

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Автоматика и телемеханика»

Курсовая работа
по дисциплине “Детали мехатронных модулей роботов и их конструирование”
на тему “Измерительная цепь емкостного датчика с частотно-временным
выходным сигналом ”

ПГУ 2.15.03.06.15 ПЗ

Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Профиль подготовки – Мехатроника

Выполнил студент: _____ Филиппов И.А.
Группа: 16ПН1

Руководитель:
к.т.н., доцент _____ Арбузов В.П.

Работа защищена с оценкой _____

Дата защиты _____

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой АиТ, д.т.н., профессор
М.А. Щербаков

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине «Детали мехатронных модулей и их
конструирование» на тему «Измерительная цепь емкостного датчика с частотно-
временным выходным сигналом»

Вариант 15

Студенту Филиппову И.А. 

Группа 16ПН1

Исходные данные (технические требования) на проектирование:

Рассчитать измерительную цепь емкостного датчика по следующим исходным данным.

Вид информативного параметра: $\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}$

Диапазон изменения рабочих емкостей, пФ: $C_1 = 4-12$, $C_2 = 12-4$

Частота прямоугольных импульсов, кГц: $f_0 = 15$, $\Delta f = 7$

Выходное напряжение, В: $U_{\text{вых}} = 15$

Руководитель работы к.т.н., доцент



Арбузов В.П.

Реферат

Пояснительная записка содержит 31 страниу, 10 рисунков, 15 таблиц.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ, ОПЕРАЦИОННЫЙ УСИЛИТЕЛЬ, ГЕНЕРАТОР, КОМПАРАТОР, ДИФФЕРЕНЦИАТОР, СУММАТОР, ВЫПРЯМИТЕЛЬ, ИНФОРМАТИВНЫЙ ПАРАМЕТР, АДНО.

Цель работы - разработка измерительной цепи емкостного датчика с частотно-временным выходным сигналом.

В процессе работы производится выбор и расчет необходимых элементов измерительной цепи, составление схемы электрической принципиальной.

					<i>ПГУ 2.15.03.06.15 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Филипповов И.А.</i>			<i>Усилитель постоянного тока</i> <i>Пояснительная записка</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Ардузов В.П.</i>					<i>3</i>	<i>31</i>
						<i>гр. 16ПН1</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Саул Е.Н.</i>						
<i>Утв.</i>								

Содержание

	С.
Введение.....	5
1 Разработка структурной схемы устройства.....	6
2 Расчёт параметров блоков измерительной цепи.....	9
2.1 Выбор и расчет схемы генератора	9
2.2 Расчет схемы выпрямителя.....	13
2.3 Расчет схемы интегратора.....	16
2.4 Выбор и расчет схемы амплитудно – дифференциального нуля – органа	20
3 Описание схемы электрической принципиальной	24
Заключение	26
Список использованных источников	27
Приложение А Измерительная цепь емкостного датчика. Схема электрическая принципиальная.....	28

Введение

Современное производство характеризуется широким применением датчиков.

Датчик – это конструктивная совокупность измерительных преобразователей и технических средств, обеспечивающих преобразование входной неэлектрической величины в выходной электрический унифицированный сигнал [1].

В этом проекте разрабатывается измерительная цепь ёмкостного датчика. Ёмкостные датчики повсеместно используются в производстве, так их применяют для контроля над заполнением различных резервуаров материалами, которые могут находиться в различном агрегатном состоянии. Также используются в качестве конечного выключателя на конвейерной линии или станке производственного цеха. Необходимы они и для наиболее точного позиционирования различных механизмов.

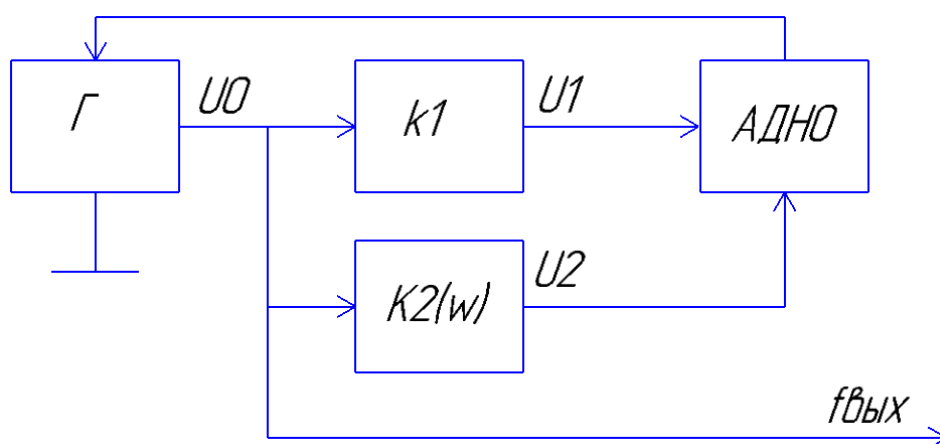
Одной из главных составляющих ёмкостного датчика является измерительная цепь. Она обеспечивает преобразование выходной пассивной электрической величины параметрического преобразователя датчика в активную электрическую величину. Являясь составной частью датчика, измерительная цепь должна обеспечивать инвариантность результата измерения как к дестабилизирующим факторам, воздействующим на нее, так и к параметрам необходимых для датчика кабельных соединений[1].

1 Разработка структурной схемы устройства

В основе принципа действия преобразователей емкости в частоту или период лежит равенство модулей коэффициентов передачи частотонезависимого (K_1) и частотозависимого (K_2) каналов.

Для преобразования информативного параметра параметрического преобразователя (ПП) в частоту либо K_1 , либо $K_2(\omega)$ должен представлять собой коэффициент передачи информативного параметра ПП, например, в напряжение[1].

Рассмотрим структурную схему измерительной цепи с частотно-временным выходным сигналом представленную на рисунке 1.1.



Γ – генератор;

$f_{\text{вых}}$ – выходной сигнал;

АДНО – амплитудно - дифференциальный нуль-орган;

$K_1, K_2(\omega)$ – коэффициенты передачи каналов;

U_1, U_2 – амплитудные значения напряжений;

U_0 – выходное напряжение генератора;

Рисунок 1.1 – Схема преобразования информативных параметров датчиков в частотно – временной выходной сигнал

Принцип действия данной схемы основан на изменении частоты генератора Γ до тех пор, пока модули коэффициентов передачи обоих каналов не будут равны между собой. Изменением частоты генератора управляет АДНО изменении частоты генератора Γ .

