

Д.Г. Грязин  
С.Ю. Перепелкина  
П.П. Коваленко  
М.В. Абрамчук

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ "ОСНОВЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ". ЧАСТЬ I**



Санкт-Петербург  
2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Д.Г. Грязин  
С.Ю. Перепелкина  
П.П. Коваленко  
М.В. Абрамчук

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ "ОСНОВЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ". ЧАСТЬ I.  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО  
по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение в качестве учебно-  
методического пособия для реализации  
основных профессиональных образовательных программ  
высшего образования бакалавриата,



Санкт-Петербург  
2021

Грязин Д.Г., Перепелкина С.Ю., Коваленко П.П., Абрамчук М.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Основы проектирования приборов и систем". Часть I. – СПб.: Университет ИТМО, 2021. – 92 с.

Рецензент:

Монахов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (квалификационная категория "ординарный доцент") факультета систем управления и робототехники, Университета ИТМО.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ, проводимых студентами 3 курса направления подготовки бакалавров по направлению 12.03.01 "Приборостроение" в рамках дисциплины «Основы проектирования приборов и систем». Лабораторные работы проводятся в объёме 12 академических часов. Содержание работы направлено на усвоение лекционного материала по расчёту надёжности электронной схемы. Студенты овладевают навыками, позволяющими производить расчёт надёжности электронной схемы на предмет безотказной работы схемы и интенсивности отказов. В результате выполнения этих работ студенты смогут освоить методы составления перечня электрических элементов, входящих в схему, с указанием режимов их работы и определения интенсивности отказов.



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2021

© Грязин Д.Г., Перепелкина С.Ю., Коваленко П.П., Абрамчук М.В., 2021

## Содержание

1. Методика расчёта надёжности электронной схемы.....	5
2. Пример расчёта показателей надёжности для заданной электронной схемы.....	6
Приложение 1.....	8
Варианты заданий для лабораторной работы.....	8
Приложение 2.....	81
Контрольные вопросы для защиты отчета по лабораторной работе .....	81

## 1. Методика расчёта показателей надёжности электронной схемы

Выполнение расчёта производится по чертежу электронной схемы, приложенной к нему спецификации и справочным данным из таблицы 1. Варианты задания в виде электронной схемы и спецификации к ней приведены в приложении 1. Каждый обучающийся получает от преподавателя индивидуальный вариант задания.

Выполнение расчета производится по следующему алгоритму.

1. Для выполнения задания необходимо проанализировать предложенную схему устройства и прилагаемую к ней спецификацию. На основе проведенного анализа составляется список используемых в устройстве электрических компонентов и определяется их режим работы. Под компонентом в данном случае понимаются узлы, детали и их соединения, которые в случае внезапного отказа вызывают внезапный отказ всего рассматриваемого устройства. В качестве примера такого компонента можно привести соединение с использованием пайки.

В составляемом списке компоненты группируются по типам и режимам работы. Количество выводов электронных элементов определяет количество паек. Например, микросхема имеет количество паек, равное количеству выводов, изображенных на принципиальной электрической схеме, такие элементы, как конденсатор и резистор, имеют по два вывода.

2. По результатам выполнения первого пункта формируется таблица 2, в которой представляются группы компонентов, указывается количество однотипных компонентов в приведенных группах  $m_j$  и приводятся рассчитанные для каждой группы показатели, учитывая интенсивность отказа  $i$ -того компонента при номинальной нагрузке  $\lambda_{i0}$  и значение эксплуатационного коэффициента  $a_i$ , приведенные для справки в таблице 1.

Таблица 1. Интенсивность отказов электронных компонентов при номинальной нагрузке и температуре +20°C (нормальные условия)

Компоненты	$\lambda_{i0} \cdot 10^{-6}$ (1/час)	$a_i$
Диоды	5,0	0,3
Транзисторы	10,0	0,65
Реле	16,5	0,35
Предохранители	0,6	0,2
Переключатели	1,3	0,52
Варисторы	3,4	0,4
Диодные сборки	5,2	0,35
Термисторы (термосопротивления)	3,0	0,08
Разъёмы	0,5 на один контакт	0,06
Конденсаторы	3,0	0,08
Катушки индуктивности	1,0	0,05
Зуммеры	2,0	0,15
Резисторы	2,2	0,3

Микросхемы	10,2	0,55
Дроссели и трансформаторы	0,9 на одну обмотку	0,2
Аккумуляторные батареи	6,0	0,4
Полупроводниковые сборки	8,4	0,35
Пайка	0,1	0,04

Таблица 2. Определение коэффициента  $\Lambda$

№ группы п/п	Наименование	$m_j$	$\lambda_{i0}$	$a_j$	$\lambda_{i0} a_j m_j$
1	Предохранители				
2	Варисторы				
3	Транзисторы				
k	Пайка				
$\Lambda = \sum_{j=1}^k \lambda_{i0} a_j m_j$					

Построчно вычисляется коэффициент  $\Lambda$  для каждой группы путем перемножения данных в столбцах с количеством компонентов в группах  $m_j$ , интенсивностью отказов  $\lambda_{i0}$  и эксплуатационным коэффициентом  $a_j$ .

Просуммировав полученные результаты перемножения по всем группам, получают суммарную интенсивность внезапных отказов для всего устройства:

$$\Lambda = \sum_{j=1}^k \lambda_{i0} a_j m_j \quad (1)$$

После этого можно вычислить вероятность безотказной работы устройства  $P_B(t)$ :

$$P_B = e^{-\Lambda t} \quad (2)$$

## 2. Пример расчёта показателей надёжности для заданной электронной схемы

В качестве примера предлагается определение вероятности безотказной работы электронного устройства, содержащего элементы, представленные в таблице с исходными данными к расчету. Элементы объединены в подгруппы, указано количество однотипных элементов в каждой подгруппе. Схема работает при нормальной температуре в течение 1000 часов.

Исходные данные для расчёта приведены в следующей таблице.

№ группы п/п	Наименование	$m_j$
1	Транзисторы	5
2	Разъёмы	20 контактов
3	Микросхемы	1
4	Конденсаторы	10
5	Резисторы	8
6	Диоды	4
7	Пайка	52

Воспользовавшись справочными данными из таблицы 1, необходимо заполнить таблицу интенсивности отказов для каждой группы элементов, входящих в состав устройства.

№ группы	Наименование	$m_j$	$\lambda_{i0} \cdot 10^{-6}$	$a_j$	$\lambda_{i0} a_j m_j \cdot 10^{-6}$
1	Транзисторы	5	10	0,65	32,5
2	Разъёмы	20 контактов	0,5	0,06	0,6
3	Микросхемы	1	10,2	0,55	5,61
4	Конденсаторы	10	3,0	0,08	2,4
5	Резисторы	8	2,2	0,3	5,28
6	Диоды	4	5,0	0,3	6
7	Пайка	52	0,1	0,04	0,208

Сложив полученные в последнем столбце данные, вычисляем суммарное значение коэффициента  $\Lambda = 52,598 \cdot 10^{-6}$ .

