отрицательную полярность. Для нормальной работы ОУ требуются два источника питания.

Выходное напряжение никогда не может превысить напряжение питания

$$(U_{\text{п-}} < U_{\text{вых}} < U_{\text{п+}})$$

Максимальное выходное напряжение ОУ на доли вольта меньше напряжения питания. Это ограничение известно как напряжение ограничения (положительное $U_{\text{огр+}}$ и отрицательное $U_{\text{огр-}}$).

Схемы с ОУ, охваченные ОС

При высоком значении коэффициента передачи достаточно трудно управлять усилителем и удерживать его от насыщения. С помощью определенных внешних цепей часть выходного сигнала можно направить обратно на вход, то есть организовать обратную связь. Применяя **ООС**, когда сигнал с выхода усилителя приходит на вход в противофазе с входным сигналом, можно сделать усилитель более стабильным.

Применение цепи обратной связи приводит к снижению коэффициента передачи по сравнению с усилителем без ОС и схема становится стабильной. Обычно схемы включения ОУ с замкнутой цепью обратной связи имеют коэффициент передачи от 10 до 1000, то есть меньше, чем коэффициент передачи ОУ без ОС более чем в тысячу раз. ПОС - усилитель переходит в режим генерирования колебаний, становится автогенератором.

Инвертирующий усилитель

Схема включения ОУ, показанная на рис. 2, применяется на практике чаще всего. Цепь обратной связи в этом случае представляет собой единственный резистор R_{oc} , который служит для передачи части выходного сигнала обратно на вход.

Тот факт, что резистор соединен с инвертирующим входом, указывает на отрицательный характер обратной связи. Входное напряжение (U_1) вызывает протекание входного тока i_1 через резистор R_1 . Входное напряжение ОУ (ΔU) имеет дифференциальный характер, так как фактически это разность напряжений на неинвертирующем (+) и инвертирующем (–) входах усилителя. Положительный вход ОУ чаще всего заземляют.

$$U_{вых} = \left(i_{вх} - \frac{U_1}{R_1} \right) \cdot Z,$$

где Z – полное сопротивление цепи обратной связи:

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{R_{oc}} + \frac{1}{A \cdot R_1} + \frac{1}{A \cdot R_{oc}}.$$

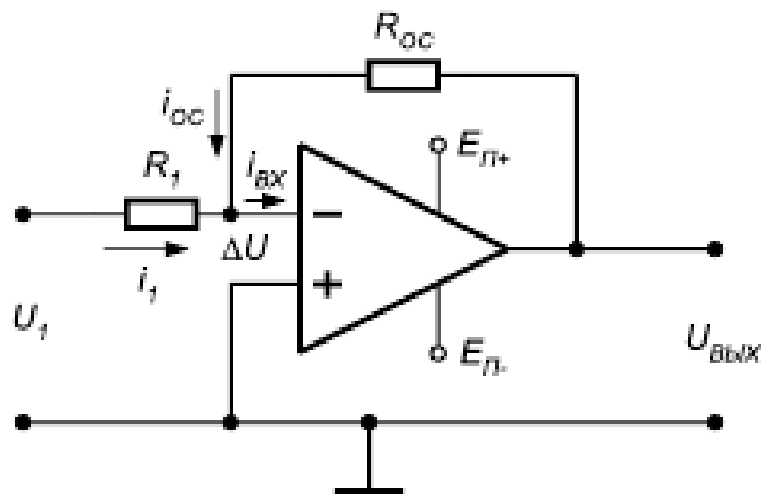


Рис. 2 Принципиальная схема инвертирующего усилителя на ОУ

$$U_{вых} = -(R_{oc} / R_1) U_1 = -K \cdot U_1,$$

где K – коэффициент передачи усилителя, охваченного обратной связью; $K = R_{oc} / R_1$.

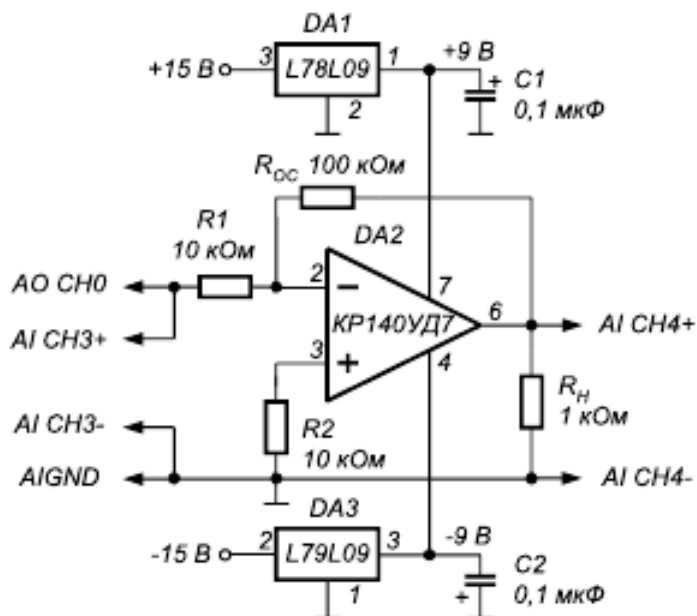


Рис. 3 Принципиальная электрическая схема для исследования характеристик инвертирующего усилителя

IV. Порядок работы:

Задание 1

- Подготовьте монтажный шаблон к работе или проверьте ранее собранный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 5).
- Установите аналоговый модуль инвертирующего усилителя на монтажный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 6)
- Загрузите и запустите программу Lab-6A.vi
- После ознакомления с целью работы нажмите кнопку «Начать работу». На экране появится изображение виртуального прибора (ВП) для выполнения задания №1 (рис. 4)

