

Лабораторная работа

Выполнил	1. 2. 3.	МГТУ им. Н.Э. Баумана	Гр.
Проверил			Стенд №

Лабораторная работа. Операционный усилитель.

Операционные усилители предназначены для выполнения математических операций. Функция передачи операционного усилителя $F = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$ однозначно и с высокой точностью определяется внешними элементами, включенными на входе усилителя и в цепи его обратной связи. При этом усилитель для простых схем включения может выполнять операции суммирования, интегрирования и дифференцирования и инвертирования (изменение знака). Для более сложных схем включения операционные усилители могут выполнять умножение, логарифмирование и возведение в степень. Операционные усилители широко применяются для создания аналоговых вычислительных машин. Основное назначение таких машин обеспечивать автоматическое управление сложными техническими системами.

Условное графическое изображение операционного усилителя (ОУ) представлено на рисунке 1.

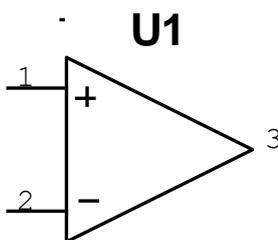


Рис.1 Схема операционного усилителя.

1. Вывод №1 называется не инвертирующим входом ОУ.
2. Вывод №2 называется инвертирующим входом ОУ.
3. Вывод №3 выход ОУ.

В данной работе мы рассмотрим три основные схемы включения усилителя - инвертирующий усилитель, не инвертирующий усилитель и интегрирующий усилитель.

Для рассмотрения принципа действия операционного усилителя введем два основополагающих предположения:

1. Входные токи на входах ОУ равны нулю (входное сопротивление бесконечно большое).
2. За счет автоматической самонастройки входные напряжения на входах усилителя устанавливаются равными между собой.

Эти два положения относятся только к входам самого усилителя, а не к входам в схеме.

Рассмотрим схему инвертирующего усилителя, представленную на рис.2.

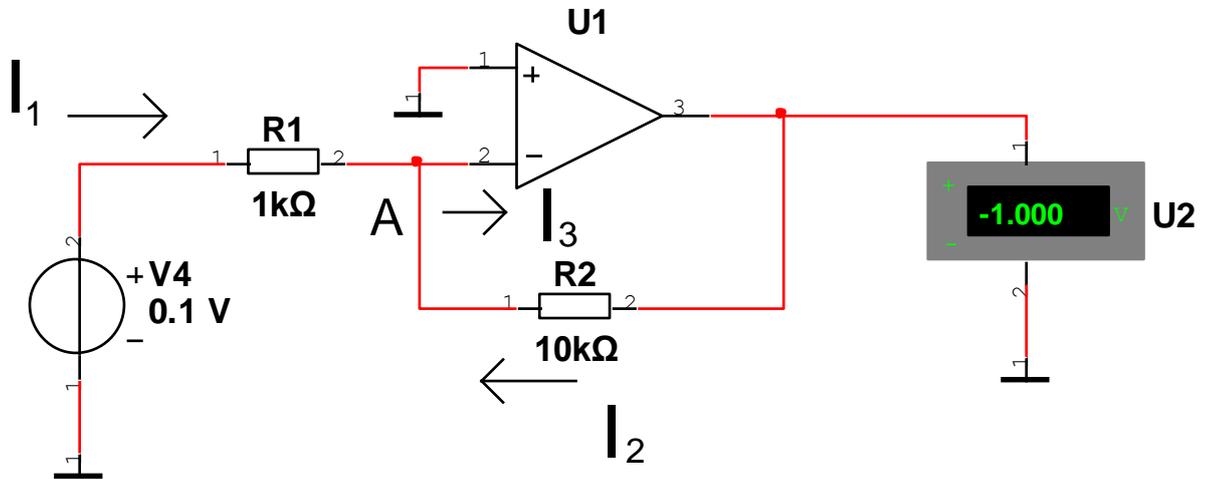


Рис.2.Схема инвертирующего усилителя.

