Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный технический университет»
Кафедра «Электротехника»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Функциональное устройство на операционных усилителях

Вариант № …...

Выполнил: студент гр. _____
……ф и о…….
Проверил: д.т.н., профессор
кафедры «Электротехника»
_____ А.И. Нефедьев
«____» _____20___г.

Оценка _____баллов

Волгоград 201__

Содержание

1. Задание 3
2. Введение 3
3. Схема функциональная 5
4. Схема электрическая принципиальная 6
5. Расчетная часть 6
6. Вывод 11
7. Список литературы 12
8. Схема электрическая принципиальная 13
9. Перечень элементов 14

1. Задание

Рассчитать параметры функционального устройства на операционных усилителях (ОУ), функциональная схема которого приведена в пункте 3 «Схема функциональная» (Рис. 1.), и обеспечивающего:

1) усиление напряжения u_1 с коэффициентом передачи по напряжению k_1 ,
2) сложение напряжений u_2 и u_3 с коэффициентами передачи по напряжению k_2 и k_3 соответственно;
3) выпрямление напряжения u_4 после сумматора с коэффициентом передачи по напряжению k_4.

Определить для заданных напряжений u_1 и u_3 средневыпрямленное выходное напряжение U_0 .

Значения u_1, u_3,k_1 , k_2 , k_3 и k_4 приведены в таблице 1.

Использовать однополупериодное выпрямление.

Таблица 1. Условия построения схемы

u_1, В	u_3, В	k_1	k_2	k_3	k_4
0,5sinwt	5sin(wt+90)	3	-2	1,5	1

2. Введение

Современное научно-техническое развитие неразрывно связано с модернизацией микроэлектроники. Сейчас трудно найти сферу деятельности человека, где бы не использовались ее разработки и достижения. Появление каждого нового поколения интегральных микросхем сопровождается изменением в подходе к принципам построения, структуре и конструированию технических средств и систем. Полное использование возможностей микроэлектроники при создании новых приборов и устройств обеспечивается лишь при условии, если специалисты разных областей науки и техники овладевают определенным комплексом знаний по применению микросхем с целью их творческого использования в процессе работы.

Операционный усилитель (ОУ, operation amplifier) - 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. Операционный усилитель изначально был спроектирован для выполнения математических операций, путём использования напряжения как аналоговой величины. Такой подход лежит в основе аналоговых компьютеров, в которых ОУ использовались для моделирования базовых математических операций (сложение, вычитание, интегрирование, дифференцирование и т.д.). Однако идеальный ОУ является многофункциональным схемотехническим решением, он имеет множество применений помимо математических операций. Реальные ОУ, основанные на транзисторах, электронных лампах или других активных компонентах, выполненные в виде дискретных или интегральных схем, являются приближением к идеальным. Параметры реальных ОУ несколько хуже. Однако знание реальных значений параметров конкретного операционного усилителя позволяет достаточно просто оценить погрешность схемы и решить вопрос о целесообразности использования данного ОУ в конкретном устройстве. ОУ обладают превосходными характеристиками, они универсальны в применении и имеют низкую стоимость. Всё это объясняет их доминирование в проектировании аналоговых электронных схем.

Стоит отметить, что в последнее время всё большее значение в мире электронике приобретает цифровая электроника. Но знание аналоговой электроники имеет также немаловажное значение, так как повышаются требования к качеству входных и выходных аналоговых сигналов для цифровой техники.

В данной работе необходимо построить принципиальную схему устройства на ОУ и рассчитать его параметры, имея в наличии тождественную функциональную схему и набор начальных данных.

Функциональная схема (Рис. 1.) разбита на основные блоки, имеющие входы и выходы с заданными в Таблице 1 параметрами (коэффициенты

усилений и входные напряжения). Все блоки схемы должны основываться на операционных усилителях.

Схема должна включать неинвертирующий усилитель, сумматор напряжений по типу сложения/вычитания напряжений, и однофазный двухполупериодный выпрямитель.

Все вышеперечисленные элементы должны обеспечивать стабильную работу с наименьшим отклонением от теоретических расчетов и заданных условий построения схемы.

Все операционные усилители схемы должны обладать высоким быстродействием, высокой точностью усиления и высоким входным сопротивлением.