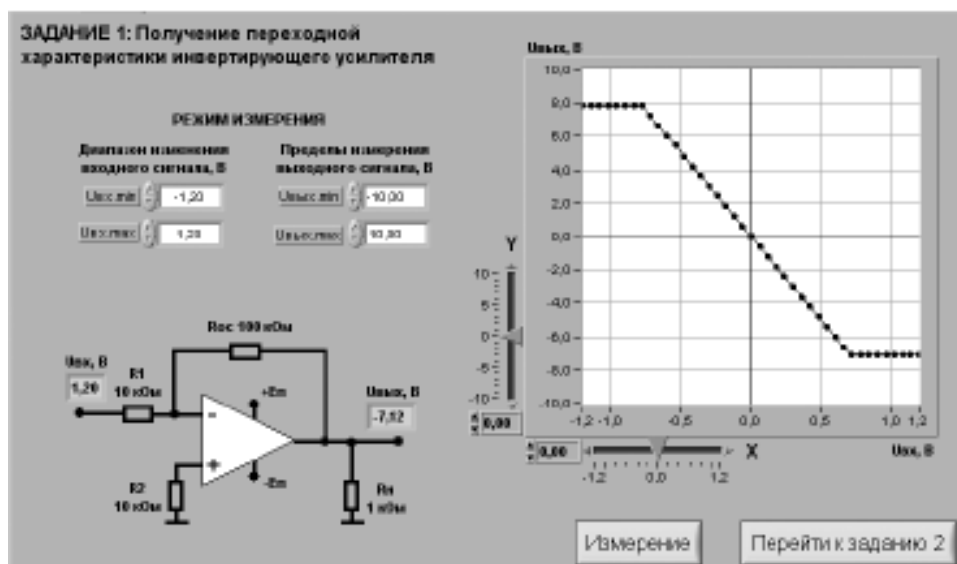


Рис. 4 Лицевая панель ВП при выполнении задания 1

е. С помощью элементов управления ВП установите диапазон изменения входного сигнала (рекоменд. значения $U_{вх.min} = -1,2$ В, $U_{вх.max} = 1,2$ В) и пределы изменения выходного сигнала (рекомендуемые значения $U_{вых.min} = -10$ В, $U_{вых.max} = 10$ В). Нажмите кнопку «Измерение». На графическом индикаторе ВП появится изображение переходной характеристики инвертирующего усилителя.

ф. Скопируйте или зарисуйте полученный график на страницу отчета.

1.7 Определите по передаточной характеристике положительное $U_{огр+}$ и отрицательное $U_{огр-}$ напряжения ограничения сигнала на выходе схемы, используя для этого горизонтальную визирную линию, перемещаемую с помощью ползункового регулятора ВП. Результат запишите в отчет.

1.8 Определите коэффициент усиления инвертирующего усилителя. Для этого на переходной характеристике с помощью упомянутых визирных линий определите координаты двух произвольных точек на наклонном участке характеристики.

1.9 Произведите вычисления коэффициента усиления по формуле: $K_{ус} = (U_{вых.2} - U_{вых.1}) / (U_{вх.2} - U_{вх.1})$. Результат запишите в отчет.

1.10 Нажмите на передней панели ВП кнопку «Перейти к заданию 2», на экране появится лицевая панель ВП (рис 5.)

Задание 2

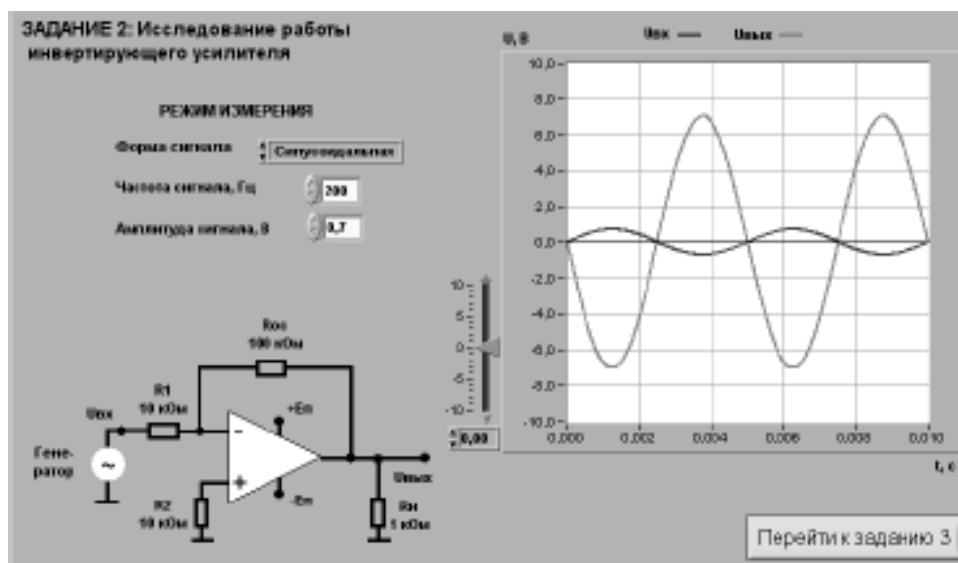


Рис. 5 Лицевая панель ВП при выполнении задания 1

2.1. С помощью элементов управления ВП установите следующий режим измерения: форма сигнала – синусоидальная, частота сигнала – 200 Гц. Амплитуда входного сигнала выбирается такой величины, при которой выходной сигнал, наблюдаемый на графическом индикаторе ВП, не имеет искажений и удобен для наблюдения и измерений. Скопируйте или зарисуйте полученный график на страницу отчета.

2.2. Используя изображение входного и выходного сигналов на графических индикаторах ВП, определите с помощью горизонтальной визирной линии ВП амплитуды входного $U_{вх.m}$ и выходного $U_{вых.m}$ сигналов.

2.3 Рассчитайте амплитуды $U_{вых}$ и $U_{вх}$ по формуле $U_m = (u_{max} - u_{min})/2$. С помощью полученных данных вычислите коэффициент усиления инвертирующего усилителя по формуле: $K = U_{вых.m}/U_{вх.m}$.

2.4 Рассчитайте коэффициент усиления инвертирующего усилителя. Для расчетов воспользуйтесь соотношением $K = R_{oc}/R_1$. Результаты запишите в отчет.

2.5 Сравните значения коэффициентов усиления, полученные по передаточной характеристике (п. 1.9), на основе результатов измерений амплитуды сигнала (п. 2.3) и расчетным путем (п. 2.4). Сделайте вывод и запишите его в отчет в табличной форме.

2.6 Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «Завершение работы».