Не инвертирующий вход заземляем. Потенциалы входов усилителя 1 и 2 уравниваются. На входе 2 устанавливается режим «мнимой земли» за счет автоматической самонастройки усилителя. Тогда для узла А на инвертирующем входе усилителя 2 запишем закон Кирхгоффа для узловых токов

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0;$$

При $I_3 = 0$ получим $I_1 + I_2 = 0$ или $I_1 = -I_2$ тогда с учетом мнимой земли получим $U_{\text{вх}}/R_1 = -U_{\text{вых}}/R_2$ или $U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}} = -R_2/R_1$.

Таким образом

$$\boxed{K_{\text{ус}} = -R_2/R_1 ;} \quad (1)$$

Коэффициент усиления отрицательный (усилитель инвертирующий).

При $R_2 = 0$ коэффициент усиления равен нулю. При $|K_{\text{ус}}| < 1$ инвертирующий усилитель принято называть прецизионным аттенюатором т.к. входное сопротивление усилителя равно R_1 . не зависит от величины R_2 .

Рассмотрим теперь не инвертирующий усилитель. Его схема представлена на рисунке 2.

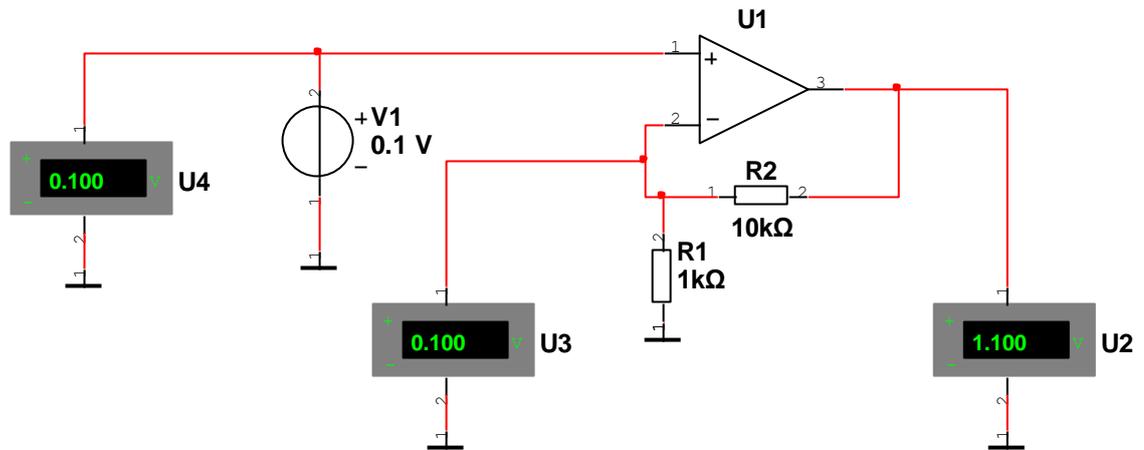


Рис.2. Схема не инвертирующего усилителя.

Исходя из свойства автоматической самонастройки ОУ, запишем

1. $U_1 = U_{\text{вх}}$ - напряжение на не инвертирующем входе;
2. $U_2 = U_{\text{вых}}(R_1/(R_1 + R_2))$ – напряжение на инвертирующем входе;
3. $U_1 = U_2$;
4. $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}}((R_1 + R_2)/R_1)$
5. $K_{\text{ус}} = U_{\text{вых}}/U_{\text{вх}}$;

$$\boxed{K_{\text{ус}} = (1 + R_2/R_1)}; \quad (2)$$

Коэффициент усиления $K_{\text{ус}}$ не инвертирующего усилителя положительный и всегда больше или равен единицы.

Для выполнения математических операций обычно используется инвертирующий усилитель.

Не инвертирующий усилитель используется для усиления сигналов.

Рассмотрим схему аналогового сумматора, представленную на рис. 3.

В узле А сумма токов равна нулю. Узел А – мнимая земля.

Тогда ток I_1 от источника V_1 равен V_1/R_3 , а ток I_2 от источника V_2 равен V_2/R_7 . Тогда ток в цепи обратной связи I_3 должен быть равен $U_{\text{вых}}/R_4$, а $I_3 = -(I_1 + I_2)$. При равенстве $R_7 = R_4 = R_3$ получим $U_{\text{вых}} = -(V_1 + V_2)$. Таким образом, усилитель по схеме рис.3 осуществляет суммирование и инвертирование напряжений, поданных на его входы. Усилитель U_5 включен

по схеме инвертора $K_{yc} = -1$. Тогда напряжение на выходе усилителя $U_{\text{ВЫХ-5}} = V1 + V2$. Т.е в этом случае суммирование осуществляется без инвертирования.