Для упрощения принципиальной схемы будем считать, что для всех операционных усилителей напряжения питаний: $U_{NUM}+$ = +15В и $U_{MM.}$ = -15В. Расчет токов и указаний их направлений в данной работе не требуется.

3. Схема функциональная

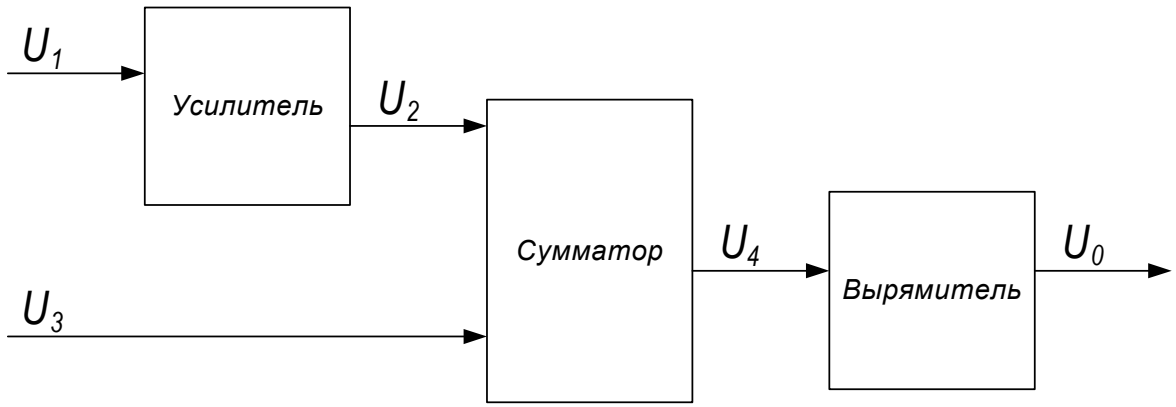


Рис. 1. Функциональная схема

4. Схема электрическая принципиальная:

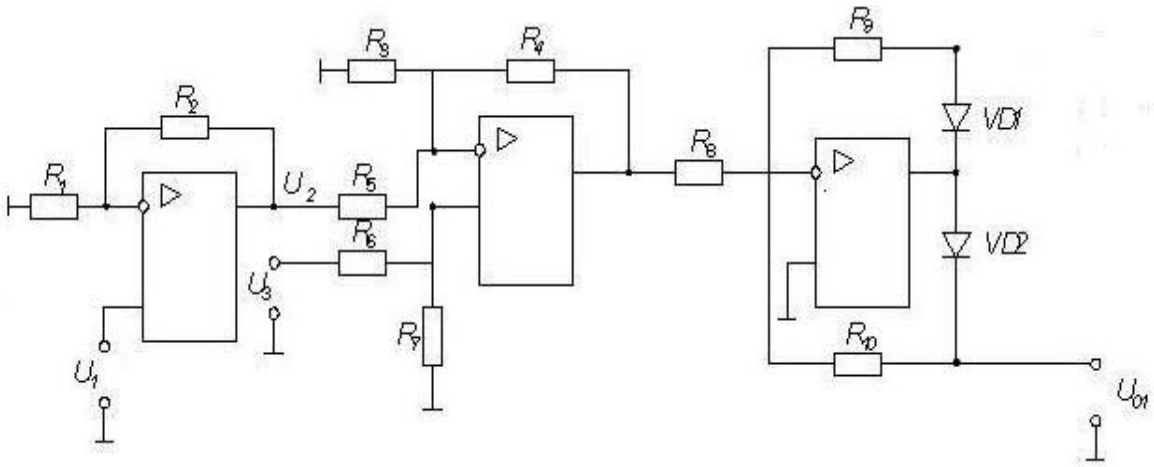


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема

5. Расчетная часть

5.1. Данные из технического задания

$k_1 = 3$

$k_2 = -2$

$k_3 = 1,5$

$k_4 = 1$

$u_1 = 0,5\sin wt$, В

$u_3 = 5\sin(wt+90)$, В

5.2. Расчет инвертирующего усилителя

Примем $R_1 = 16$ кОм (в соответствии с рядом Е24 ГОСТа 28884-90)