С использованием формулы (1) вычисляем вероятность безотказной работы

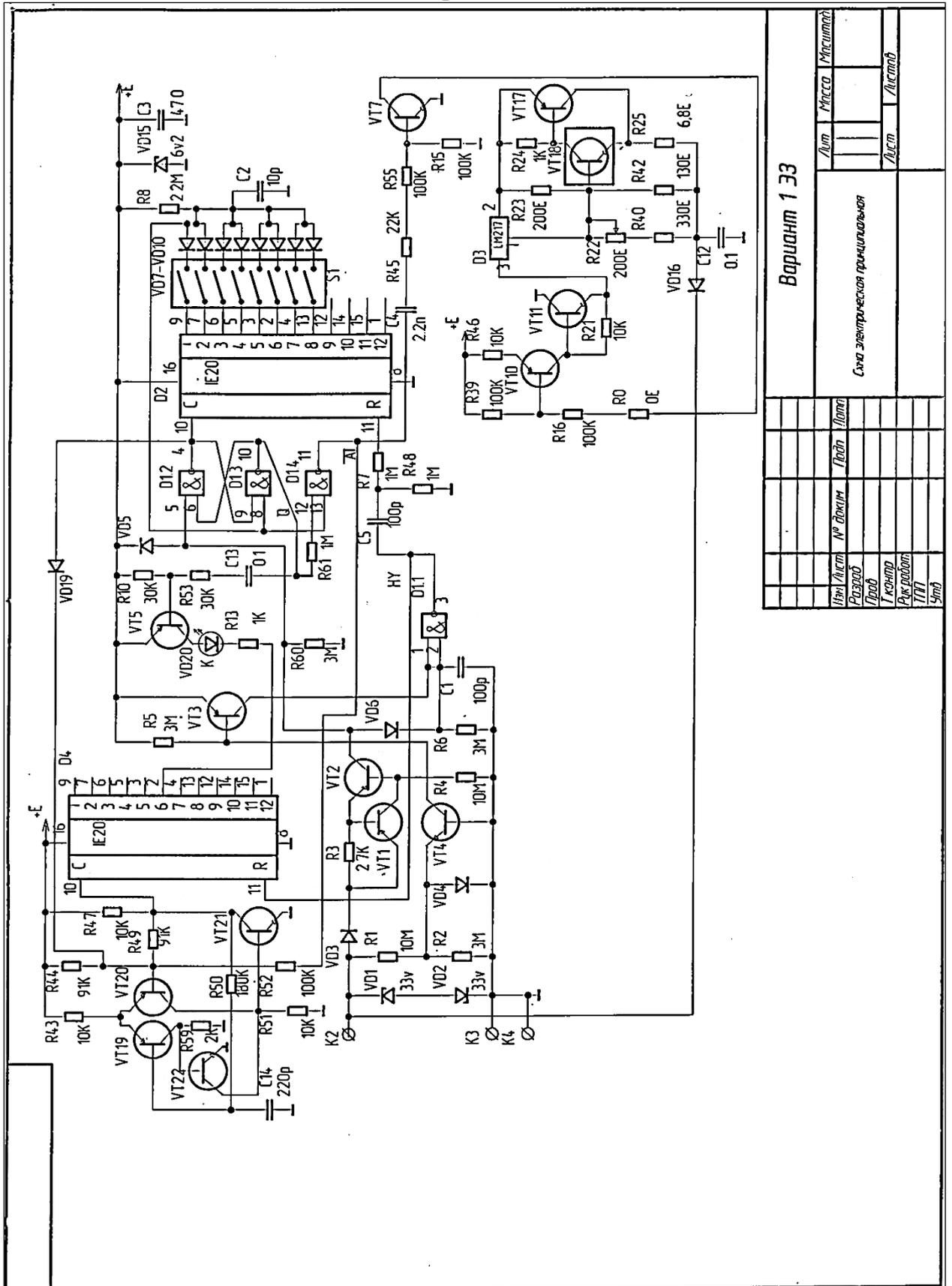
$$P_B(t = 1000) = e^{-\Lambda t} = e^{-0,052598} = 0,9487.$$

По результатам расчетов формируется отчет, содержащий титульный лист с фамилией обучающегося и вариантом задания, схему, для которой необходимо выполнить расчет показателей надежности, и спецификацию к ней, справочные и исходные данные для расчета и результаты вычислений. В конце работы необходимо привести вывод по полученным результатам.

Для подготовки к защите отчета по работе и самоконтроля обучающиеся могут использовать контрольные вопросы по темам 1–4, приведенные в Приложении 2.

Варианты заданий для лабораторной работы

Вариант 1



Вариант 1 33

Имя	Лист	Масса	Масштаб
Разработ	Провер	Исполнит	Лист
№ докум	Лист	Схема электрическая принципиальная	
И.контр	И.работ		
И.П.И	И.П.И		
Умб	Умб		

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
	<u>Конденсаторы</u>				
C1	S 0805 100 pF NPO	1			
C2	S 0805 10 pF NPO	1			
C3	EKI 47.0 мкF x 16v	1			
C4	S 0805 2.2 nF NPO	1			
C5	S 0805 100 pF NPO	1			
C12-C13	S 0805 0.1 мкF X7R	2			
C14	S 0805 220 pF NPO	1	±2%		
	<u>Переключатели</u>				
S1	Переключатель SWD 4-8	1			
	<u>Резисторы</u>				
R0	RC 0805 0 Ом ±5%	1			
R1	RC 0805 10 МОм ±5%	1			
R2	RC 0805 3 МОм ±5%	1			
R3	RC 0805 2.7 кОм ±5%	1			
R4	RC 0805 10 МОм ±5%	1			
R5-R6	RC 0805 3 МОм ±5%	2			
R7	RC 0805 1 МОм ±5%	1			
R8	RC 0805 2.2 МОм ±5%	1			
R10	RC 0805 30 кОм ±5%	1			
R13	RC 0805 1 кОм ±5%	1			
R15	RC 0805 100 кОм ±5%	1			
R16	RC 0805 100 кОм ±5%	1			
<b>Вариант 1 ПЭ</b>					
Изм.	Лист	№ док.м.	Подпись	Дата	
Разраб.					
Пров.					
Н. контр.					
Утв.					
Перечень элементов			Лит.	Лист	Листов
				1	3