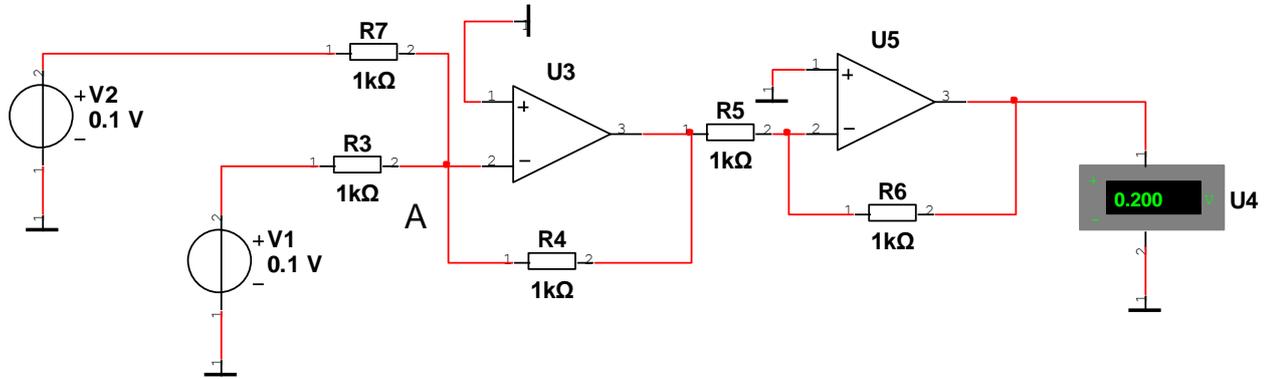


Рис.3. Суммирующий усилитель с инвертором.

В общем виде суммирование входных сигналов осуществляется с коэффициентом $K_i = R_i / R_{oc}$, где R_i – величина сопротивления резистора на входе i , а R_{oc} – сопротивление резистора обратной связи. Таким образом, получим

$$U_{\text{ВЫХ}} = - \sum K_i U_i \quad (3)$$

И с применением дополнительного инвертора

$$U_{\text{ВЫХ}} = \sum K_i U_i \quad (4)$$

Для выполнения вычитания необходимо изменить полярность входного сигнала. Однако, это не всегда возможно. Поэтому нужно применять дополнительный инвертор.

Рассмотрим интегрирующий усилитель. Его схема представлена на рис.4.

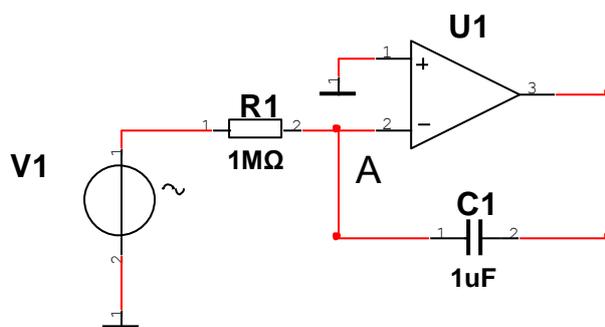


Рис. 4. Интегрирующий усилитель.

Входной ток усилителя $I_{\text{вх}} = V_1(t)/R_1$ (узел А – мнимая земля). Ток обратной связи $I_{\text{ос}}$ в этом случае ток конденсатора I_c и получим

$$I_c = - V_1(t)/R_1.$$

$$U_c = \frac{1}{C} \int_0^t I_c dt$$

Напряжение на конденсаторе в это случае равно выходному напряжению $U_{\text{вых}}$ т.к. узел «А» - мнимая земля

$$U_{\text{вых}} = - \frac{1}{R_1 C_1} \int_0^t V_1(t) dt; \quad (5)$$

Таким образом, усилитель выполняет операцию интегрирования и инвертирования.

При $V_1 = \text{const}$ напряжение на выходе усилителя будет линейной функцией времени. Это обстоятельство можно использовать, например, в генераторах пилообразного напряжения отклоняющих систем развертки телевизионных и осциллографических трубок.