$k_1 = 1 + R_2 / R_1$

$R_2 = (k_1 – 1) \cdot R_1 = (3 – 1) \cdot 16$ кОм $= 32$ кОм

$R_2 = 32$ кОм, что соответствует ряду Е24 ГОСТа 28884-90

$u_2 = k_1 \cdot u_1 = 3 \cdot 0,5\sin wt = 1,5\sin wt$, В

5.3. Расчет неинвертирующего сумматора

Примем $R_4 = 150$ кОм (в соответствии с рядом Е24 ГОСТа 28884-90)

Примем $R_5 = 150$ кОм (в соответствии с рядом Е24 ГОСТа 28884-90)

$k_2 = R_4 / R_2 = -2$

$R_2 = R_4 / k_2 = 150 /-2 = -75 \Rightarrow R_2 = 75$ кОм

$k_3 = R_4 / R_3 = 1,5$

$R_3 = R_4 / k_3 = 150 /1,5 = 100$ кОм

Исходя из соблюдения условия баланса:

$R_5 / R_1 = R_4 / R_2 + R_4 / R_3$

$R_1 = R_5 / (R_4 / R_2 + R_4 / R_3) = 150 / 2 + 1,5 = 43$ кОм

$R_3 = 100$ кОм, что соответствует ряду Е24 ГОСТа 28884-90;

$R_1 = 43$ кОм, что не соответствует ряду Е24 ГОСТа 28884-90, поэтому необходимо взять его составным из ряда Е24 ГОСТа 28884-90 =>

$R_1 = 47$ кОм – 4 кОм

5.4. Выходное напряжение усилителя рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{вых}} = U_{вх} \cdot K_{U1}$$

$$U_{\text{вых}} = 3 \cdot 0,5 \sin \omega t = 1,5 \sin \omega t$$

$$U_4 = K_{U2} \cdot U_2 + K_{U3} \cdot U_3 = -2 \cdot (1,5 \sin \omega t) + 1,5 \cdot 5 \sin(\omega t + 90) = -3 \sin \omega t + 7,5 sin(\omega t + 90) \text{В}$$

$U_X = A_X \cdot \sin(\omega_X \cdot t + \varphi_X)$ - вид функции, описывающий переменное напряжение (где: A_x – максимальная амплитуда, ω_X – частота, φ_X - начальная фаза).

Так как частоты колебаний U_2 и U_3 равны, а сами колебания происходят в одном направлении, то можно воспользоваться формулами для сложения таких колебаний.

Амплитуда результирующего колебания:

$$A_4 = \sqrt{A_2^2 + A_3^2 + 2 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot \cos(\varphi_2 - \varphi_3)}$$

$$A_4 = \sqrt{(-4)^2 + 7,5^2 + 2 \cdot 4 \cdot 7,5 \cdot \cos 90^0} = \sqrt{16 + 56,25} = \sqrt{140,04} \approx 8,4$$

Начальная фаза:

$$tg\varphi_4 = \frac{A_2 \cdot \sin \varphi_2 + A_3 \cdot \sin \varphi_3}{A_2 \cdot \cos \varphi_2 + A_3 \cdot \cos \varphi_3}$$

$$tg\varphi_4 = \frac{-3 \cdot \sin 0 + 7,5 \cdot \sin 90}{-3 \cdot \cos 0 + 7,5 \cdot \cos 90} = \frac{7,5}{-3} = -2,5 \Rightarrow \varphi_4 = arctg(-2.5) \approx -25$$

Выходное напряжение сумматора (результирующее колебание):

$$U_4 = -8,4 \cdot \sin(\omega t - 25)$$

Однофазный однополупериодный выпрямитель

Однофазный однополупериодный выпрямитель построен на основе инвертирующего ОУ с диодами VD1 и VD2 в цепи обратной связи.

При положительной полярности входного напряжения будет открыт диод VD1 и обратная связь замыкается через резистор R_9 . При отрицательной полярности входного напряжения будет открыт диод VD2 и обратная связь замыкается через резистор R_{10} . Таким образом, на выходе каскада будут присутствовать импульсы напряжения положительной полярности (U_{01}) и отрицательной полярности (U_{02}), то есть имеет место однополупериодное выпрямление по двум выходам.