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R21	RC 0805 10 кОм ± 5%	1	
R22	3323P - 201 Ом ± 10%	1	
R23	RC 0805 200 Ом ± 1%	1	
R24	RC 0805 1 кОм ± 5%	1	
R25	RC 0805 6.8 Ом ± 1%	1	
R39	RC 0805 100 кОм ± 5%	1	
R40	RC 0805 330 Ом ± 1%	1	
R42	RC 0805 130 Ом ± 1%	1	
R43	RC 0805 10 кОм ± 5%	1	
R44	RC 0805 91 кОм ± 1%	1	
R45	RC 0805 22 кОм ± 5%	1	
R46-R47	RC 0805 10 кОм ± 5%	2	
R48	RC 0805 1 МОм ± 5%	1	
R49	RC 0805 91 кОм ± 1%	1	
R50	RC 0805 180 кОм ± 1%	1	
R51	RC 0805 10 кОм ± 5%	1	
R52	RC 0805 100 кОм ± 1%	1	
R53	RC 0805 30 кОм ± 5%	1	
R55	RC 0805 100 кОм ± 5%	1	
R59	RC 0805 2 кОм ± 5%	1	
R60	RC 0805 3 МОм ± 5%	1	
R61	RC 0805 1 МОм ± 5%	1	
R71-R77	RC 0805 0 Ом ± 5%	7	
	<u>Диоды</u>		
VD1-VD2	Стабилитрон BZT 55/С 33v	2	
VD3-VD6	LS4148	4	
VD7-VD10	Диодная сборка BAW 56	4	
VD15	Стабилитрон BZT 55/С 6v2	1	
VD16	LS4148	1	
VD19	LS4148	1	
			Лист
			2
Изм	Лист	№ докум.	Подпись
			Дата

Вариант 1 ПЗ





Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
	<u>Конденсаторы</u>									
C1	K10-17Б 0,1 мкF x 100v X7R(K)	1								
C2,C3	Hitana ESX 220 мкF x 63 V	2								
C4,C5	K10-17Б 0,22 мкF x 100v X7R(K)	2								
C6,C7	K10-17Б 2,7 нF x 50v X7R(K)	2								
C8,C9	K10-17Б 0,1 мкF x 50v X7R(K)	2								
C10,C11	K10-17Б 22 нF x 50v X7R(K)	2								
C12,C13	K10-17Б 0,1 мкF x 100v X7R(K)	2								
C14,C15	Hitana ESX 220 мкF x 63 V	2								
C16	K10-17Б 0,1 мкF x 50v X7R(K)	1								
	<u>Резисторы</u>									
R1-R3	M/T-0.25Вт 20 кОм ±5%	3								
R4,R5	M/T-0.25Вт 9.1 кОм ±5%	2								
R6,R7	M/T-0.25Вт 5.1 кОм ±5%	2								
R8	M/T-0.25Вт 33 кОм ±5%	1								
R9	3321 5 кОм ±5%	1								
R10,R11	KNP-100 0,56 Ом ±5%	2								
R12	M/T-0.25-3.6 кОм ±5%	1								
R13	3321 5 кОм ±5%	1								
R14	M/T-0.25-33 кОм ±5%	1								
R15-R32	RC 1206 20 Ом ±5%	18								
R33-R40	RC 1206 10 Ом ±5%	8								
	<u>Диоды</u>									
VD1	BZX 55C 6V2	1								
VD2-VD3	31 DQ 06	2								
VD4	B40C800DM	1								
<b>Вариант 2 ПЭ</b>										
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Перечень элементов					
Разраб.								Лит.	Лист	Листов
Пров.									1	2
И. контр.										
Утв.										





Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
	<u>Конденсаторы</u>							
C1	ELR 10.0 мкF x 16v	1						
C2	S 0805 0.1 мкF X7R	1						
C3	ELR 4.7 мкF x 50v	1						
C4	S 0805 0.22 мкF X7R	1						
	<u>Переключатели</u>							
J1-J3	Линейка PLD-80G (3/40)	1						
	Перемычка (Джампер) MJ-G	1						
K	Линейка PLS-80G (2/40)	1						
MP	Микропереключатель DM301P30G	1						
	<u>Резисторы</u>							
R1	RC 0805 330 кОм ±5%	1						
R2	RC 0805 1 МОм ±5%	1						
R3	RC 0805 30 кОм ±5%	1						
R4	RC 0805 2.2 МОм ±5%	1						
R5	RC 0805 100 кОм ±5%	1						
R6-R7	RC 0805 1 МОм ±5%	2						
R8	RC 0805 1 МОм ±5%	1						
R9	RC 0805 100 кОм ±5%	1						
R10	RC 0805 10 МОм ±5%	1						
R11	RC 0805 1 МОм ±5%	1						
R12	RC 0805 10 кОм ±5%	1						
R13	RC 0805 100 кОм ±5%	1						
<b>Вариант 3 ПЭ</b>								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
Разраб.							1	2
Пров.								
Н. контр.								
Утв.								