V. Контрольные вопросы:

1. Какие операции можно выполнять при помощи ОУ?
2. Какой величиной ограничивается выходное напряжение ОУ?
3. Что происходит с усилителем при ПОС?
4. Что означает знак минус перед значением напряжения $U_{\text{вых}}$ в формуле

$$U_{\text{вых}} = -(R_{\text{ог}} / R_1) U_1 = -K \cdot U_1$$

Руководство по выполнению лабораторной работы № 3

«Исследование работы неинвертирующего усилителя звуковой частоты.
Получение передаточной характеристики усилителя»

Дисциплина: «Аналоговая схемотехника»

Специальность: 11.02.02

Лаборатория «Цифровой и микропроцессорной техники»

I. Цель работы:

1. Закрепление навыков работы с макетным модулем (коннектором)
2. Исследование неинвертирующего усилителя с ООС на основе ОУ
3. Количественная оценка и сравнение передаточной характеристики, полученной в результате измерений и расчетов

II. Оборудование рабочего места: Лабораторный стенд

В состав лабораторного стенда входят:

- Базовый лабораторный стенд
- Универсальный ОУ типа КР140УД6 или КР140УД7.
- Интегральные стабилизаторы напряжения типа L78L09 и L79L09
- Лабораторный модуль Lab4
- Соединительные провода

III. Сведения, необходимые для выполнения работы:

Неинвертирующий усилитель можно получить путем заземления входного сопротивления R_1 в схеме инвертирующего усилителя. При этом входной сигнал должен подаваться на неинвертирующий вход (рис. 1)

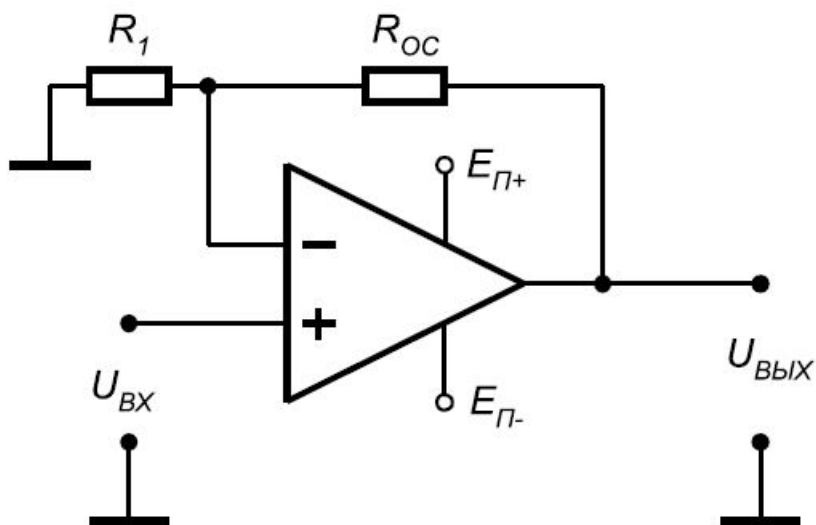


Рис. 1 Принципиальная схема неинвертирующего усилителя на ОУ

Напряжение обратной связи снимается с делителя напряжения, который образован резистором обратной связи R_{oc} и резистором входного контура R_1 . Это напряжение $U(-)$ равно:

$$U = [R_1 / (R_1 + R_{oc})] U_{вых}$$

Назначение неинвертирующего усилителя – усиливать, не изменяя знака входного сигнала. Коэффициент усиления с контуром обратной связи равен $K = (1 + R_{OC}/R_1)$

Особым является случай, когда $R_{OC} = 0$, а резистор R_1 во входной цепи отсутствует (рис. 2). Такая схема называется **повторителем напряжения**, так как коэффициент усиления по напряжению для нее равен 1. Эта схема используется для преобразования импеданса и может иметь большой коэффициент усиления по мощности.

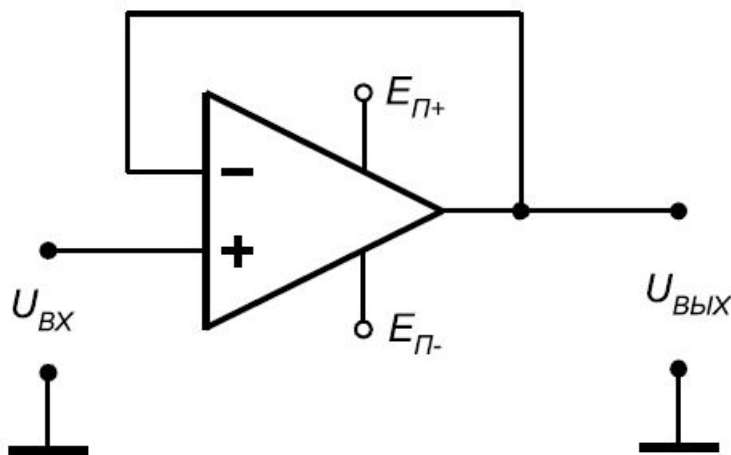


Рис. 2 Принципиальная схема повторителя напряжения на ОУ

IV. Порядок работы:

Задание 1

- г. Подготовьте монтажный шаблон к работе или проверьте ранее собранный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 5).
- h. Установите аналоговый модуль инвертирующего усилителя на монтажный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 6)
- i. Загрузите и запустите программу Lab-6A.vi
- j. После ознакомления с целью работы нажмите кнопку «Начать работу». На экране появится изображение виртуального прибора (ВП) для выполнения задания №3 (рис. 3)