Для того что бы структурная схема представленная на рисунке 1.1 обеспечивала начальное значение выходного сигнала f_0 представим канал K_1 в виде суммы $K_1 = k_0 + k_1$, где k_0 – коэффициент передачи, задающий начальный уровень выходного сигнала. Структурная схема частотонезависимого канала представлена на рисунке 1.2.

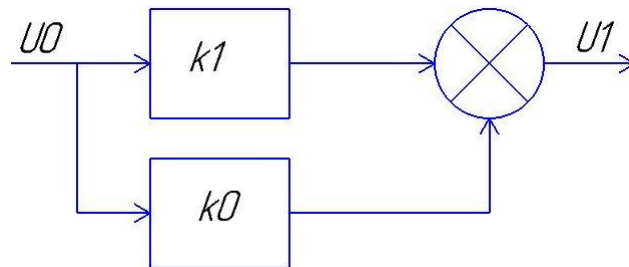


Рисунок 1.2 – Схема частотонезависимого канала

В результате чего наша структурная схема примет вид представленный на рисунке 1.3.

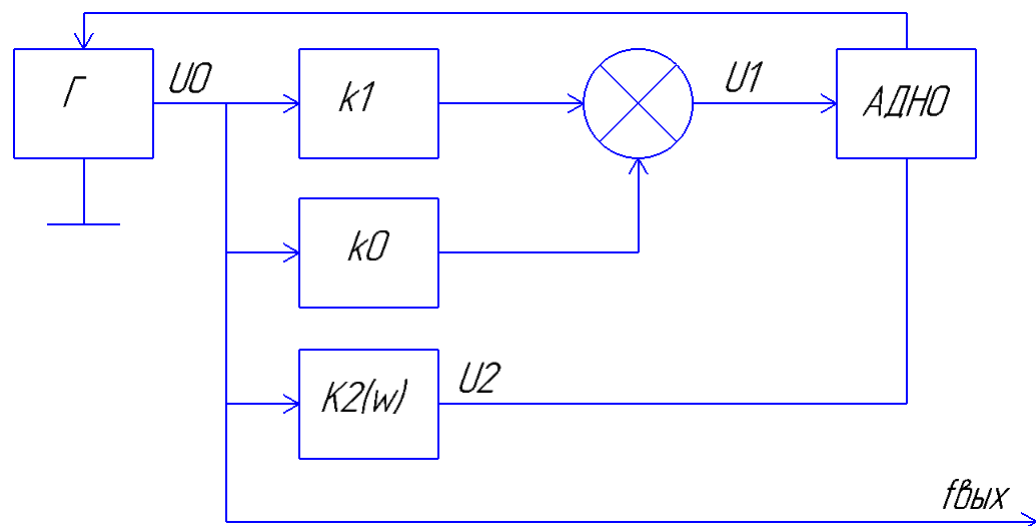


Рисунок 1.3 – Схема измерительной цепи с частотно-временным выходным сигналом

Реализуем полученную структурную схему в функциональную.

Функциональная схема представлена на рисунке 1.4.

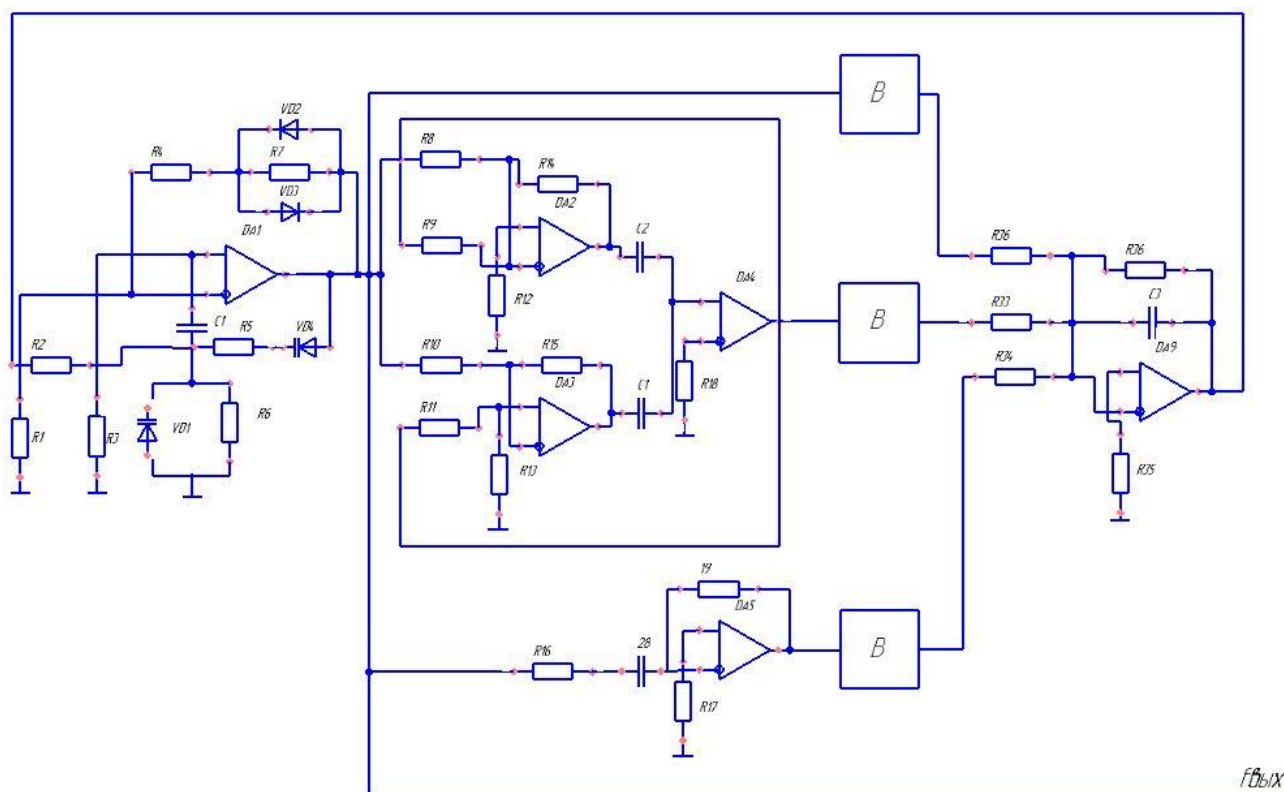


Рисунок 1.4 – Функциональная схема

2 Расчёт параметров блоков измерительной цепи

2.1 Выбор и расчет схемы генератора

Схема перестраиваемого по частоте генератора синусоидального напряжения приведена на рисунке 2.1.