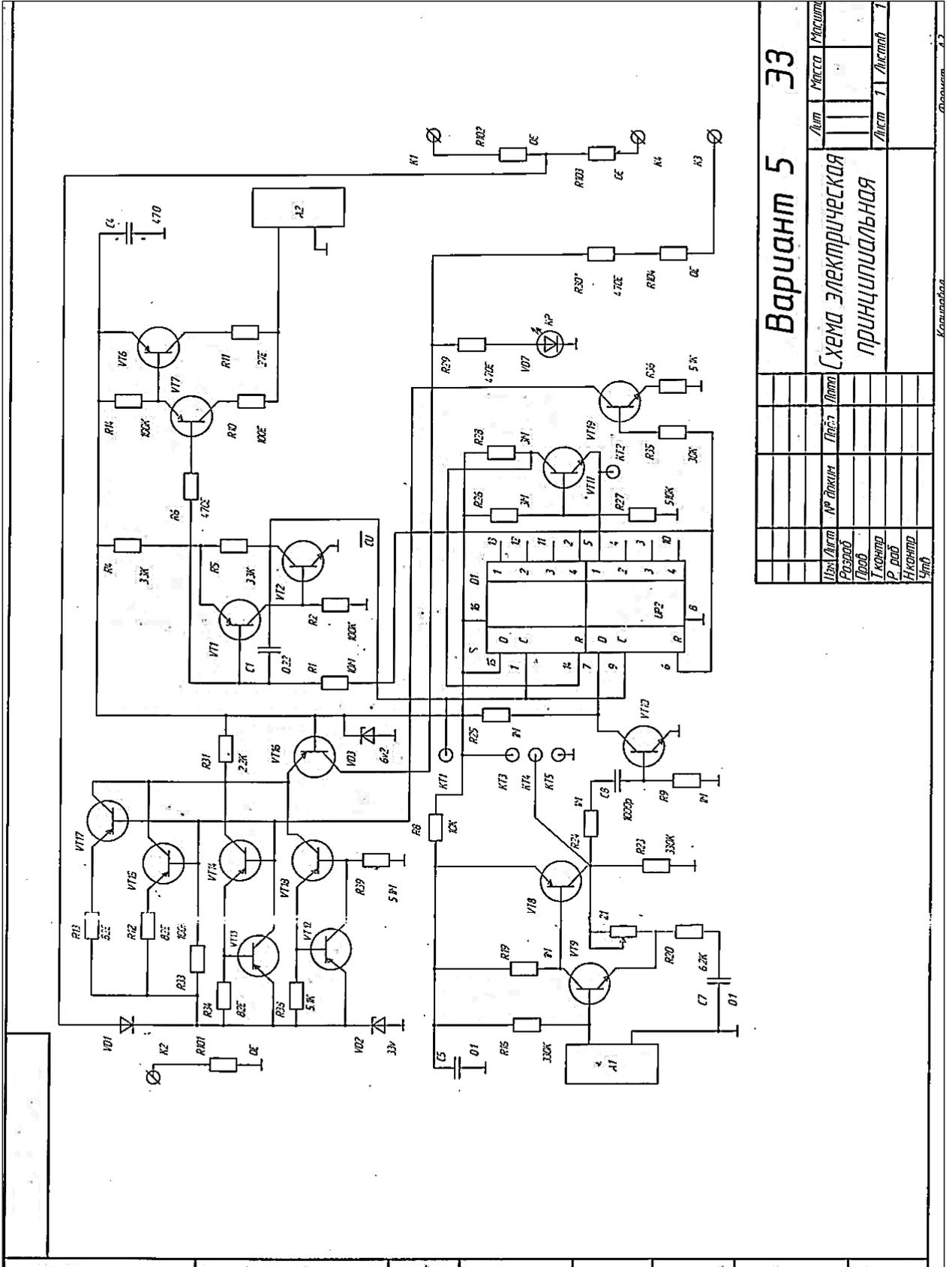




Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
	<u>Конденсаторы</u>				
C1	K73-17-H90-630B-0,1mkF	1			
C2-C5	HITANO EXR 100B-100mkF	4			
C7,C10,C14	R20W104K1HH5	3			
C6	K15-5-H70-1,5кВ-1nF	1			
C8	HITANO EXR 25B-10mkF	1			
C9,C12	HITANO EXR 63B-220mkF	2			
C11	R20W104K2AH5	1			
C13	K53-34-4,7mkF-10B	1			
C15	K73-17-H90-400B-0,47mkF	1			
	<u>Микросхемы</u>				
DA1	TOP245Y	1			
DA2	K1010	1			
DA3	TL431	1			
DA4	KP1446УД4	1			
	<u>Резисторы</u>				
R1	MЛT-0,25Вт 4,7 МОм ±5%	1			
R2,R7	MЛT-0,25Вт 9,1 кОм ±5%	2			
R3	MЛT-0,25Вт 3,3 МОм ±5%	1			
<b>Вариант 4 ПЭ</b>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
Разраб.					
Пров.					
И. контр.					
Утв.					
Перечень элементов			Лист	Лист	Листов
				1	2



# Вариант 5



Вариант 5		ЭЗ	
		Лист	Масштаб
Схема электрическая		Лист 1 из 1	
принципиальная			
Имя Листа	№ докум	Лист	
Возраст			
Пол			
Г. конпр			
Р. раб			
Н. конпр			
Ч. раб			

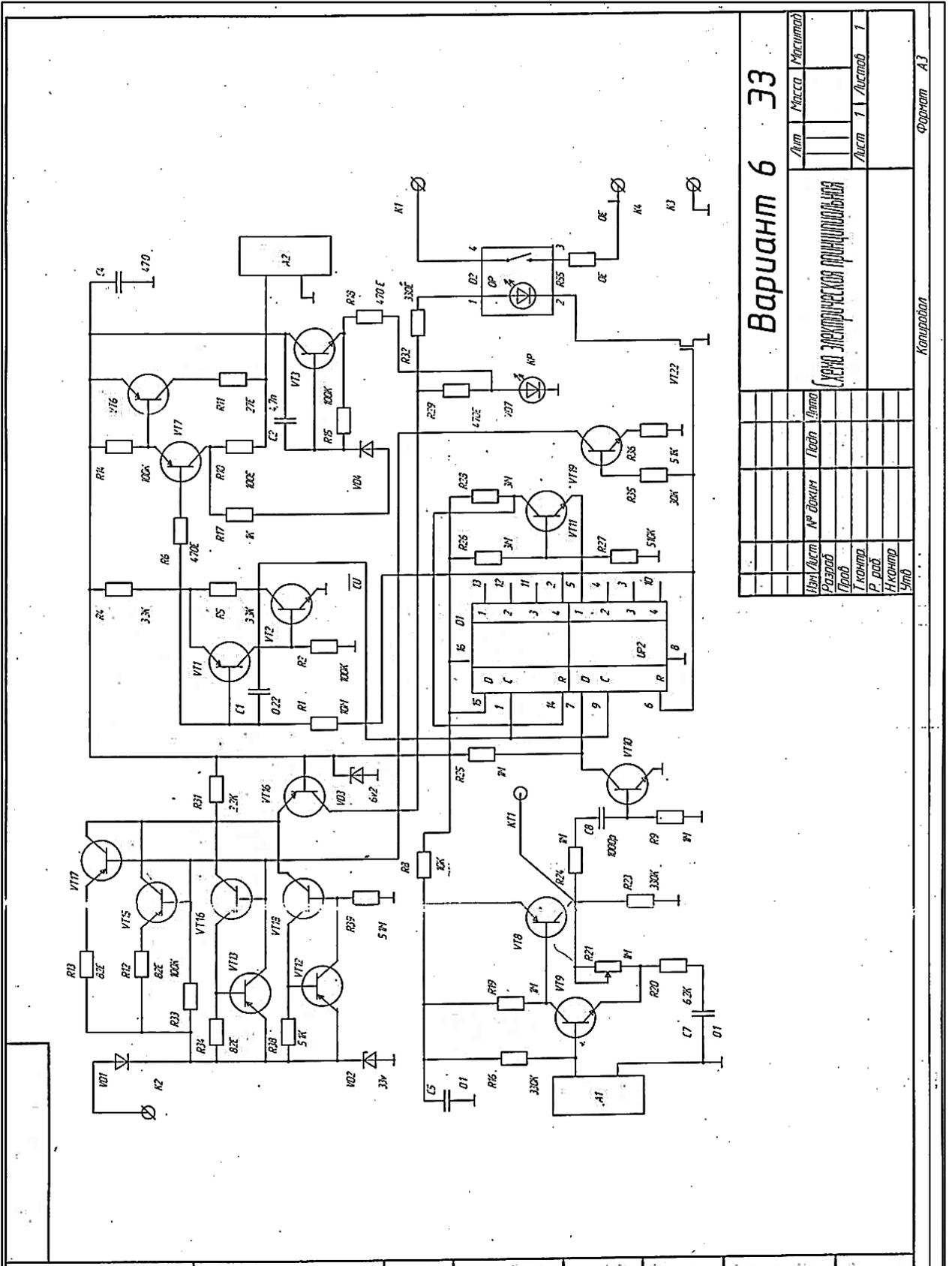
Копировать







# Вариант 6



Вариант 6 ЭЗ		Лист	Масштаб	Масштаб
		Лист 1	Листов 1	Листов 1
Схема электромеханической автоматизации				
Имя/Лист	№ документа	Лист	Листов	
Разработ				
Провер				
Т.контр.				
Р.дод.				
И.контр.				
Умб				
Копирован				
Формат А3				