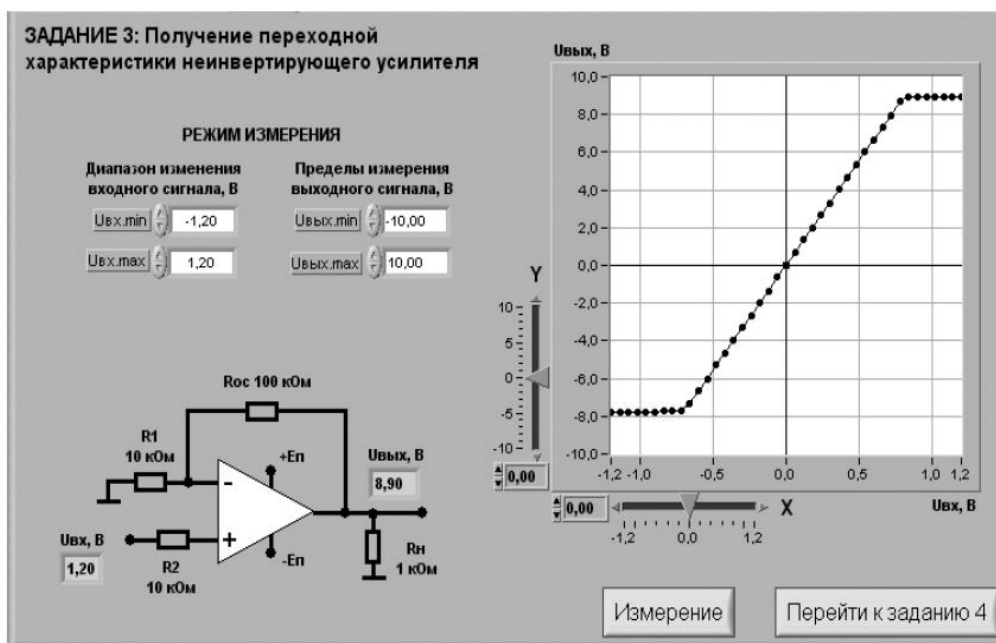


Рис. 3 Лицевая панель ВП при выполнении задания 3

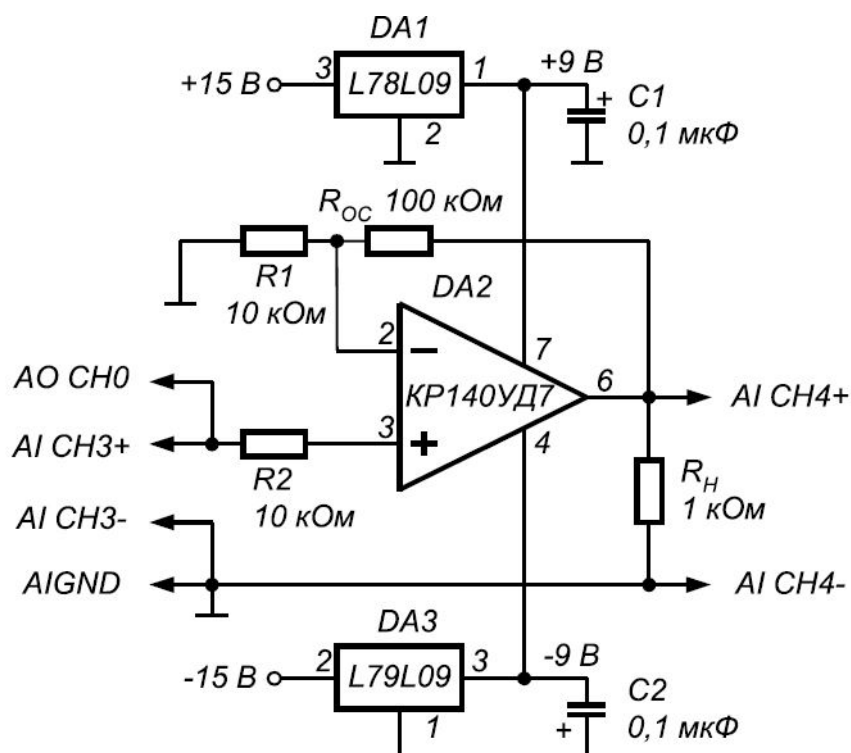


Рис. 4 Принципиальная электрическая схема для исследования характеристик неинвертирующего усилителя

к. С помощью элементов управления ВП установите диапазон изменения входного сигнала (рекоменд. значения $U_{вх.min} = -1,2$ В, $U_{вх.max} = 1,2$ В) и пределы изменения выходного сигнала (рекомендуемые значения $U_{вых.min} = -10$ В, $U_{вых.max} = 10$ В). Нажмите кнопку «Измерение». На графическом индикаторе ВП появится изображение переходной характеристики неинвертирующего усилителя.

1. Скопируйте или зарисуйте полученный график на страницу отчета.

1.7 Определите по передаточной характеристике положительное $U_{огр+}$ и отрицательное $U_{огр-}$ напряжения ограничения сигнала на выходе схемы, используя для этого горизонтальную визирную линию, перемещаемую с помощью ползункового регулятора ВП. Результат запишите в отчет.

1.8 Определите коэффициент усиления инвертирующего усилителя. Для этого на переходной характеристике с помощью упомянутых визирных линий определите координаты двух произвольных точек на наклонном участке характеристики.

1.9 Произведите вычисления коэффициента усиления по формуле: $K_{ус} = (U_{вых.2} - U_{вых.1}) / (U_{вх.2} - U_{вх.1})$. Результат запишите в отчет.

1.10 Нажмите на передней панели ВП кнопку «Перейти к заданию 4», на экране появится лицевая панель ВП (рис 5.)