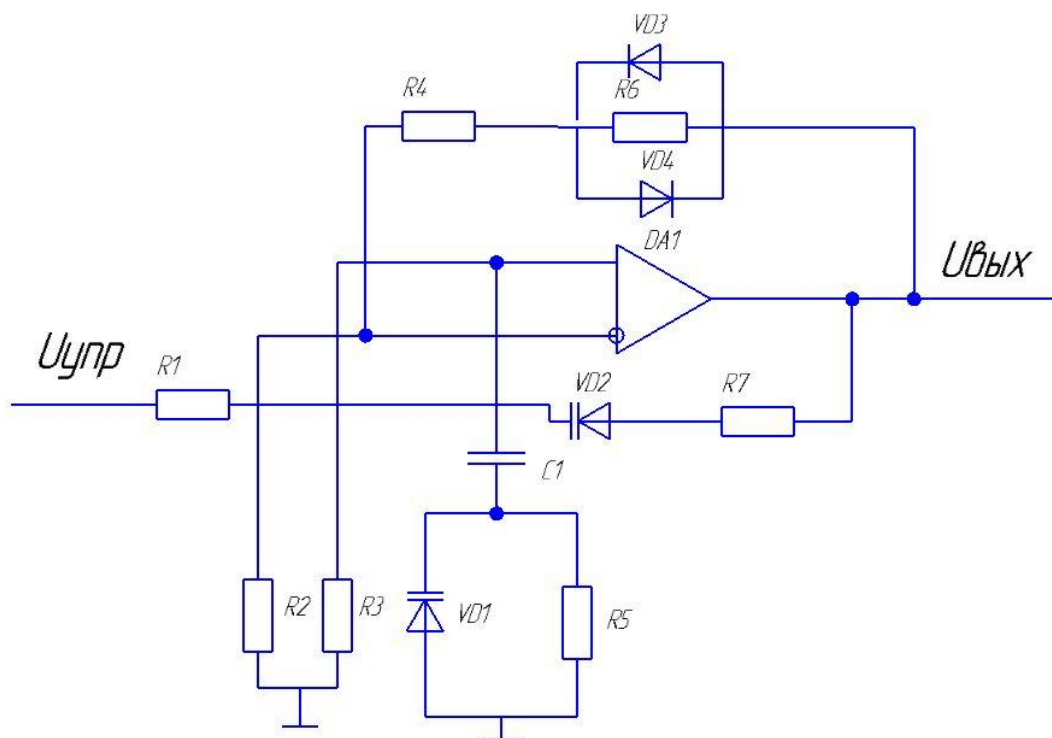


Рисунок 2.1 – Схема генератора

Генератор будем строить на операционном усилителе К140УД2.

Параметры операционного усилителя приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики операционного усилителя К140УД2

Напряжение питания	9-18 В
Максимальное выходное напряжение	10 В
Напряжение смещения нуля	5мВ
Входной ток	700нА
Разность входных оков	200нА
Ток потребления	8мА
Коэффициент усиления напряжения	30 тыс.

Варикапы выбираем типа КВС120Б так, как крутизна их вольт-фарадной характеристики максимальна при изменении напряжения управления от нуля до максимального выходного напряжения АДНО.

Параметры диода приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристики варикапы КВС120Б

Тип прибора	Значение параметров при T=25 °C						$U_{обр.max}$ В	$I_{обр}$ мкА	$T_{к.max}$ °C	
	$C_{ном}$ при ($U_{обр}$) пф (В)	DC пф	K_c	при		Q_{ϵ}				При f МГц
				$U1$ В	$U2$ В					
КВС120Б	275(1)	±45,0	20	1	30	100	1	32	0.5	85

В качестве диодов нелинейности обратной связи усилителя будем использовать выпрямительные германиевые диоды Д2В.

Параметры диода приведены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Характеристики диода Д2В

Тип прибора	Предельные значения при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$		Значение параметров при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$				
	$U_{обр.мах}$ В	$I_{np.мах}$ мА	$f_{мах}$ МГц	U_{np} , В При I_{np} , мА		$I_{обр}$, мкА	$T_{к.мах}$ $^{\circ}\text{C}$
				U_{np} , В	I_{np} , мА		
Д2В	30	25	-	1.0	9	250	85

Конденсатор выберем типа К10-17Б т.к. конденсатор C_1 является разделительным конденсатором и служит для защиты неинвертирующего входа операционного усилителя от напряжения управления. И его ёмкость должна быть в диапазоне от 0,1 до 1,0 мкФ.

Параметры конденсатора приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.3 – Характеристики конденсатора К10-17Б

Тип конденсатора	Ёмкость номинальная, мкФ	Напряжение номинальное, В
К10-17Б	1	50

Расчёт сопротивления начнём с резистора R_2 . Для этого зададим выходное напряжение генератора U_e равным 6 В. Значение резистора R_2 найдём из выражения:

$$R_2 \leq \frac{U_e}{I_{\text{вх.оп}} \cdot 3 \cdot 10^3}$$

где, $I_{\text{вх.оп}}$ – входной ток операционного усилителя.

$$R_2 \leq \frac{6}{700 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^3} \leq 2.857 (\text{кОм})$$

Сопротивление резистора R_2 берём равным 3 кОм.