На рис.5 представлена схема генератора пилообразного напряжения.

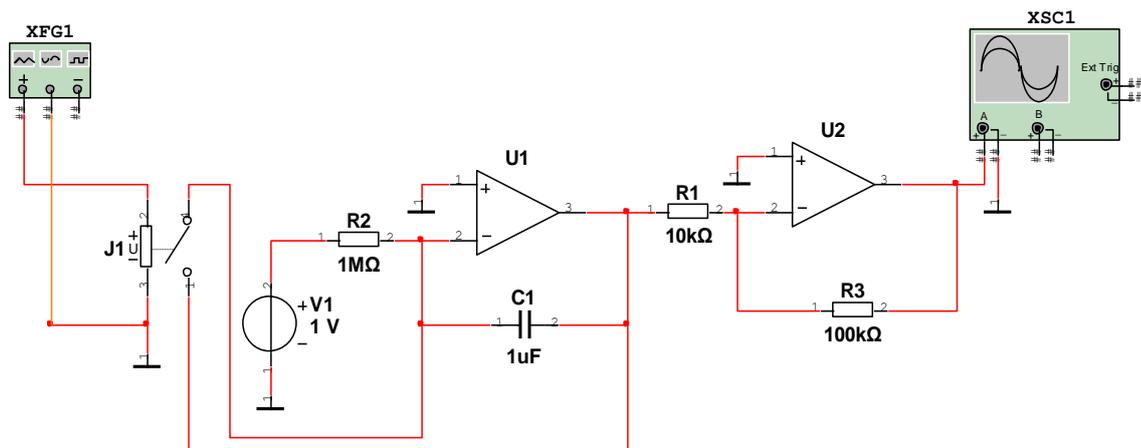


Рис.5 Генератор пилообразного напряжения.

Элементы схемы рис.5 имеют следующее назначение:

1. V1- источник опорного напряжения.
2. Генератор XFG1 и управляемый напряжением ключ J1 образуют систему прерывания процесса интегрирования путем периодического замыкания конденсатора C1.

Из настроек генератора (Рис.6) видно, что в цепь управления ключом кратковременно (1% от периода генератора) подается положительный импульс и на время длительности импульса ключ J1 замыкается. При замыкании ключа конденсатор разряжается. Напряжение на выходе интегратора становится равным нулю. После размыкания ключа процесс интегрирования возобновляется. Значения резистора R2 и конденсатора C1 (схема Рис.5) выбраны так, что коэффициент перед интегралом равен единице.

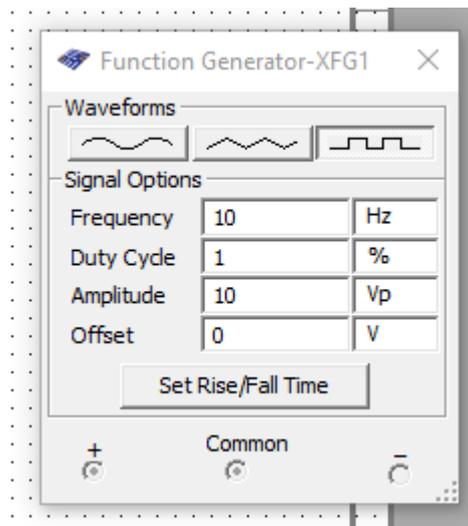


Рис. 6 Настройка генератора управляющего ключом J1

На Рис. 7 показана осциллограмма выходного напряжения при длительности развертки 0.1 сек. В самом интеграторе за время интегрирования сигнал линейно нарастает до - 0,1 вольта. После инвертирования и усиления усилителем U2 за время интегрирования выходное напряжение нарастает до + 1 вольта. Для изменения длительности развертки необходимо изменить частоту генератора. При этом напряжение на выходе интегратора будет изменяться за счет изменения времени интегрирования. При изменении частоты необходимо иметь заданное значение напряжение полного отклонения развертки. Это достигается путем изменения коэффициента усиления усилителя U2.