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>						
	<u><i>Конденсаторы</i></u>								
<i>C1</i>	<i>S 0805 0.22 мкF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C2</i>	<i>S 0805 4.7 нF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C4</i>	<i>EKI 47.0 мкF X 16V</i>	<i>1</i>							
<i>C5</i>	<i>S 0805 0.1 мкF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C7</i>	<i>S 0805 0.1 мкF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C8</i>	<i>S 0805 1000 пF X7R</i>	<i>1</i>							
	<u><i>Резисторы</i></u>								
<i>R1</i>	<i>RC 0805 10 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R2</i>	<i>RC 0805 100 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R4-R5</i>	<i>RC 0805 3.3 кОм ±5%</i>	<i>2</i>							
<i>R6</i>	<i>RC 0805 470 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R8</i>	<i>RC 0805 10 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R9</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R10</i>	<i>RC 0805 100 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R11</i>	<i>RC 0805 27 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R12-R13</i>	<i>RC 0805 82 Ом ±5%</i>	<i>2</i>							
<i>R14-R15</i>	<i>RC 0805 100 кОм ±5%</i>	<i>2</i>							
<i>R16</i>	<i>RC 0805 330 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R17</i>	<i>RC 0805 1 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R18</i>	<i>RC 0805 470 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R19</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R20</i>	<i>RC 0805 6.2 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R21</i>	<i>3323P-105 1 МОм ±10%</i>	<i>1</i>							
<i>R23</i>	<i>RC 0805 330 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
			<b>Вариант 6 ПЭ</b>						
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>						
<i>Дата</i>									
<i>Разраб.</i>									
<i>Пров.</i>									
<i>Н. контр.</i>									
<i>Утв.</i>									
			<i>Перечень элементов</i>						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Лит.</i></th> <th><i>Лист</i></th> <th><i>Листов</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td><i>1</i></td> <td><i>3</i></td> </tr> </tbody> </table>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>							
	<i>1</i>	<i>3</i>							