Сопротивление резистора R_4 находится следующим образом:

$$R_4 = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot 3 = 6 (\text{кОм}).$$

Резистор R_3 равен параллельному соединению резисторов R_2 и R_4 :

$$R_3 = \frac{R_2 \cdot R_4}{R_2 + R_4} = \frac{3 \cdot 6}{3 + 6} = 2 (\text{кОм})$$

Исходя из начального значения выходного напряжения измерительной цепи, определяется значение сопротивлений резисторов R_5 и R_7 :

$$R_5 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot C_{\text{вар}}}$$

где, f_0 – начальная частота выходного напряжения измерительной цепи, $C_{вар}$ – ёмкость варикапа.

$$R_5 = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 275 \cdot 10^{-12}} = 38.58(\text{кОм})$$

Сопротивление резисторов R_5 и R_7 берём равным 39 кОм

Сопротивления резисторов R_1 и R_6 примем равным 100кОм.

В таблице 2.4 представлены резисторы, выбранные для генератора и их основные характеристики.

Таблица 2.4 - Параметры резисторов для генератора

Обозначение	Тип	Сопротивление, кОм	Отклонение, %	Рассеиваемая мощность, Вт
$R1, R6$	КИМ-0.125	100	10	0.125
$R2$	КИМ-0.125	3	10	0.125
$R3$	КИМ-0.125	2	10	0.125
$R4$	КИМ-0.125	6	10	0.125
$R5, R7$	КИМ-0.125	39	10	0.125

2.2 Расчет схемы сумматора

Для реализации схем преобразователей информативных параметров дифференциальных ПП емкостных датчиков в напряжение будем использовать сумматоры представленные на рисунке 2.2 и рисунке 2.3.

Сумматоры будем строить на операционном усилителе К140УД2 параметры которого представлены в таблице 2.1.

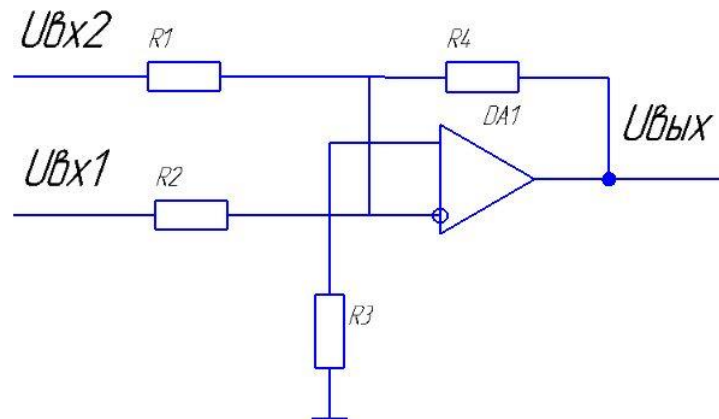


Рисунок 2.2 – Сумматор 1

Для сумматора изображённого на рисунке 2.2 его выходное напряжение при $R_1 = R_2 = R_4 = R$ будет описывается выражением:

$$U_{\text{вых}} = -(U_{\text{вх1}} + U_{\text{вх2}}).$$

Расчёт резисторов начинаем с нахождения сопротивления R_1 :

$$R \leq \frac{U_{\text{вх}}}{10^3 \cdot I_{\text{вхOV}}}$$

где, $U_{\text{вх}}$ – входное напряжение инвертирующего усилителя.

$$R \leq \frac{6}{10^3 \cdot 700 \cdot 10^{-9}} \leq 8.571 (\text{кОм})$$

Сопротивление резисторов R_1, R_2, R_4 берём равным 9.1 кОм.

Резистор R_3 вычисляем как параллельное соединение резисторов R_1, R_2, R_4 :

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_4}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_4 + R_2 \cdot R_4}.$$

При $R_1 = R_2 = R_4 = R$ R_3 будет находиться как :

$$R_3 = \frac{R}{3} = \frac{9.1}{3} = 3(\text{кОм}).$$

Сумматор 2 представлен на рисунке 2.3

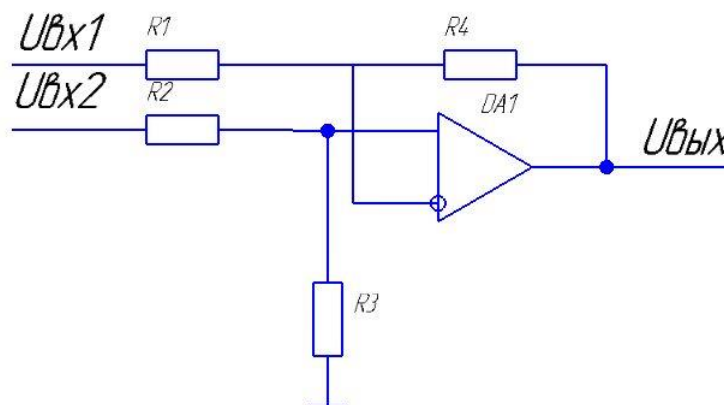


Рисунок 2.2 – Сумматор 2

Выходное напряжение сумматора 2 при $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ будет находиться выражением:

$$U_{\text{вых}} = -(U_{\text{вх1}} - U_{\text{вх2}}).$$

Найдём сопротивление резисторов из выражения:

$$R \leq \frac{U_{\text{вх}}}{10^3 \cdot I_{\text{вхOV}}} \leq \frac{6}{10^3 \cdot 700 \cdot 10^{-9}} = 8.571(\text{кОм}).$$

Сопротивление резисторов R_1, R_2, R_3, R_4 берём равным 9.1 кОм.

В таблицах 2.5 и 2.5 представлены резисторы и их основные характеристики., выбранные для сумматоров 1 и 2.

Таблица 2.5 - Параметры резисторов для сумматора 1

Обозначение	Тип	Сопротивление, кОм	Отклонение, %	Рассеиваемая мощность, Вт
R_1, R_2, R_4	КИМ-0.125	9.1	10	0.125
R_3	КИМ-0.125	3	10	0.125

Таблица 2.6 - Параметры резисторов для сумматора 2

Обозначение	Тип	Сопротивление, кОм	Отклонение, %	Рассеиваемая мощность, Вт
<i>R1, R2, R3, R4</i>	КИМ- 0.125	9.1	10	0.125

2.3 Расчет схемы выпрямителя

Схема выпрямителя представлена на рисунке 2.4.