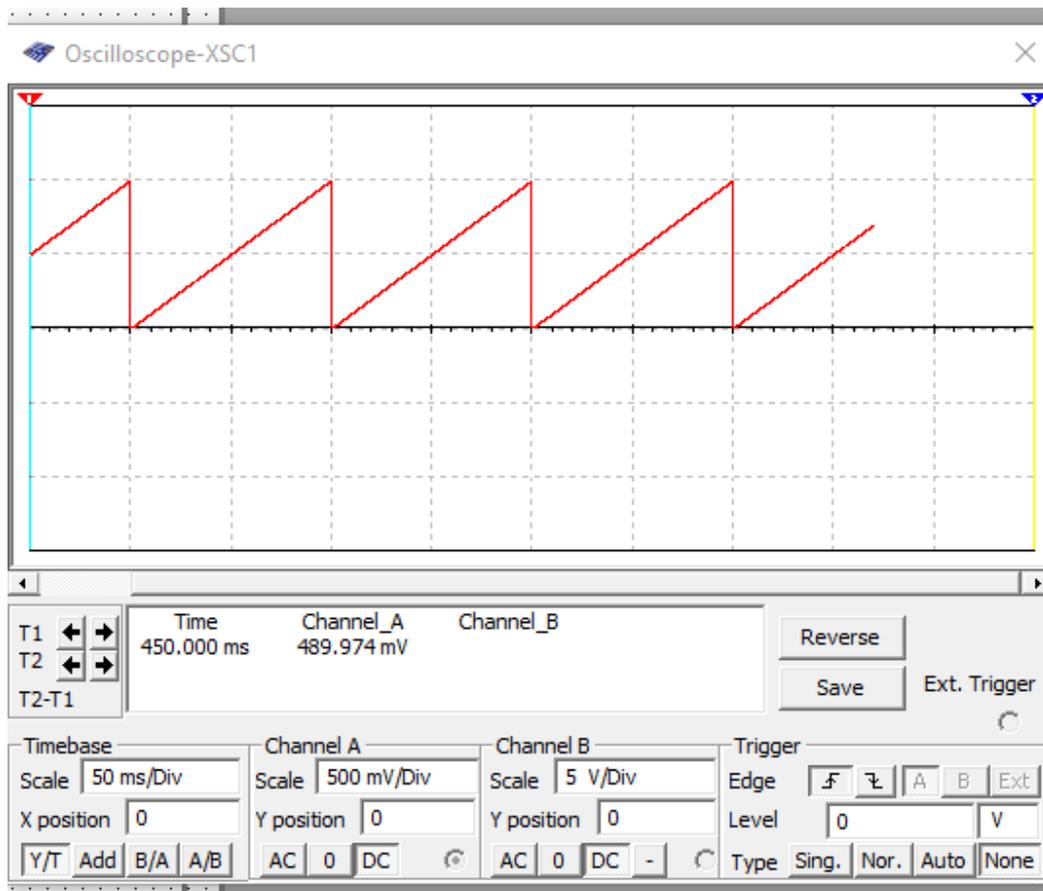


Рис. 7 Осциллограмма выходного сигнала генератора пилообразного напряжения.

Распечатайте и подготовьте отчет по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе «Операционные усилители»

1. № группы
2. Фамилия студента
3. Дата

Загрузите в MULTISIM файл с элементами сборки схем (Операц_усил_Элементы.ms10).