Задание 2

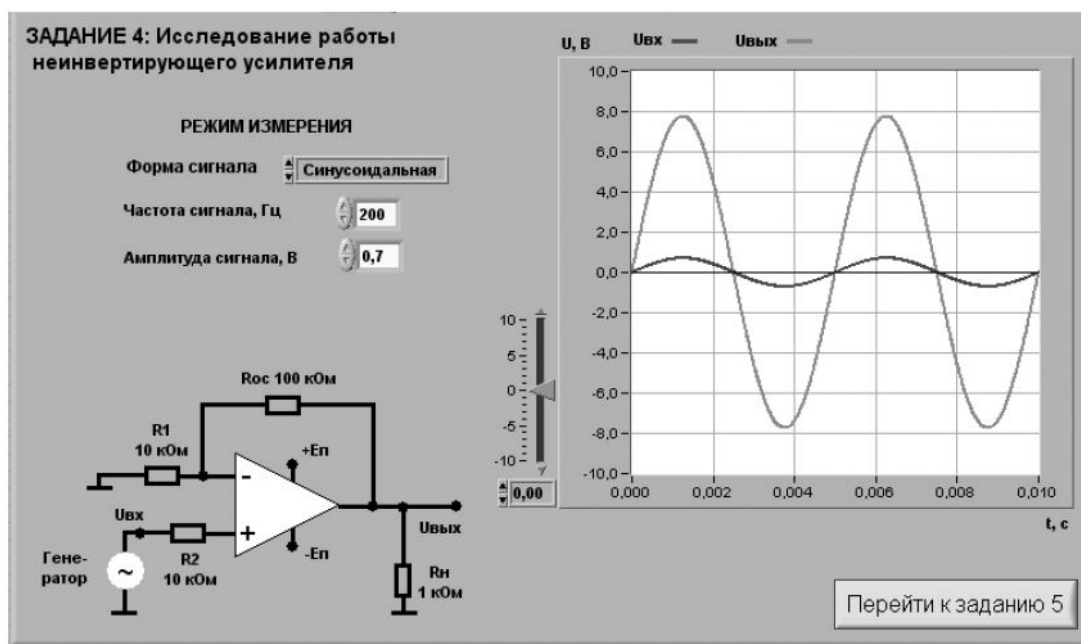


Рис. 5 Лицевая панель ВП при выполнении задания 4

- 2.1. С помощью элементов управления ВП установите следующий режим измерения: форма сигнала – синусоидальная, частота сигнала – 200 Гц. Амплитуда входного сигнала выбирается такой величины, при которой выходной сигнал, наблюдаемый на графическом индикаторе ВП, не имеет искажений и удобен для наблюдения и измерений. Скопируйте или зарисуйте полученный график на страницу отчета.
- 2.2. Используя изображения на графических индикаторах ВП, сравните фазы сигналов на входе и выходе неинвертирующего усилителя. Сделайте вывод о характере изменения фазы сигнала неинвертирующим усилителем и запишите его в отчет.
- 2.3. Рассчитайте коэффициент усиления неинвертирующего усилителя. Для расчетов воспользуйтесь соотношением $K = R_{OC} / R_1$. Результаты запишите в отчет.
- 2.4. По социлограмме с помощью горизонтальной визирной линии ВП амплитуды входного $U_{вх.m}$ и выходного $U_{вых.m}$ сигналов. Рассчитайте коэффициент усиления неинвертирующего усилителя по формуле: $K = U_{вых.m} / U_{вх.m}$. Результаты запишите в отчет.
- 2.5 Сравните значения коэффициентов усиления, полученные по передаточной характеристике (п. 1.9), на основе результатов измерений амплитуды сигнала (п. 2.4) и расчетным путем (п. 2.3). Сделайте вывод и запишите его в отчет.
- 2.7 Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «Завершение работы».

V. Контрольные вопросы:

5. На какой вход должен подаваться входной сигнал в схеме неинвертирующего усилителя на основе ОУ?
6. Какими резисторами образован делитель напряжения в схеме неинвертирующего усилителя на основе ОУ?
7. Чему равен коэффициент усиления в повторителе напряжения на основе ОУ?

Руководство по выполнению лабораторной работы № 4

«Исследование работы интегратора напряжения на макетном модуле. Снятие характеристик ОУ»

Дисциплина: «Аналоговая схемотехника»

Специальность: 11.02.02

Лаборатория «Цифровой и микропроцессорной техники»

I. Цель работы:

1. Исследование работы интегратора напряжения
2. Изучение различных форм сигналов
3. Исследование скорости изменения сигнала на выходе интегратора

II. Оборудование рабочего места: Лабораторный стенд

В состав лабораторного стенда входят:

- Базовый лабораторный стенд
- Универсальный ОУ типа КР140УД6 или КР140УД7.
- Интегральные стабилизаторы напряжения типа L78L09 и L79L09
- Лабораторный модуль Lab4
- Соединительные провода

III. Сведения, необходимые для выполнения работы:

Схема интегратора на основе ОУ получается путем замены в инвертирующей схеме резистора обратной связи на конденсатор (рис. 1)

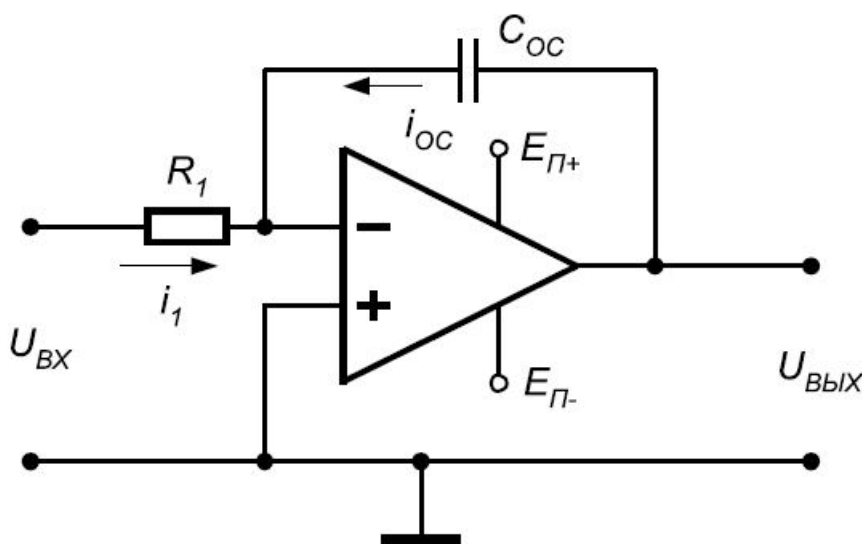


Рис. 1 Принципиальная схема интегратора на ОУ

Известно, что заряд на конденсаторе Q и ток через него i_c определяются выражениями:

$$Q = C \cdot U,$$

$$i_c = \frac{dQ}{dt}.$$

С учетом этих соотношений для схемы, изображенной на рис. 6.7, получим:

$$i_{OC} = C_{OC}(dU_{ВЫХ}/dt).$$

Для идеального ОУ $i_{OC} = U_{ВХ}/R_1$ и $i_1 = i_{OC}$, отсюда:

$$\frac{U_{ВХ}}{R_1} = -C_{OC}\left(\frac{dU_{ВЫХ}}{dt}\right),$$

или в интегральной форме:

$$U_{ВЫХ} = -\frac{1}{R_1 \cdot C_{OC}} \int_0^{T_H} U_{ВХ} dt,$$

где T_H – время интегрирования.