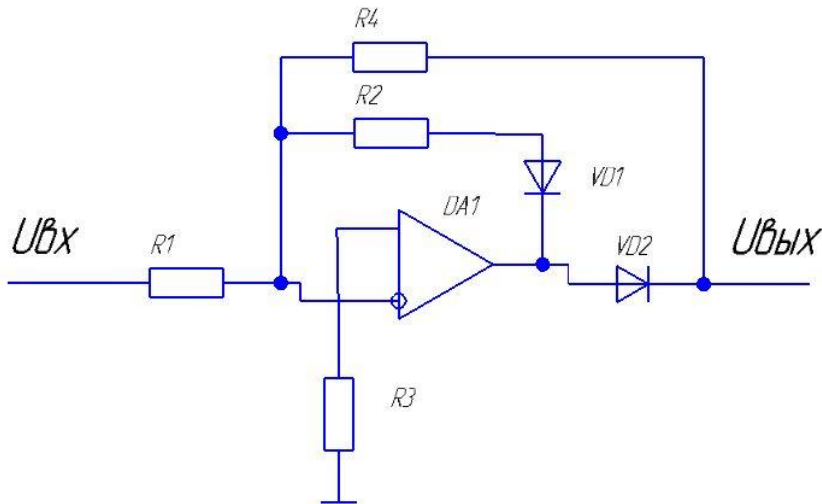


Рисунок 2.4 – Схема выпрямителя

Выпрямитель будем строить на операционном усилителе К140УД2 параметры которого представлены в таблице 2.1.

В качестве диодов следует выбрать кремниевые выпрямительные диоды с максимально допустимым током не более 10 мА. Выберем диоды типа КД104А параметры которых приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7- Характеристики диода КД104А

Тип прибора	Предельные значения параметров при T=25C			Значение параметров при T=25C				Т _{к.макс} (Т _{п.}) С
	U _{обр.макс} (U _{обр.и.макс}) В	I _{пр.макс} (I _{пр.и.макс}) мА	I _{прг.} А	f _{раб.} (f _{макс.}) кГц	U _{пр.} В	при I _{пр.} А	I _{обр.} мА	
КД04А	300	10	1.0	-	1.0	10	3.0	70

Для исключения постоянного напряжения на выходе усилителя резисторы R₂ и R₄ должны быть равными, т.е. R₂ = R₄, а коэффициент передачи выпрямителя равен: $k_B = \frac{R_2}{R_1}$

Найдём сопротивление резисторов.

Расчёт значений резисторов начнём с определения сопротивления резистора R_1 :

$$R_1 = \frac{U_{\text{ex}}}{10^3 \cdot I_{\text{exOY}}} = \frac{6}{10^3 \cdot 700 \cdot 10^{-9}} = 8.571(\text{кОм}).$$

Сопротивление резисторов R_1 берём равным 9.1 кОм.

Резистор R_2 рассчитывается следующим образом:

$$R_2 = k_y \cdot R_1$$

где, k_y - коэффициента передачи инвертирующего усилителя равный единице.

$$R_2 = 1 \cdot 9.1 \cdot 10^3 = 9.1(\text{кОм}).$$

Для исключения постоянного напряжения на выходе усилителя резисторы R_2 и R_4 должны быть равными, т.е. резистор R_4 также равен 9.1 кОм.

Зная что сопротивления между входами операционного усилителя и общей шиной должны быть равными, значение резистора R_3 рассчитывают как параллельное сопротивление резисторов R_1 и R_2 :

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{9.1 \cdot 9.1}{9.1 + 9.1} = 4.55(\text{кОм}).$$

Сопротивление резисторов R_3 берём равным 4.7 кОм

Коэффициент передачи выпрямителя k_B находится следующим отношением:

$$k_B = \frac{R_2}{R_1} = \frac{9.1}{9.1} = 1.$$

В таблице 2.8 представлены резисторы и их основные характеристики выбранные для выпрямителя.

Таблица 2.8 - Параметры резисторов для выпрямителя

Обозначение	Тип	Сопротивление, кОм	Отклонение, %	Рассеиваемая мощность, Вт
R_1, R_2, R_4	КИМ-0.125	9.1	10	0.125
R_3	КИМ-0.125	4.7	10	0.125

2.4 Расчет схемы дифференциатора

Схема дифференциатора представлена на рисунке 2.5.

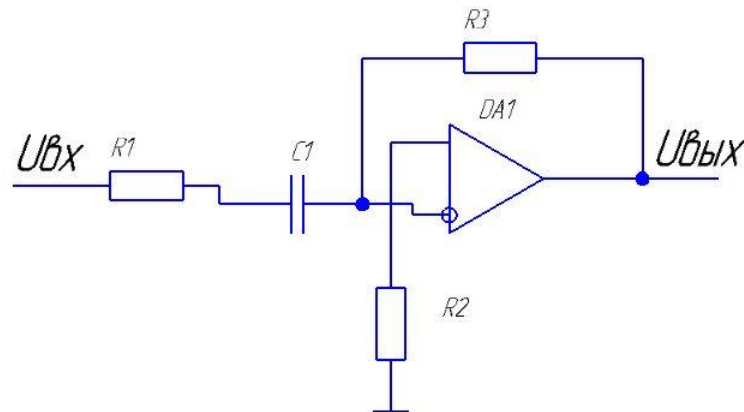


Рисунок 2.5 – Дифференциатор

Дифференциатор будем строить на операционном усилителе К140УД2 параметры которого представлены в таблице 2.1.

Так как сигналом измерительной цепи является частота $f_{вых}$, то значение начальной частоты ω_0 находим из следующего выражения:

$$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0 = 2 \cdot 3.14 \cdot 15 \cdot 10^3 = 94,2(\text{кГц})$$

где, f_0 – начальная частота выходного напряжения измерительной цепи.

Определив значение ω_0 , находим значение постоянной времени дифференциатора τ_d :

$$\tau_d = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot f_0} = \frac{1}{4 \cdot 3.14 \cdot 15 \cdot 10^3} = 5.305(\text{мкс})$$

Зададим резистор R_1 равным 1 кОм и, учитывая полученное выше значение постоянной времени дифференциатора τ_d , определим значение емкости конденсатора C_1 :

$$C_1 = \frac{\tau_d}{R_1} = \frac{5.305 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^3} = 5.305(\text{нФ})$$

Значение резистора R_2 определяется коэффициентом передачи дифференциатора k_{d0} , значение которого выбирается из условия:

$$U_z \cdot k_{d0} \cdot k_B \leq U_{\max}$$

где, U_c – выходное напряжение генератора; $U_{\max}$ – максимальное напряжение на выходе микросхемы выпрямителя.