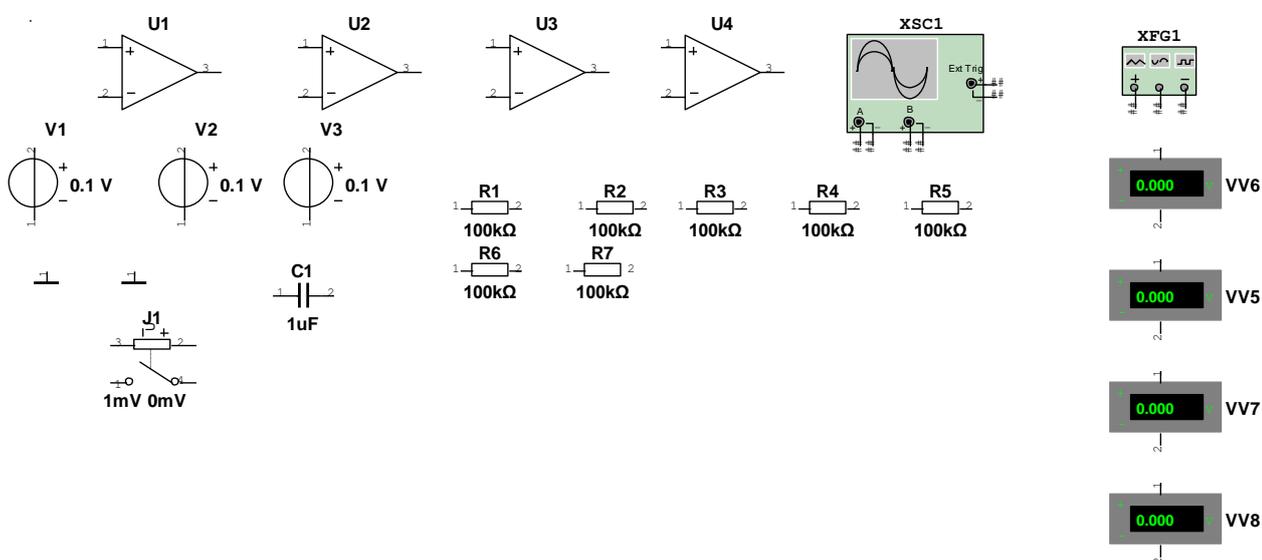


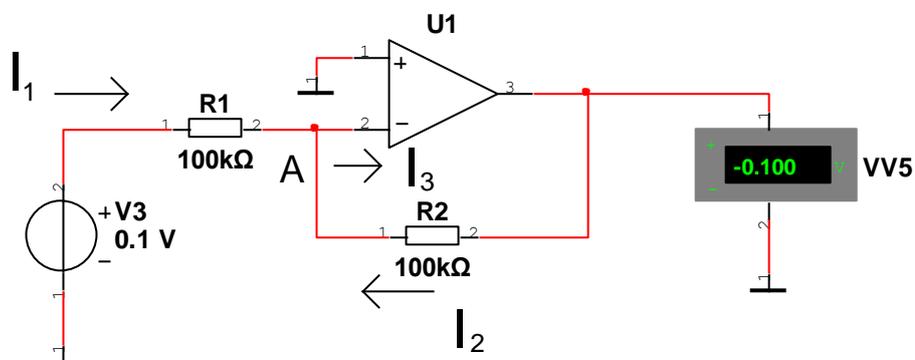
Рис. 8. Элементы для сборки схем (Операц_усил_Элементы.ms10).

Выделите в редакторе все элементы и скопируйте их в буфер обмена. Создайте новый файл и скопируйте элементы в него. Далее проводите сборку усилителей в новом файле.

После окончания работы выходим из MULTISIM без запоминания сделанных изменений.

Выполняем задание в новом файле

1. Соберите схему инвертирующего усилителя в новом файле



Для изменения параметров элемента схемы щелкните на нем правой кнопкой мыши и в свойствах установите новое значение элемента.