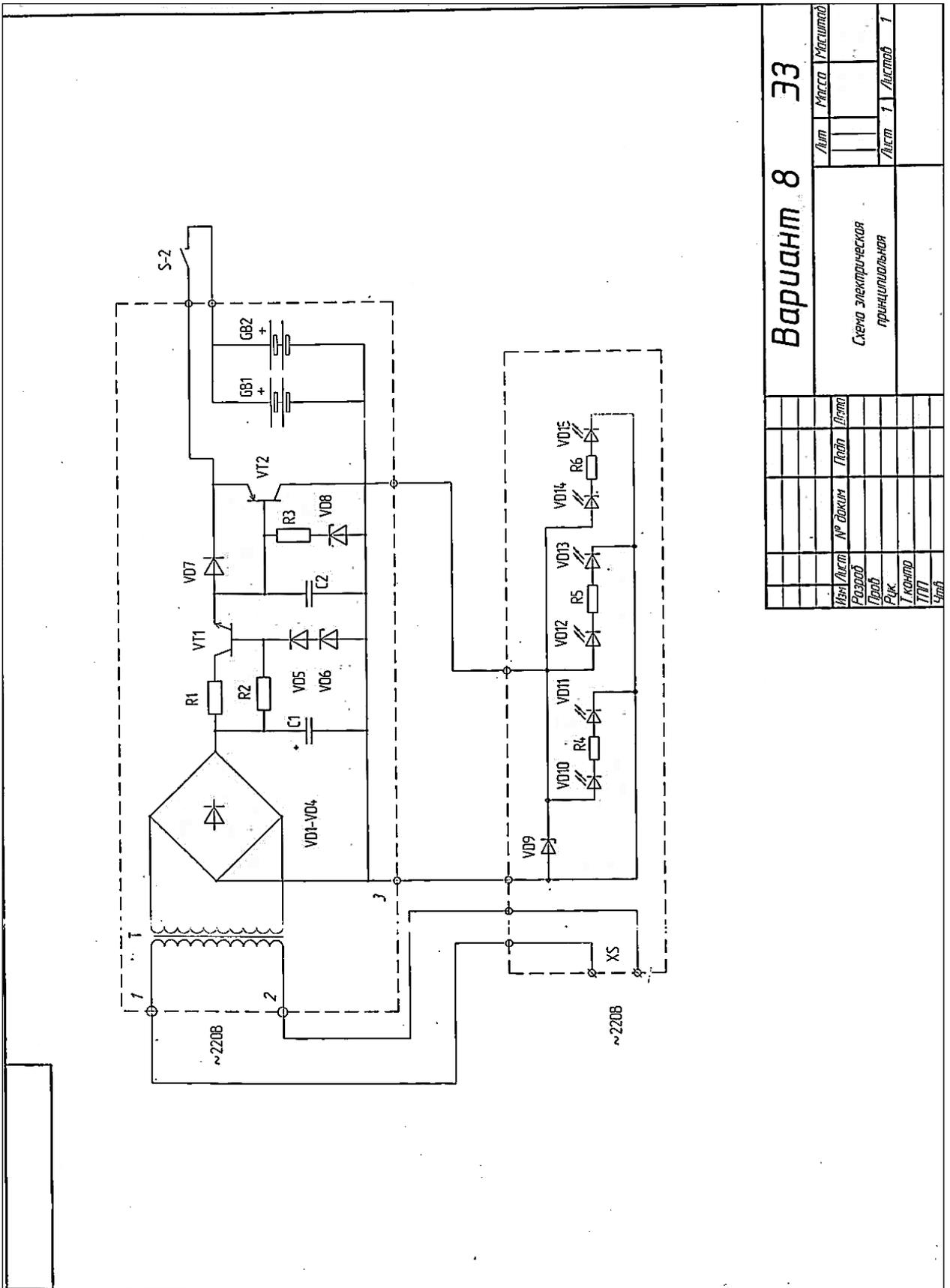


<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
	<u><i>Конденсаторы</i></u>		
<i>C1</i>	<i>S 0805 0.33 мкF X7R</i>	<i>1</i>	
<i>C2</i>	<i>S 0805 4.7 нF X7R</i>	<i>1</i>	
<i>C4</i>	<i>EKI 47.0 мкF X 16V</i>	<i>1</i>	
<i>C5</i>	<i>S 0805 0.1 мкF X7R</i>	<i>1</i>	
<i>C7</i>	<i>S 0805 0.1 мкF X7R</i>	<i>1</i>	
<i>C8</i>	<i>S 0805 1000 пF X7R</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Резисторы</i></u>		
<i>R1</i>	<i>RC 0805 10 МОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R2</i>	<i>RC 0805 100 кОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R4-R5</i>	<i>RC 0805 3.3 кОм ±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R6</i>	<i>RC 0805 330 Ом ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R8</i>	<i>RC 0805 10 кОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R9</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R10</i>	<i>RC 0805 100 Ом ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R11</i>	<i>RC 0805 27 Ом ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R12-R13</i>	<i>RC 0805 82 Ом ±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R14-R15</i>	<i>RC 0805 100 кОм ±5%</i>	<i>2</i>	
<i>R16</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R17</i>	<i>RC 0805 1 кОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R18</i>	<i>RC 0805 2.2 кОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R19</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R20</i>	<i>RC 0805 6.2 кОм ±5%</i>	<i>1</i>	
<i>R21</i>	<i>3323P-105 1 МОм ±10%</i>	<i>1</i>	
<i>R23</i>	<i>RC 0805 510 кОм ±5%</i>	<i>1</i>	
			<b>Вариант 7 ПЭ</b>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>
<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>			
<i>Пров.</i>			
<i>Н. контр.</i>			
<i>Утв.</i>			
			<i>Перечень элементов</i>
			<i>Лит.</i>
			<i>Лист</i>
			<i>Листов</i>
			<i>1</i>
			<i>3</i>





# Вариант 8

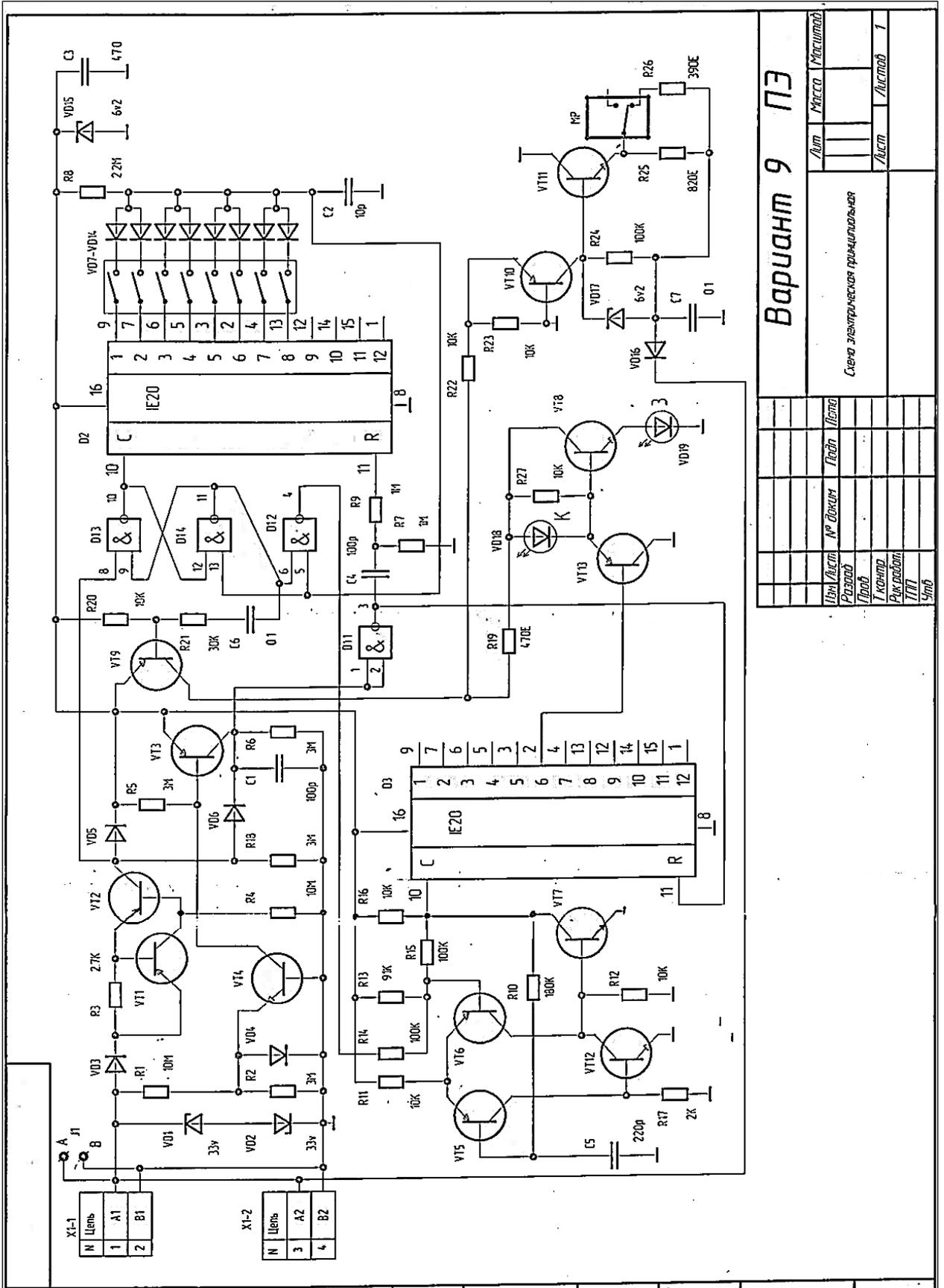


Вариант 8		ЭЗ
	Лист	Масштаб
	№ докум	Листов
	Разработ	Листов 1
	Проек	
	Инженер	
	Т.И.И.	
	Чит	
Схема электрическая принципиальная		

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Конденсаторы</u>		
C1	K50-35 470 pFx25V	1	
C2	KM 2200pF	1	
S	Тумблер П1Т-1В	1	
	<u>Резисторы</u>		
R1	МЛТ-0,5Вт 51 Ом	1	
R2	МЛТ-0,125Вт 360 Ом	1	
R3	МЛТ-0,125Вт 2 кОм	1	
R4-R6	МЛТ-0,125Вт 270 Ом	3	
	<u>Диоды</u>		
VD1-VD5	Диод КД209	5	
VD6	Стабилитрон Д-814В	1	
VD7	Диод 1N5817 (ДБШ)	1	
VD8	Стабилитрон ВЗХ55-С7V5	1	
VD9	Стабилитрон ВЗХ55-С11	1	
VD10-VD15	Светодиод	6	
	<u>Транзисторы</u>		
VT1	КТ 815Б	1	
<b>Вариант 8 ПЭ</b>			
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись
Разраб.			
Пров.			
Н. контр.			
Утв.			
Перечень элементов		Лист	Листов
		1	2