Из этого следует, что если $k_{00} \leq \frac{U_{\max}}{U_c \cdot k_B} = \frac{6}{6 \cdot 1} = 1$, то резистор $R_3 = 1 \text{ кОм}$.

Сопротивление резистора R_3 равно сопротивлению резистора R_1 , так как сопротивления между входами операционного усилителя и общей шиной должны быть равны, т.е. резистор $R_3 = 1 \text{ кОм}$.

Ёмкость конденсатора C_1 берём равной 5 нФ.

Для данной схемы был выбран конденсатор К10-17Б. Его характеристики приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Характеристики конденсатора К10-17Б

Тип конденсатора	Ёмкость номинальная, нФ	Напряжение номинальное, В
К10-17Б	5	50

В таблице 2.9 представлены резисторы и их основные характеристики выбранные для дифференциатора.

Таблица 2.10 - Параметры резисторов для дифференциатора

Обозначение	Тип	Сопротивление, кОм	Отклонение, %	Рассеиваемая мощность, Вт
$R1, R2, R3$	КИМ-0.125	1	10	0.125

2.4 Выбор и расчет схемы амплитудно – дифференциального нуля – органа

Схема амплитудно-дифференциального нуля-органа представлена на рисунке 2.6.

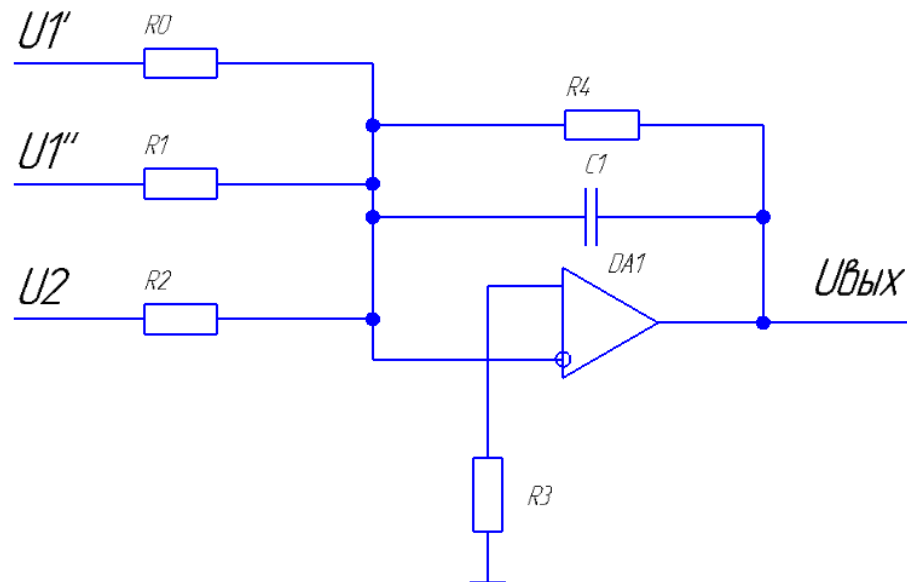


Рисунок 2.6 – амплитудно-дифференциальный нуль-орган

Амплитудно-дифференциальный нуль-орган будем строить на операционном усилителе К153УД5 параметры которого представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Характеристики операционного усилителя К153УД5

Напряжение питания	5-16В
Максимальное выходное напряжение	11В
Напряжение смещения нуля	2мВ
Входной ток	100нА
Разность входных токов	20нА
Ток потребления	3.5мА
Коэффициент усиления напряжения	500тыс.

Расчёт сопротивлений АДНО начнём с определения значения резистора

R_2 :

$$R_2 \leq \frac{U_{\Gamma} \cdot k_{\partial 0} \cdot k_B}{10^3 \cdot I_{\text{вх.оу}}} \leq \frac{6}{10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} \leq 60(\text{кОм}).$$

Сопротивление резисторов R_2 берём равным 62 кОм.

Сопротивление резистора R_0 определим с помощью значения начальной частоты f_0 :

$$R_0 = \frac{R_2}{2 \cdot \pi \cdot R_{\partial 1} \cdot C_{\partial 1} \cdot k_{\partial 0}} \cdot \frac{1}{f_0} = \frac{0.62 \cdot 10^6}{2 \cdot 3.14 \cdot 10^3 \cdot 5.305 \cdot 10^{-9} \cdot 1} \cdot \frac{1}{15 \cdot 10^3} = 124(\text{кОм}).$$

Сопротивление резисторов R_0 берём равным 120 кОм.

Резистор R_1 служит для задания девиации выходного сигнала, и его значение определяется выражением:

$$R_1 = \frac{R_2}{2 \cdot \pi \cdot R_{\partial 1} \cdot C_{\partial 1} \cdot k_{\partial 0}} \cdot \frac{P_{\text{инф. макс}}}{\Delta f_{\text{вых}}}$$

где, $P_{\text{инф. макс}}$ – максимальное значение информативного параметра и находится по из отношения:

$$P_{\text{инф макс}} = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} = \frac{12 - 4}{12 + 4} = 0.5.$$

$$R_1 = \frac{0.62 \cdot 10^6}{2 \cdot 3.14 \cdot 10^3 \cdot 5.305 \cdot 10^{-9} \cdot 1} \cdot \frac{0.5}{7 \cdot 10^3} = 132(\text{кОм}).$$

Сопротивление резистора R_1 берём равным 130 кОм.

Резистор R_4 , задавая коэффициент передачи АДНО, задает и коэффициент передачи статической системы регулирования частоты или периода выходного сигнала измерительной цепи. Его сопротивление определяется из выражения:

$$R_4 \geq \frac{10^3 \cdot R_0 \cdot R_1 \cdot R_2}{R_0 R_1 + R_0 R_2 + R_1 R_2}$$

$$R_4 \geq \frac{124 \cdot 10^3 \cdot 132 \cdot 10^3 \cdot 62 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{124 \cdot 10^3 \cdot 132 \cdot 10^3 + 124 \cdot 10^3 \cdot 62 \cdot 10^3 + 132 \cdot 10^3 \cdot 62 \cdot 10^3} = 31(МОм)$$

Сопротивление резистора R_4 берём равным 30 МОм.