Изменяя величину резистора R2 (формула (1)) установите коэффициент усиления 0,1

R1=

R2=

V3 =

VV5 =

Ky=

Изменяя величину резистора R2(формула (1)) установите коэффициент усиления 10

R1=

R2=

V3 =

VV5 =

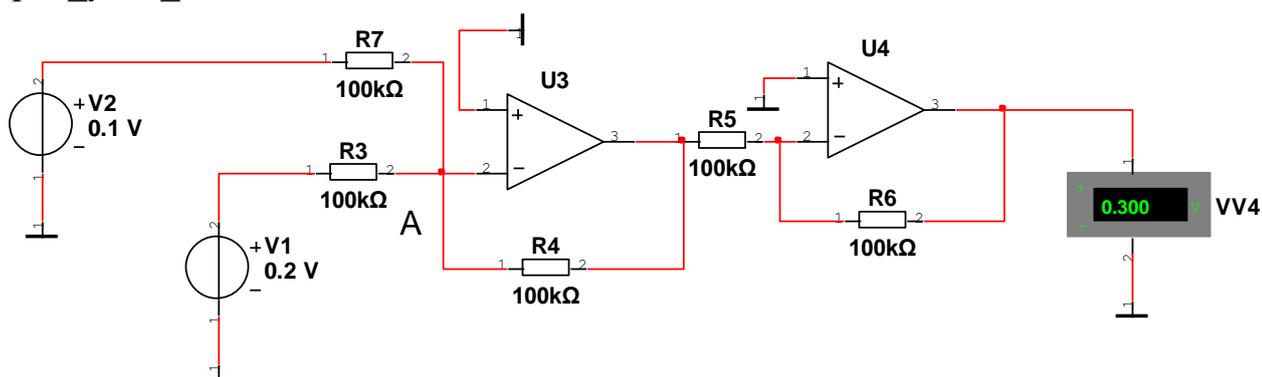
Ky=

2. Соберите схему суммирующего усилителя. Для этого разберите предыдущую схему и на освободившемся месте соберите новую схему.

При разборке схемы удаляете только связи, сохраняя при этом элементы схемы.

Если ошибочно удален элемент схемы, то его можно восстановить.

Для этого удаленный элемент скопируется из файла «Операц_усил_Элементы.ms10».



2.1. Установите параметры схемы для реализации уравнения

$$VV4 = 10(3V1 + 2V2)$$

Для этого установите необходимые коэффициенты усиления по входам усилителей U3 и U4 путем изменения величин резисторов R7, R3 и R6.

R7 =

R3 =

R6 =

VV4 =

вычисленное

VV4 =

измеренное

2.2. Установите параметры схемы для реализации уравнения

$$VV4 = 10(3V1 - 2V2)$$

Для этого установите необходимые коэффициенты усиления по входам усилителей U3 и U4 путем изменения величин резисторов R7, R3 и R6.

Знак минус по входу V2 обеспечить путем включения инвертирующего усилителя между источником V2 и резистором R7

R7 =

R3 =

R6 =

Соберите схему с инвертирующим усилителем для источника V2.

VV4 =

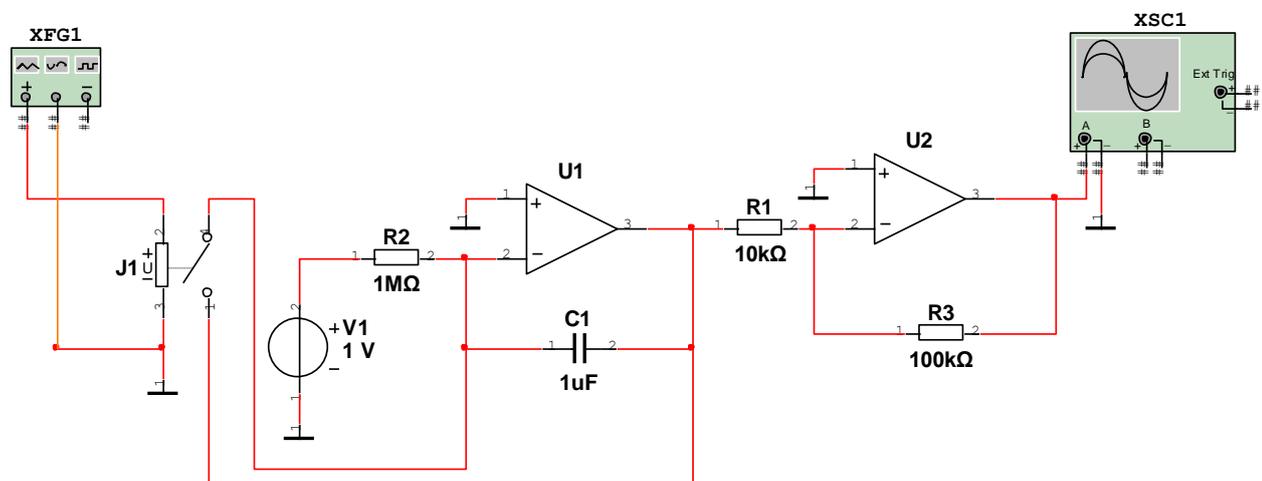
вычисленное

VV4 =

измеренное

3. Соберите схему генератора пилообразного напряжения на интегрирующем усилителе.

Для этого разберите предыдущую схему и на освободившемся месте соберите новую схему. При разборке схемы удаляете только связи, сохраняя при этом элементы схемы. Если ошибочно удален элемент схемы, то его можно восстановить. Для этого удаленный элемент скопируется из файла «Операц_усил_Элементы.ms10».