При $U_4 > 0$ получим $U_{01} = 0$ и $U_{02} = - U_4 \left(\frac{R_9}{R_8}\right)$, а при $U_4 < 0$ получим $U_{02} = 0$ и $U_{01} = U_4 \left(\frac{R_{10}}{R_8}\right)$.

Для обеспечения равенства коэффициента передачи по двум полярностям выходного напряжения необходимо выполнить условие: $\frac{R_9}{R_8} = \frac{R_{10}}{R_8}$

Примем R_{10} = 100 кОм (в соответствии с рядом Е24 ГОСТа 28884-90)

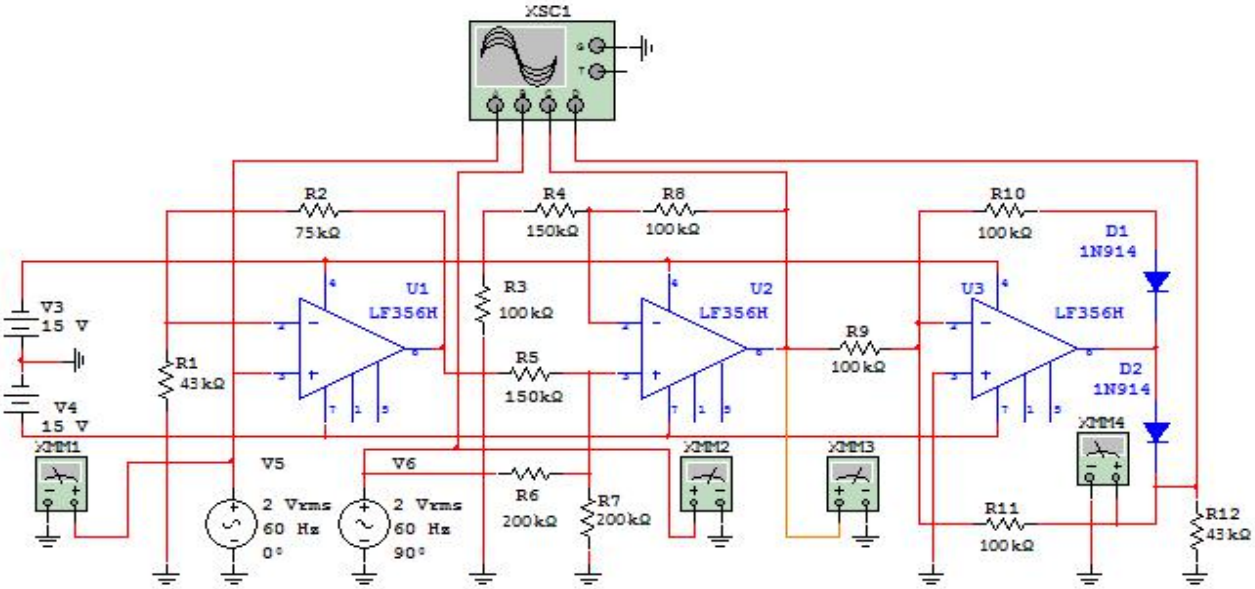
Примем R_9 = 100 кОм (в соответствии с рядом Е24 ГОСТа 28884-90)

Получаем: R_8 = 100 кОм

$$U_{01} = -8{,}4\left(\frac{100}{100}\right) = -8{,}4$$

$U_{cc} = 0{,}638 \cdot 8{,}4 = 5{,}36$ В

Моделирование работы схемы в среде «Electronics Workbench»