Таким образом, значение напряжения на выходе интегратора пропорционально интегралу от входного напряжения, а масштабный коэффициент равен $1/R_1 C_{OC}$ и имеет размерность сек^{-1} .

Если входное напряжение постоянно, то

$$U_{ВЫХ} = -\frac{U_{ВХ}}{R_1 \cdot C_{OC}} t.$$

Уравнение (6.27) описывает линию с наклоном $-(U_{ВХ}/RC)$. При $U_{ВХ} = -1$ В, $C = 1$ мкФ, $R = 1$ МОм наклон равен 1 В/с. Выходное напряжение будет нарастать линейно с указанной скоростью до тех пор, пока ОУ не перейдет в режим насыщения.

IV. Порядок работы:

Задание 1

- м. Подготовьте монтажный шаблон к работе или проверьте ранее собранный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 5).
- п. Установите аналоговый модуль инвертирующего усилителя на монтажный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 6)

- о. . Загрузите и запустите программу Lab-6A.vi
- р. . После ознакомления с целью работы нажмите кнопку «Начать работу». На экране появится изображение виртуального прибора (ВП) для выполнения задания №5 (рис. 2)

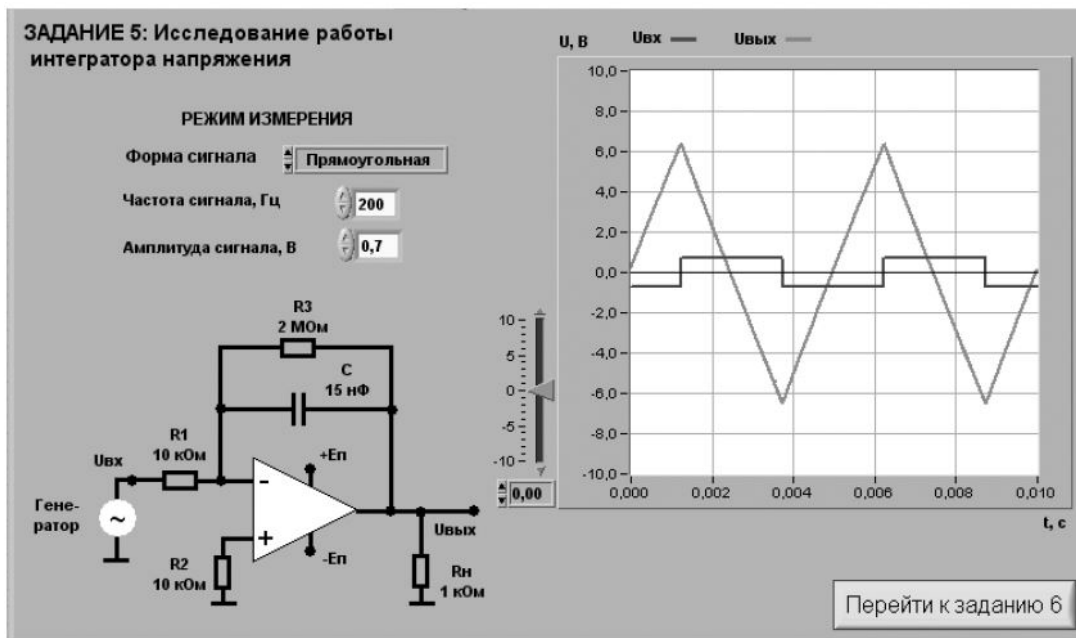


Рис. 2 Лицевая панель ВП при выполнении задания 5

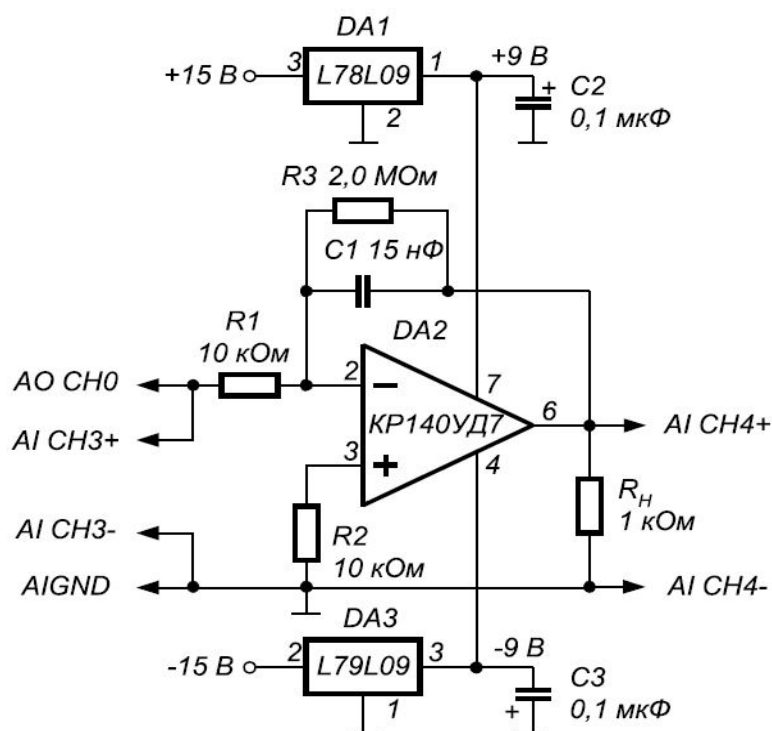


Рис. 3 Принципиальная электрическая схема для исследования интегратора напряжения

- 1.5. С помощью элементов управления ВП установите следующий режим измерения: форма сигнала – *прямоугольная*, частота сигнала – 200 Гц. Амплитуда сигнала на входе интегратора выбирается такой величины, чтобы сигнал на выходе не имел видимых искажений и был удобен для наблюдения и измерений. На графическом индикаторе ВП появится выходной сигнал (результат интегрирования), имеющий форму, близкую к треугольной.
- 1.6. Скопируйте или зарисуйте полученный график на страницу отчета.