# Вариант 9



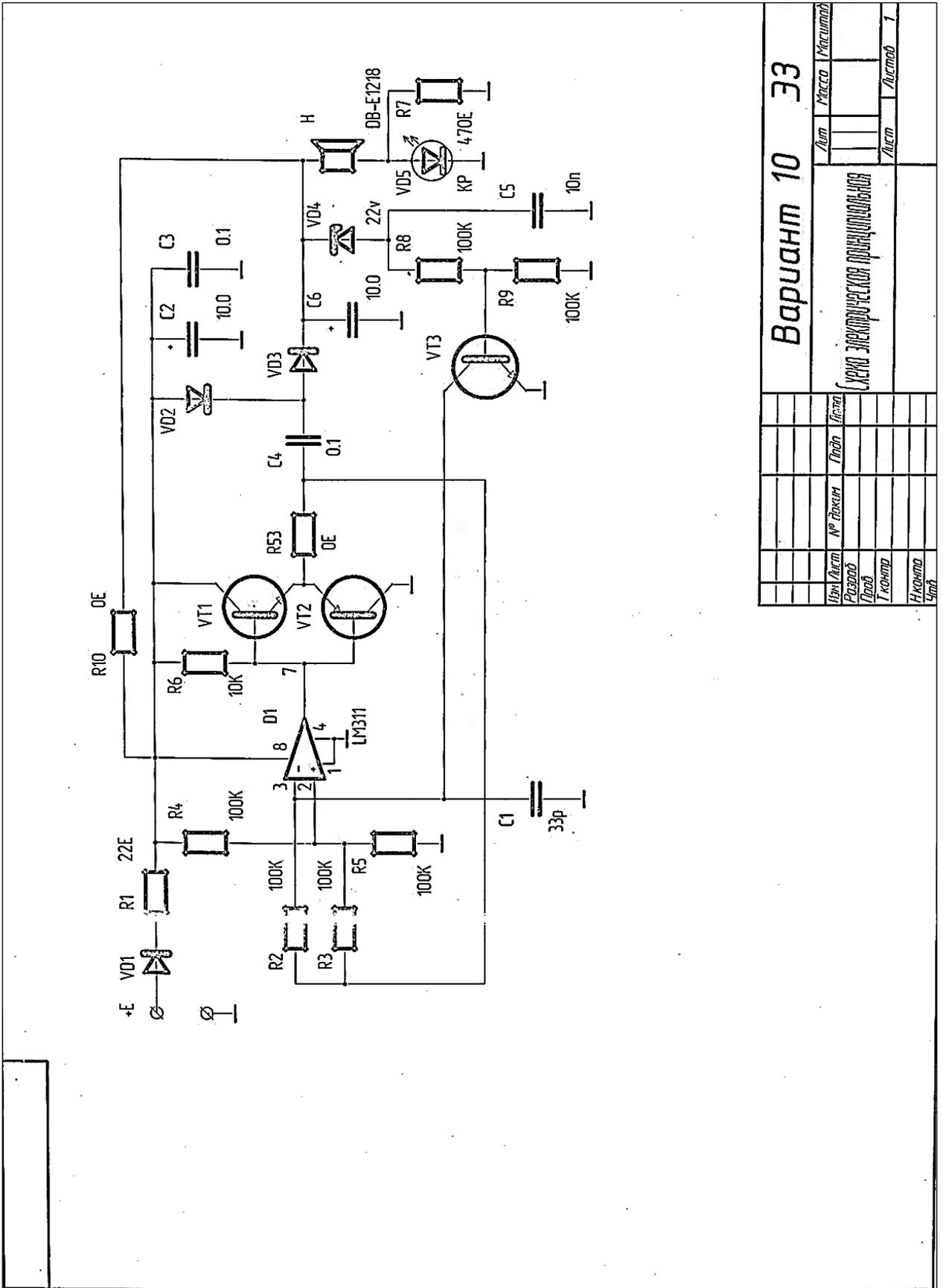
<h2 style="margin: 0;">Вариант 9 ПЭ</h2> <p style="margin: 0; font-size: small;">Схема электрическая принципиальная</p>				Лист	Масштаб	Масштаб
				Лист	Лист	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист	Лист
Разработ.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Проб.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Т.контр.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Рис.работ.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Т.П.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Суб.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист



<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>	
R7	RC 1206 1 МОм ±5%	1		
R8	RC 1206 2,2 МОм ±5%	1		
R9	RC 1206 1 МОм ±5%	1		
R10	RC 1206 180 кОм ±1%	1		
R11-R12	RC 1206 10 кОм ±5%	2		
R13	RC 1206 91 кОм ±1%	1		
R14-R15	RC 1206 100 кОм ±1%	2		
R16	RC 1206 10 кОм ±5%	1		
R17	RC 1206 2 кОм ±5%	1		
R18	RC 1206 3 МОм ±5%	1		
R19	RC 1206 470 Ом ±5%	1		
R20	RC 1206 10 кОм ±5%	1		
R21	RC 1206 30 кОм ±5%	1		
R22-R23	RC 1206 10 кОм ±5%	2		
R24	RC 1206 100 кОм ±1%	1		
R25	RC 1206 820 кОм ±5%	1		
R26	RC 1206 390 Ом ±5%	1		
R27	RC 1206 10 кОм ±5%	1		
R51-R57	RC 1206 Ом ±5%	7		
	<u>Диоды</u>			
VD1-VD2	Стабилитрон BZT 55/С 33v	2		
VD3-VD6	LL4148	4		
VD7-VD14	Диодная сборка ВАW 56	8		
VD15	Стабилитрон BZT 55/С 6v2	1		
VD16	LL4148	1		
VD17	Стабилитрон BZT 55/С 6v2	1		
VD18	Светодиод L314ET	1		
VD19	Светодиод L314GC	1		
	<u>Транзисторы</u>			
<b>Вариант 9 ПЭ</b>			<i>Лист</i>	
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>