Осциллограмма №1.

Настройте генератор согласно с настройками на Рис. 6.

Настройте осциллограф согласно с настройками на Рис. 7.

1. Запустите схему и убедитесь в совпадении осциллограммы с осциллограммой на Рис. 7. Если есть различия, то устраните их путем изменения настроек и значений резисторов и конденсатора.
2. Зарисуйте осциллограмму №1.
3. Нанесите масштаб по вертикально шкале в вольтах, а по горизонтальной шкале в миллисекундах.

Осциллограмма №2.

Установите частоту генератора 6 Гц.

Как измениться максимальное значение напряжение развертки?

Что нужно сделать, чтобы установить его значение в десять вольт?

1. Запустите схему и установите максимальное значение напряжение развертки равное 10В. Зарисуйте осциллограмму №2.
2. Нанесите масштаб по вертикально шкале в вольтах, а по горизонтальной шкале в миллисекундах.

Осциллограмма №3.

Установите частоту генератора 6 Гц.

Как измениться максимальное значение напряжение развертки?

Что нужно сделать, чтобы установить его значение в десять вольт?

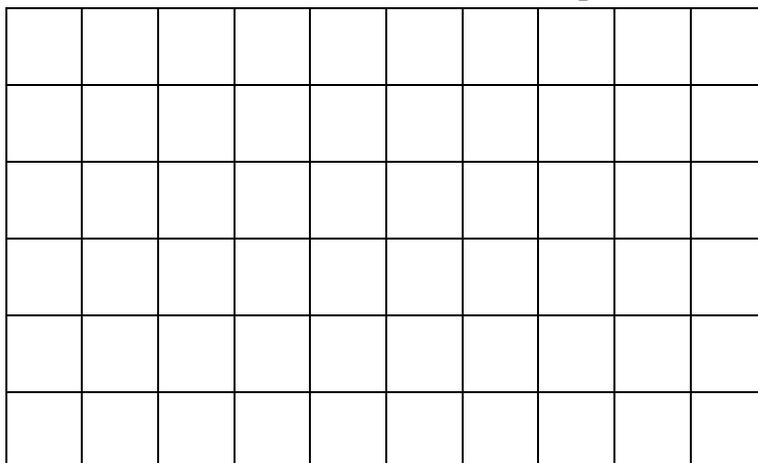
1. Запустите схему и установите максимальное значение напряжение развертки равное 10В. Зарисуйте осциллограмму №3.
2. Нанесите масштаб по вертикально шкале в вольтах, а по горизонтальной шкале в миллисекундах.

Контрольные вопросы.

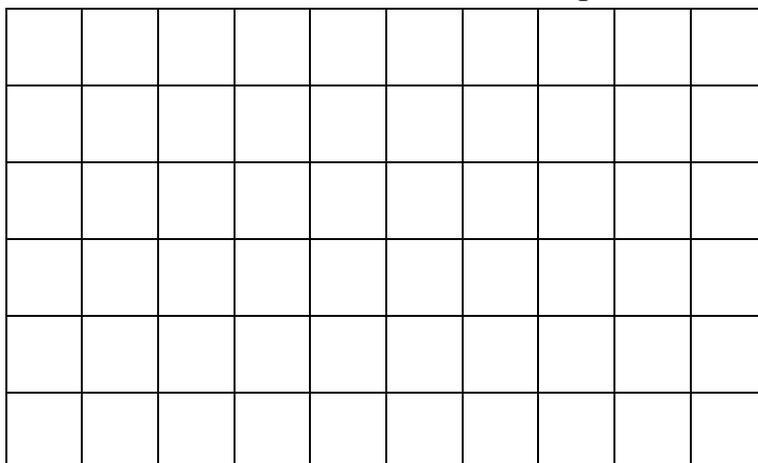
1. Дайте определение инвертирующего и не инвертирующего усилителя.
2. Чему равен коэффициент усиления инвертирующего и не инвертирующего усилителей.
3. В чем заключается принцип балансировки операционного усилителя по цепи обратной связи.
4. На чем основан принцип работы суммирующего интегрирующего операционного усилителя.

Осциллограммы генератора пилообразного напряжения.

Осциллограмма №1



Осциллограмма №2



Осциллограмма №3