- 1.7. Используя изображение выходного сигнала, полученное на графическом индикаторе ВП, определите и запишите в отчет скорость его изменения. Для этого с помощью горизонтальной визирной линии измерьте максимальное u_{\max} и минимальное u_{\min} мгновенные значения сигнала и вычислите отношение размаха сигнала $(u_{\max} - u_{\min})$ к полупериоду его изменения $T/2$:

$$\frac{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}{\Delta t} = - \frac{2 \cdot (u_{\max} - u_{\min})}{T}.$$

- 1.8 Рассчитайте и запишите в отчет скорость изменения выходного сигнала по значениям параметров компонентов схемы, используя формулу идеального интегратора:

$$\frac{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}{\Delta t} = - \frac{U_{\text{ВХ}}}{R_1 \cdot C}.$$

- 1.9. Сравните значения скорости изменения сигнала на выходе интегратора, полученные на основе результатов измерений и расчетным путем. Сделайте вывод о степени идеальности интегратора.
- 1.10. Получите и вставьте в отчет осциллограммы выходного сигнала интегратора для *синусоидальной*, *треугольной* и *пилообразной* форм входного напряжения. Объясните полученные результаты.
- 1.11. При синусоидальной форме входного сигнала оцените разность фаз между входным и выходным сигналами интегратора. Объясните полученный результат.
- 1.12 Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «Завершение работы».

V. Контрольные вопросы:

8. От чего зависит скорость изменения выходного сигнала в интеграторе напряжения?
9. Чем отличается схема интегратора напряжения на ОУ от схемы инвертирующего усилителя на ОУ?
10. До каких пор нарастает выходное напряжение в интеграторе напряжения?

Руководство по выполнению лабораторной работы № 5

«Исследование работы дифференциатора напряжения на макетном модуле. Снятие характеристик ОУ»

Дисциплина: «Аналоговая схемотехника»

Специальность: 11.02.02

Лаборатория «Цифровой и микропроцессорной техники»

III. Цель работы:

1. Исследование работы дифференциатора напряжения
2. Изучение параметров идеального дифференциатора напряжения
3. Исследование зависимости выходного напряжения от скорости изменения сигнала на входе дифференциатора

IV. Оборудование рабочего места: Лабораторный стенд

В состав лабораторного стенда входят:

- Базовый лабораторный стенд
- Универсальный ОУ типа КР140УД6 или КР140УД7.
- Интегральные стабилизаторы напряжения типа L78L09 и L79L09
- Лабораторный модуль Lab4
- Соединительные провода

III. Сведения, необходимые для выполнения работы:

Дифференцирующая схема на основе ОУ напоминает интегратор, у которого изменены места подключения резистора и конденсатора (рис. 6.8). Для идеального ОУ легко получить передаточную функцию дифференцирующего устройства. (рис. 1)

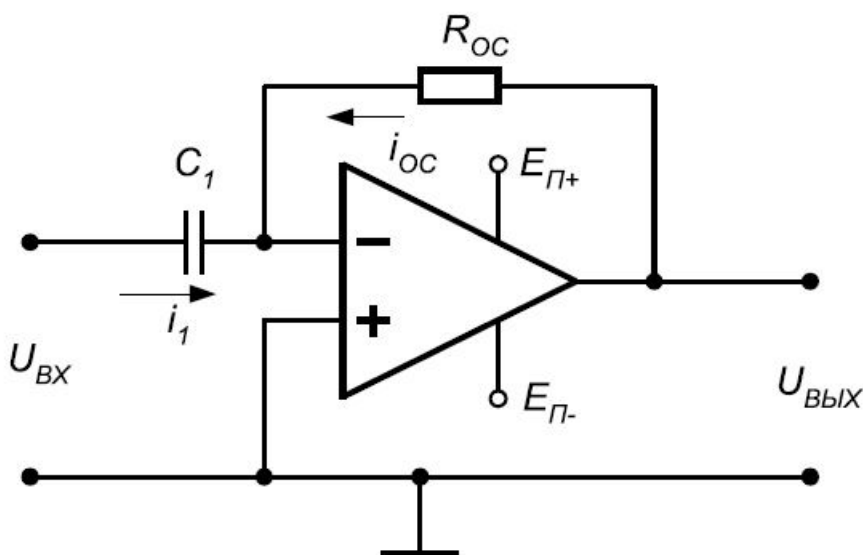


Рис. 1 Принципиальная схема дифференцирующего устройства на ОУ

Если на вход схемы подано напряжение UBX , оно практически полностью приложено к конденсатору, так как схема ОУ устроена таким образом, что потенциалы прямого и инвертирующего входов дифференциального усилителя совпадают. В результате через конденсатор протекает ток, равный:

$$i_1 = C_1 \frac{dU_{BX}}{dt}.$$

Так как входное сопротивление ОУ достаточно велико и входной ток ОУ можно считать равным нулю, весь ток конденсатора протекает через резистор R_{OC} :

$$i_{OC} = -i_1 = -C_1 \frac{dU_{BX}}{dt}.$$

Выходной сигнал определяется падением напряжения на сопротивлении обратной связи R_{OC} :

$$U_{вых} = i_{OC} \cdot R_{OC} = -R_{OC} \cdot C_1 \cdot \frac{dU_{BX}}{dt}.$$

Таким образом, выходное напряжение пропорционально скорости изменения входного сигнала.

IV. Порядок работы:

Задание 1

- q. Подготовьте монтажный шаблон к работе или проверьте ранее собранный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 5).
- г. Установите аналоговый модуль инвертирующего усилителя на монтажный шаблон (Руководство по выполнению лабораторной работы №1, схема на рис. 6)
- с. . Загрузите и запустите программу Lab-6A.vi
- т. . После ознакомления с целью работы нажмите кнопку «Начать работу». На экране появится изображение виртуального прибора (ВП) для выполнения задания №6 (рис. 2)