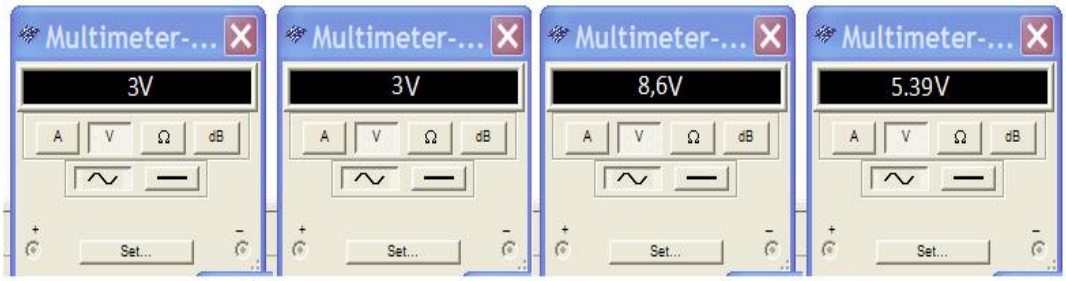
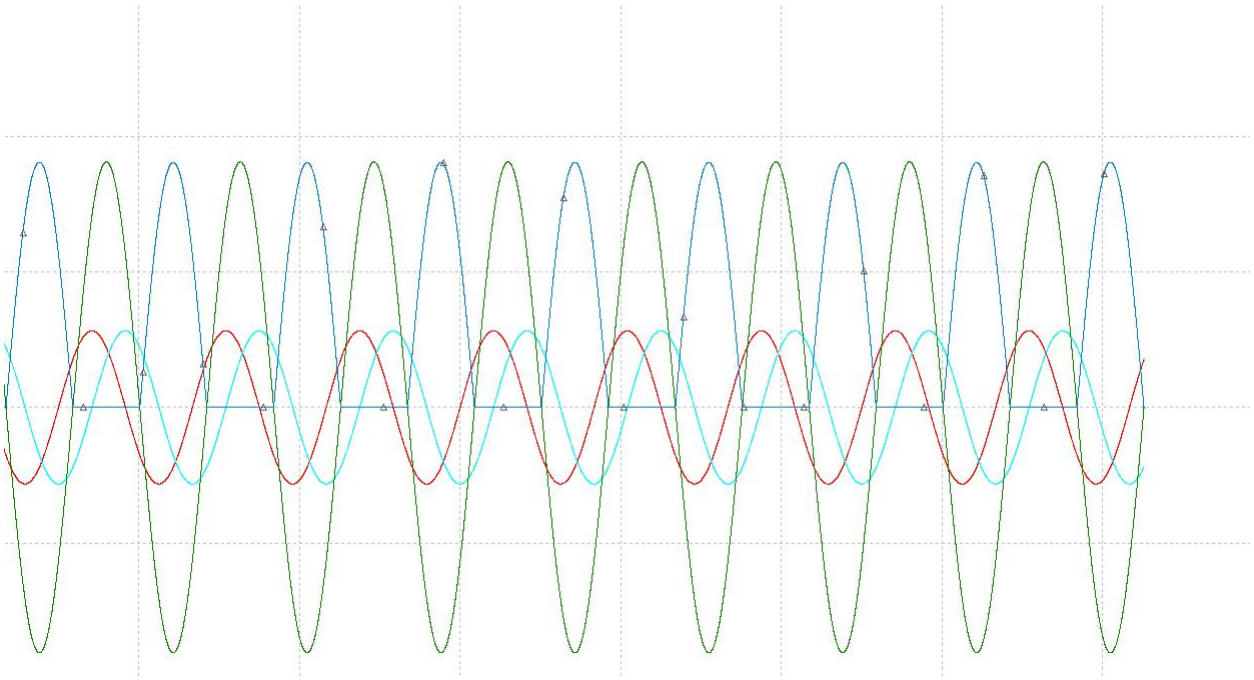


Рис. 3 Принципиальная схема смоделированная



- Осциллограмма U_1
- Осциллограмма U_2
- Осциллограмма U_3
- Осциллограмма U_{01}

Рис. 4. Осциллограмма напряжений

6. Выводы

В ходе выполнения данной работы мы познакомились с устройством операционных усилителей, изучили их основные параметры, научились строить принципиальные схемы на базе операционных усилителей.