Сопротивление резистора R_3 найдем по формуле:

$$R_3 = \frac{R_0 \cdot R_1 \cdot R_2}{R_0 R_1 + R_0 R_2 + R_1 R_2}$$

$$R_3 = \frac{124 \cdot 10^3 \cdot 132 \cdot 10^3 \cdot 62 \cdot 10^3}{124 \cdot 10^3 \cdot 132 \cdot 10^3 + 124 \cdot 10^3 \cdot 62 \cdot 10^3 + 132 \cdot 10^3 \cdot 62 \cdot 10^3} = 31(кОм)$$

Сопротивление резистора R_3 берём равным 30 кОм.

Емкость конденсатора C_1 , выполняющего функцию сглаживания результата сравнения напряжений U_1 и U_2 найдем из условия:

$$R_4 \cdot C_1 \geq \frac{5}{f_{\min}}$$

где, $f_{\min}$ – минимальное значение частоты выходного сигнала, и равно:

$$f_{\min} = f_0 - \Delta f_{\text{вых}} = 15 - 7 = 8(кГц).$$

Найдём ёмкость конденсатора C_1 :

$$C_1 \geq \frac{5}{R_4 \cdot f_{\min}} \geq \frac{5}{0.315 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^3} = 19.8(нФ)$$

Ёмкость конденсатора C_1 берём равным 20 пФ.

Для данной схемы был выбран конденсатор К10-17Б. Его характеристики приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Характеристики конденсатора К10-17Б

Тип конденсатора	Ёмкость номинальная, пФ	Напряжение номинальное, В
К10-17Б	20	50

В таблице 2.13 представлены резисторы, выбранные для АДНО и их основные характеристики.

Таблица 2.13 - Параметры резисторов для АДНО

Обозначение	Тип	Сопротивление, кОм	Отклонение, %	Рассеиваемая мощность, Вт
<i>R0</i>	КИМ- 0.125	124	10	0.125
<i>R1</i>	КИМ- 0.125	132	10	0.125
<i>R2</i>	КИМ- 0.125	60	10	0.125
<i>R3</i>	КИМ- 0.125	31	10	0.125
<i>R4</i>	КИМ- 0.125	31000	10	0.125

2.6 Формирователь прямоугольных импульсов

Для работы измерительной цепи необходимо напряжение синусоидальной формы, а выходным сигналом в соответствии с заданием должны быть однополярные прямоугольные импульсы заданной амплитуды. Преобразование синусоидального напряжения в однополярные импульсы целесообразно выполнить на основе компараторов напряжения с открытым коллектором на выходе. Выбран компаратор 521СА3. Схема компаратора изображена на рисунке 2.6.

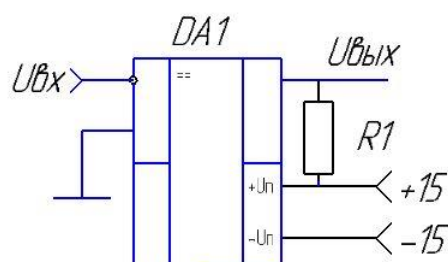


Рисунок 2.6 – Схема формирователя прямоугольных импульсов

Резистор R_1 возьмём с сопротивлением 2кОм.

Характеристики компаратора 521СА3 находятся в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Характеристики 521СА3

Коэффициент усиления	K , тыс.	200
Напряжение питания	$+U_n$, В	10 – 15
Ток потребления	I_n , мкА	3 – 5
Выходной ток	$i_{вых}$, мА	до 50
Разность входных токов	$\Delta i_{вх}$, нА	10 - 100
Частота единичного усиления	f_1 , МГц	15

3 Описание схемы электрической принципиальной

Схема электрическая принципиальная выполнена на листе формата А4 и представлена в приложении А.

Генератор синусоидального напряжения собран из элементов: $C1$, $DA1$, $R1 - R7$, $VD1 - VD4$.

Преобразователь информативного параметра датчика в напряжение собран из элементов: $DA3$, $DA4$, $DA6$, $R9, R10, R12-R15, R17, R18, R21$.

Частотно-зависимый канал, представляющий собой дифференциатор, собран из элементов: $C2$, $DA2$, $R8$, $R11$, $R16$.

Выпрямитель выходного напряжения генератора предназначенного для задания начального значения выходного сигнала собран из элементов: $DA8$, $R24$, $R25$, $R28$, $R30$, $VD7, VD8$.

Выпрямитель выходного сигнала информативного параметра преобразователя собран из элементов: $DA9$, $R26$, $R27$, $R29$, $R32$, $VD9$, $VD10$.

Выпрямитель выходного напряжения дифференциатора собран из элементов: $DA5$, $R19$, $R20$, $R22$, $R23$, $VD5$, $VD6$.

Амплитудно-дифференциальный нуль-орган собран из элементов: $C3$, $DA10$, $R33$, $R34$, $R35$, $R36$, $R37$.

На элементах $DA7$, $R31$ построен компаратор напряжения выходной цепи.

Заключение

В ходе выполнения курсовой работы была спроектирована измерительная цепь ёмкостного датчика с частотно-временным выходным сигналом, отвечающая требованиям задания курсовой работы:

— Вид информативного параметра: $\frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2}$;

— Диапазон изменения рабочей ёмкостей, пФ: $C_1 = 4 - 12$, $C_2 = 12 - 4$;

— Выходное напряжение измерительной цепи ёмкостного датчика , В:
 $U_{\text{вых}} = 15$;

— Частота прямоугольных импульсов, кГц: $f_0 = 15$, $\Delta f_{\text{вых}} = 7$;