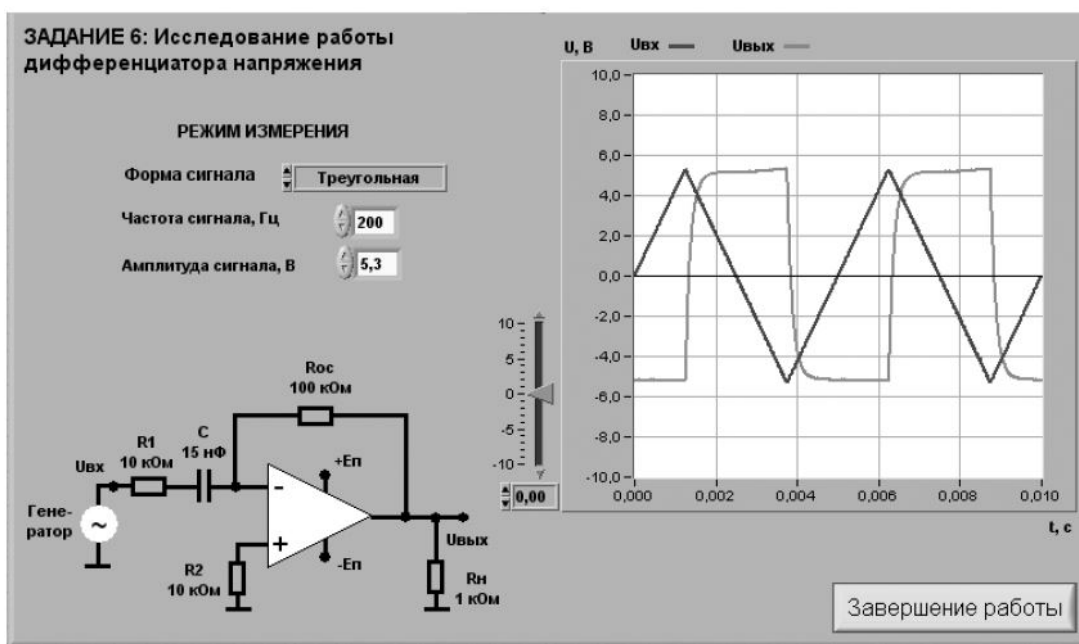


Рис. 2 Лицевая панель ВП при выполнении задания 6

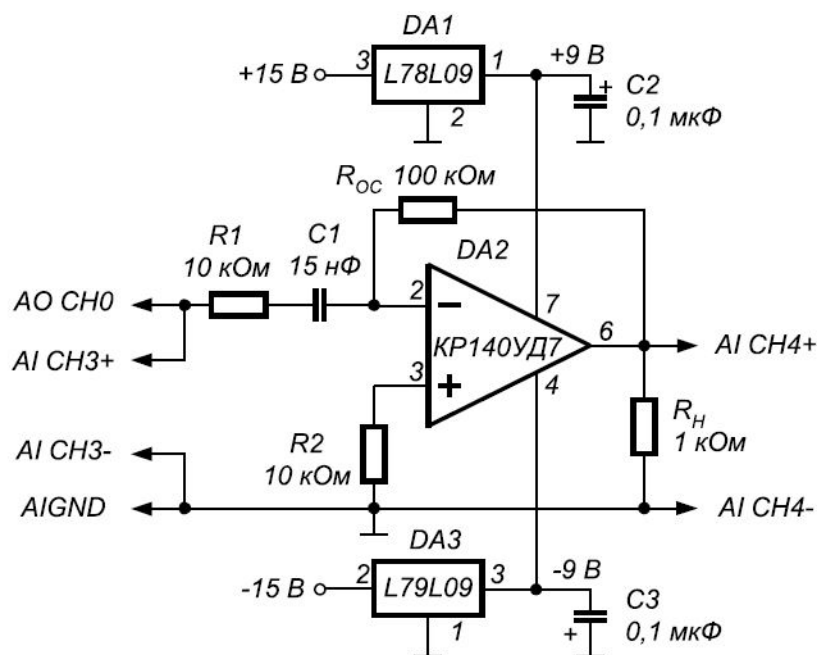


Рис. 3 Принципиальная электрическая схема для исследования дифференциатора напряжения

- 1.8. С помощью элементов управления ВП установите следующий режим измерения: форма сигнала – *треугольная*, частота сигнала – 200 Гц. Амплитуда сигнала на входе интегратора выбирается такой величины, чтобы сигнал на выходе не имел видимых искажений и был удобен для наблюдения и измерений. На графическом индикаторе ВП появится выходной сигнал результат дифференцирования), имеющий форму, близкую к прямоугольной.

- 1.9. Скопируйте или зарисуйте полученный график на страницу отчета.
- 1.10. Используя изображение выходного сигнала, полученное на графическом индикаторе ВП, определите с помощью горизонтальной визирной линии ВП его амплитуду $U_{вых.m}$ в области установившегося значения. Результат запишите в отчет.
- 1.11. Определите и запишите в отчет скорость изменения входного сигнала треугольной формы, используя для расчетов отношение удвоенной амплитуды входного сигнала ($2U_m$) к полупериоду изменения ($T/2$) выходного напряжения:

$$\frac{\Delta U_{BX}}{\Delta t} = \frac{4 \cdot U_m}{T}.$$

- 1.12. По заданным параметрам схемы и найденному в п. 1.8 значению скорости изменения входного сигнала рассчитайте амплитуду выходного напряжения по формуле идеального дифференциатора:

$$U_{ВЫХ} = -R_{OC} \cdot C \cdot \frac{\Delta U_{BX}}{\Delta t}.$$

- 1.10. Сравните результаты измерений (п. 1.7) и расчетов (п. 1.9). Сделайте вывод о степени идеальности дифференциатора напряжения.
- 1.11. Получите и вставьте в отчет изображения сигнала на выходе дифференциатора напряжения для *синусоидальной, прямоугольной и пилообразной* форм входного напряжения. Объясните полученные результаты.
- 1.12 При синусоидальной форме входного сигнала оцените разность фаз между входным и выходным сигналами дифференциатора. Объясните полученные результаты.
- 1.13 Выключите ВП, для чего нажмите на панели ВП кнопку «Завершение работы».

V. Контрольные вопросы:

1. Почему входной ток ОУ считается равным нулю?
2. Чем отличается схема дифференциатора напряжения на ОУ от схемы интегратора?
3. Чему пропорционально напряжение на выходе дифференциатора?

Рекомендуемая литература

1. Батоврин В. К., Бессонов А. С., Мошкин В. В. LabVIEW: практикум по электронике и микропроцессорной технике: Учебное пособие для вузов. – М. : ДМК Пресс, 2010 – 182с.
2. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники. 3-е изд. М. Бином Лаборатория знаний 2010. – 448с