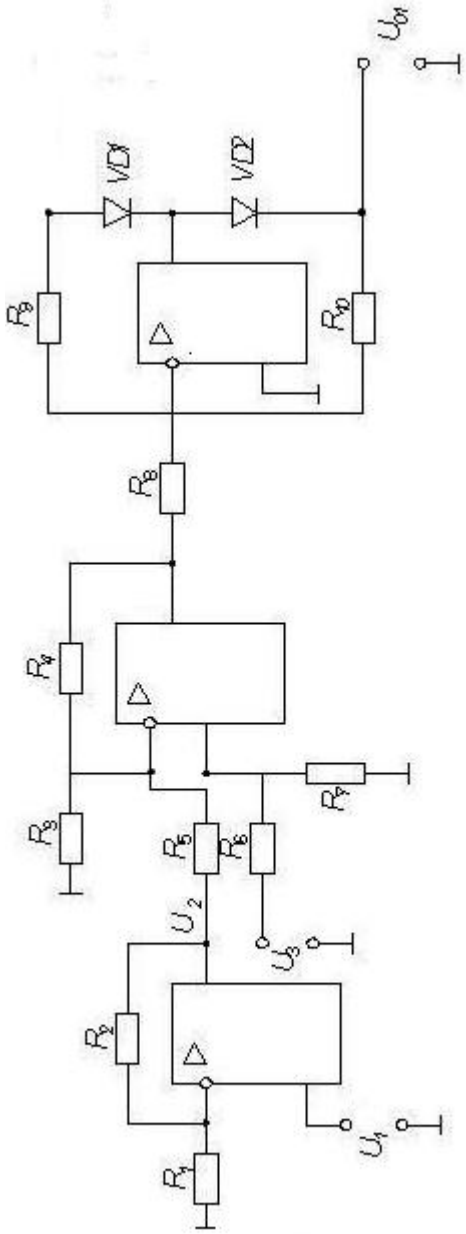
По заданию необходимо было построить функциональное устройство на операционных усилителях, которое состоит из 3 основных блоков: усилителя, сумматора, выпрямителя.

Приведенная выше принципиальная схема (рис. 2) теоретически полностью подходит по заданным условиям и соответствует функциональной схеме (рис. 1.). Схема обеспечивает высокое быстродействие и высокую точность преобразований, которые напрямую зависят от параметров используемых операционных усилителей.

Данные полученные путем вычислений практически совпали с результатами, полученными в ходе моделирования работы схемы.

7. Список литературы

1. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., ,Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (полный курс): Учебник для вузов. Под. ред. О.П. Глудкина. - М: Горячая линия - Телеком, 2003. - 768с,
2. Лачин В.И., Савелов Н.С. Электроника: Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. - Ростов н/Д: изд-во "Феникс", 2002. - 576с.
3. Гальперин М.В. Электронная техника: Учебник. - М.:ФОРУМ: ИНФРА-М, 2003.- 304с.
4. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. - М.:БИНОМ, 1994. - 352с.
5. Достал И. Операционные усилители: Пер. с англ. - М.: Мир, 1982. - 512с.
6. ГОСТ 2.702-69 Правила выполнения электрических схем.
7. ГОСТ 2.710-75 Обозначения условные буквенно-цифровые.



					ВГТУ. ХХХ.ХХХ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Функциональное устройство на операционных усилителях Схема электрическая принципиальная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		.						1 : 1
Пров.								
Т. контр.								
Реценз.						Лист 1	Листов 2	
Н. контр.						ВолгГТУ		
Утв.								

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Микросхемы		
DA1..DA3	К140УД6 бК0.348.095-03 ТУ	3	
	Резисторы		
	С2-33Н ОЖО.467.173ТУ		
R1	С2-33Н–0,125-47 кОм±5%	1	
R2	С2-33Н–0,125-75 кОм±5%	1	
R3	С2-33Н–0,125-100 кОм±5%	1	
R4	С2-33Н–0,125-150 кОм±5%	1	
R5	С2-33Н–0,125-150 кОм±5%	1	
R6	С2-33Н–0,125-200 кОм±5%	1	
R7	С2-33Н–0,125-200 кОм±5%	1	
R8	С2-33Н–0,125-100 кОм±5%	1	
R9	С2-33Н–0,125-100 кОм±5%	1	
R10	С2-33Н–0,125-100 кОм±5%	1	
R11	С2-33Н–0,125-100 кОм±5%	1	
	Диоды		
VD1,VD2	КД510А дР3.362.100 ТУ	2	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВГТУ. ХХХ.ХХХ			
Разраб.					Функциональное устройство на ОУ Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
Пров.							2	1
						ВолгГТУ		
Н. Контр.								
Утв.								