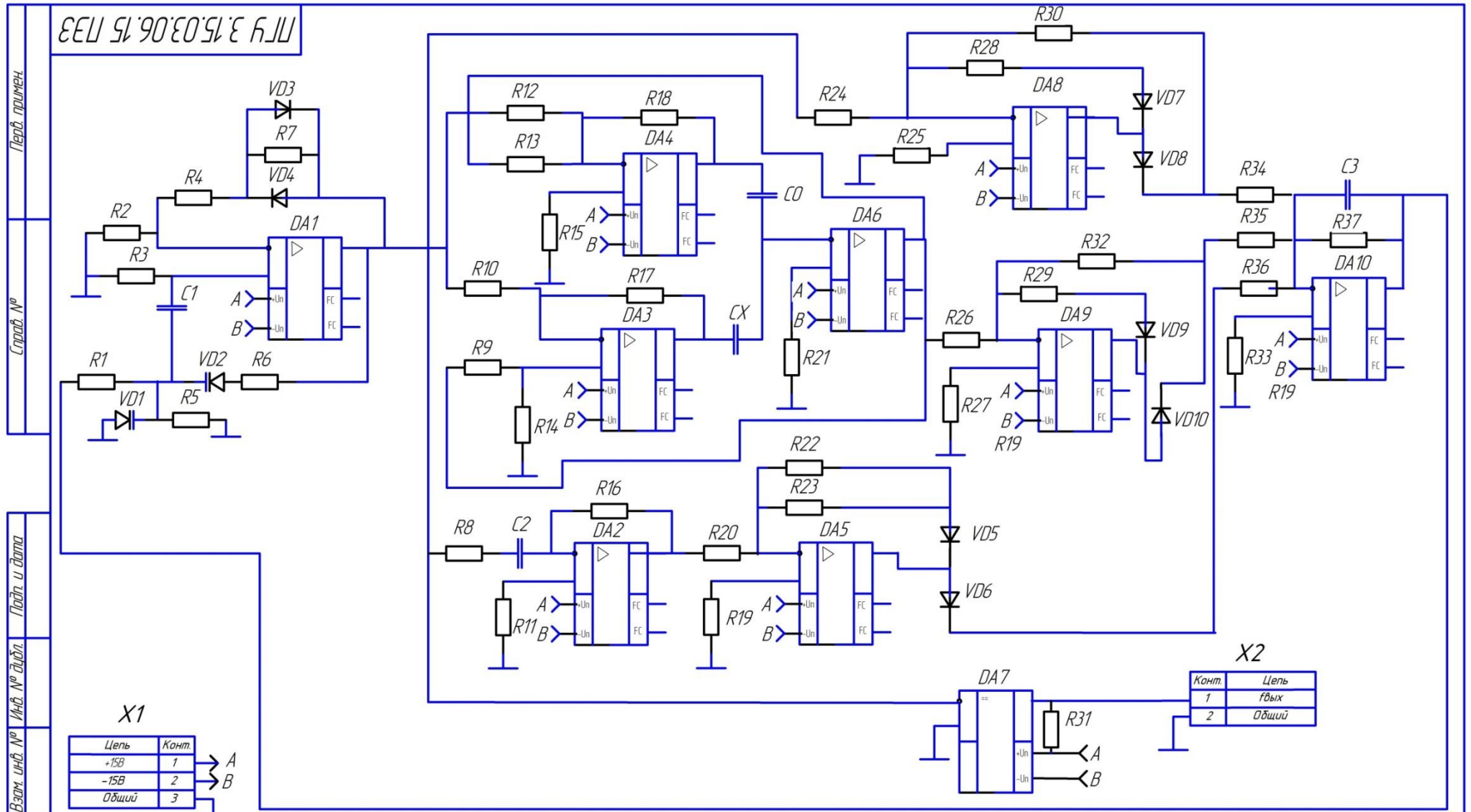
Список использованных источников

1. Арбузов, В. П. Структурные методы повышения точности измерительных цепей емкостных и индуктивных датчиков : моногр. / В. П. Арбузов. – Пенза : Информационно-издательский центр ПГУ, 2008. – 230 с.
2. Арбузов В.П., Белинцева П.Н. Измерительная цепь ёмкостного датчика с частотно-временным выходным сигналом: метод. указания к курсовому проекту.– Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. – 28 с.
3. Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - Л.: Издательство Энергия, 1980. – 249 с.
4. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам / Под ред. Горюнова Н.Н. – М.: Издательство Энергия, 1979. – 744 с.
5. Гитцевич А.Б., Зайцев А.А., Мокряков В.В. и др. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справочник. – М.: КУБК-а, 1996г. – 528 с.

Приложение А
(обязательное)

Измерительная цепь емкостного датчика.

Схема электрическая принципиальная



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

				ПГУ 3.15.03.06.15 ПЗЗ		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Измерительная цепь емкостного датчика	Лит.	Масса
Разраб.	Филиппов И.А.			Схема электрическая принципиальная		
Проб.	Ардузов В.П.				Лист	Листов 1
Т.контр.	Саул Е.Н.				Формат А3	
Н.контр.					Зр.16ПН1	
Утв.				Копировал		

Поз. обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы		
C1	K10 – 17Б - 50В – 1 мкФ ±10%	1	
C2	K10 – 17Б - 50В -5 нФ ±10%	1	
C3	K10 – 17Б - 50В - 20 пФ ±10%	1	
	K53 - 18 - 30 В - 10мкФ ±20%		
	Микросхемы		
DA1-DA9	K140УД2	8	
DA7	521СА3	1	
DA10	K140УД17	1	
	Резисторы		
R1	КИМ-0.125 – 100 кОм ± 1%	1	
R2	КИМ-0.125 – 3 кОм ± 1%	1	
R3	КИМ-0.125 – 2 кОм ± 1%	1	
R4	КИМ-0.125 – 6 кОм ± 1%	1	
R5	КИМ-0.125 – 39 кОм ± 1%	1	
R6	КИМ-0.125 – 39 кОм ± 1%	1	
R7	КИМ-0.125 – 100 кОм ± 1%	1	
R8	КИМ-0.125 – 1 кОм ± 1%	1	
R9-R10	КИМ-0.125 – 9.1 кОм ± 1%	2	
R11	КИМ-0.125 – 1 кОм ± 1%	1	
R12-R14	КИМ-0.125 – 9.1 кОм ± 1%	3	
R15	КИМ-0.125 – 3 кОм ± 1%	1	
R16	КИМ-0.125 – 1 кОм ± 1%	1	
R17-R18	КИМ-0.125 – 9.1 кОм ± 1%	2	

[illegible]