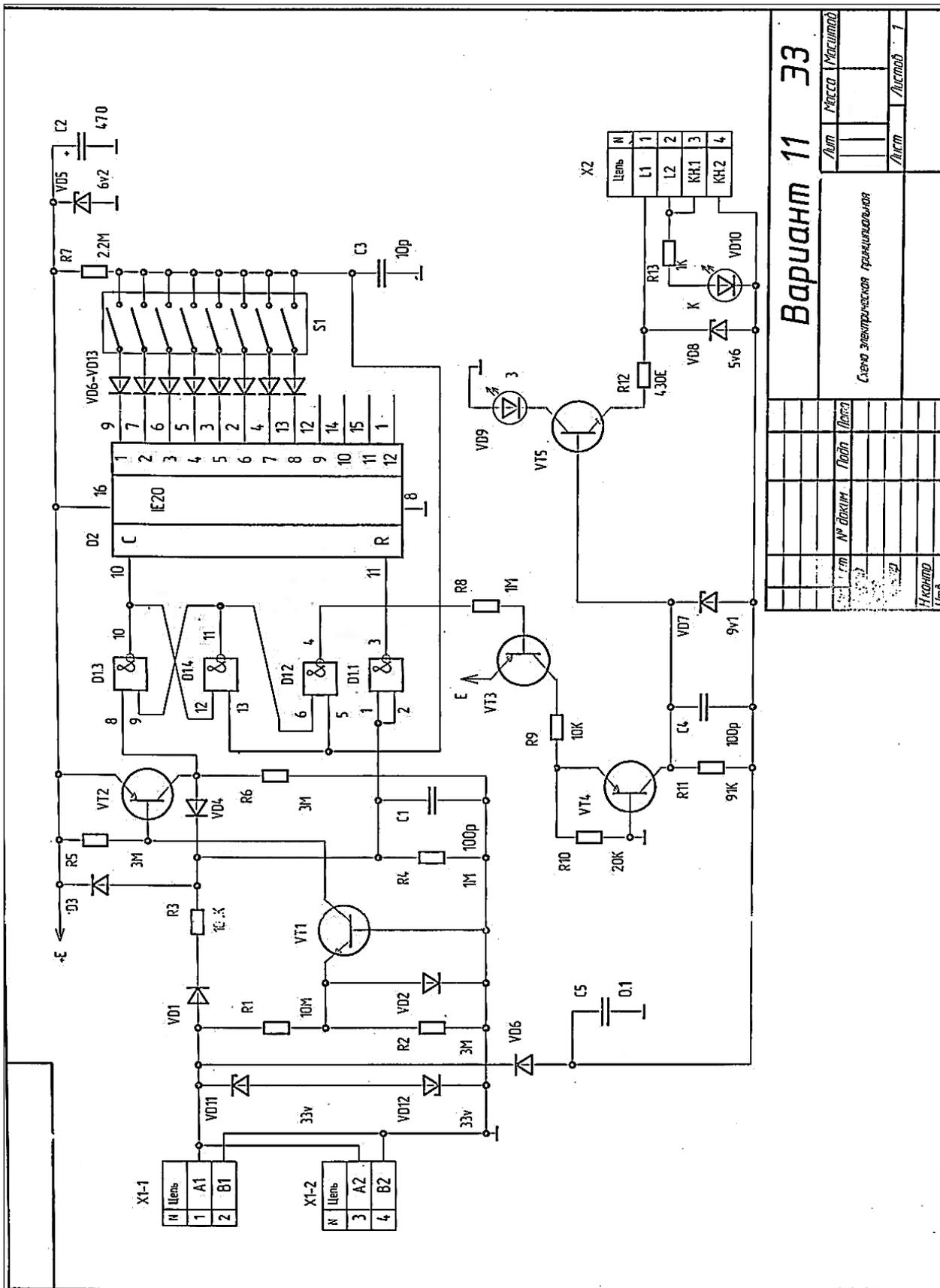
# Вариант 10



Вариант 10 ЭЗ		Лист	Масштаб
		Лист	Листов 1
(Следующая страница не включена)			
Изм/Лист	№ докум	Год	Лист
Разработ	Проб	Год	Лист
Исполн	Упр	Год	Лист





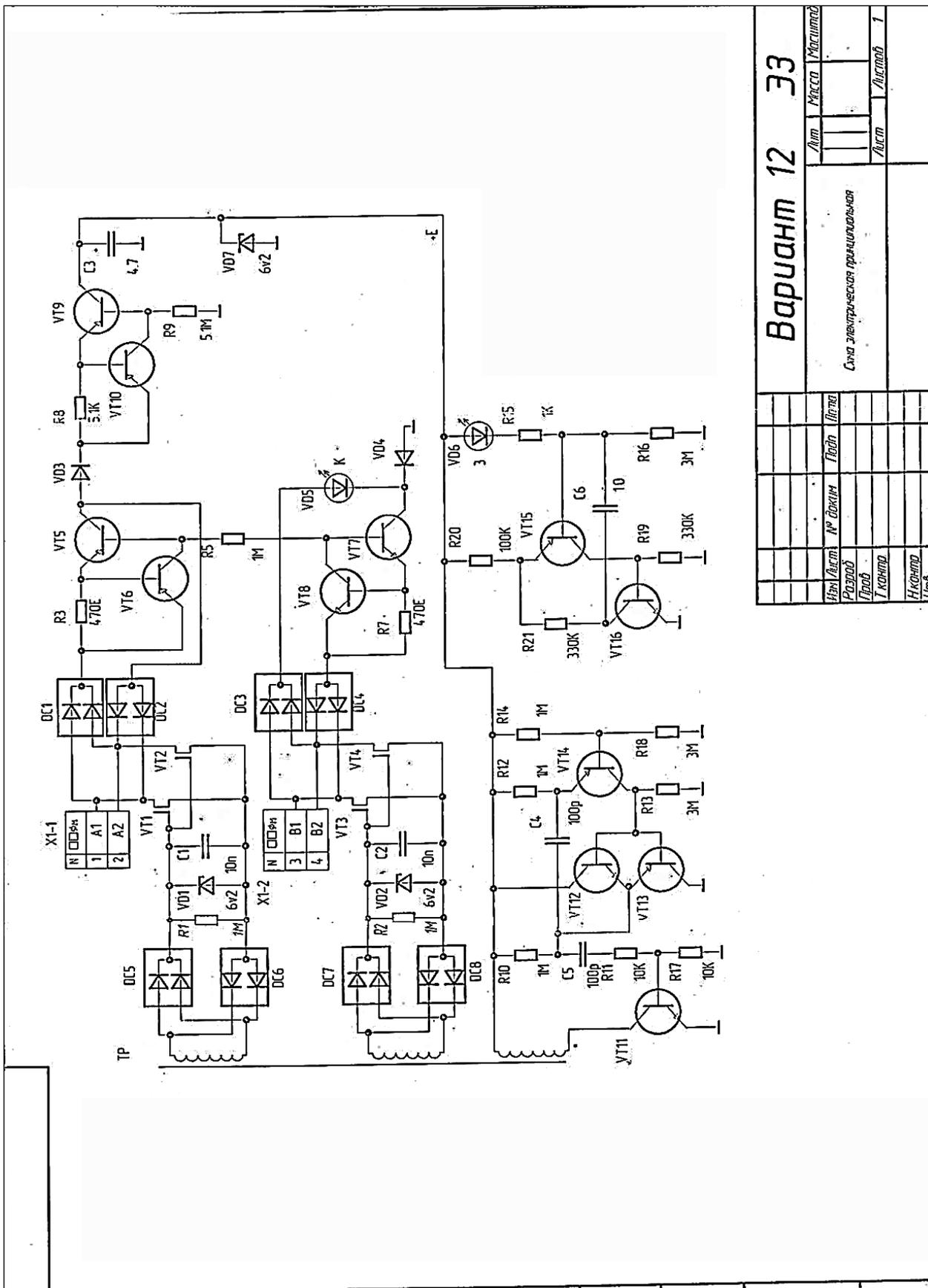


Вариант 11		ЭЗ	
		Лист	Листов 1
Спецификация		Масса	Усиление
Схема электрическая принципиальная		№ докум.	Лист
Исполн.		Провер.	Умб

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
	<u>Конденсаторы</u>							
C1	S 1206 100 pF NPO	1						
C2	EKI 47.0 мкF X 16v	1						
C3	S 1206 10 pF NPO	1						
C4	S 1206 100 pF NPO	1						
C5	S 1206 0.1 мкF X7R	1						
	<u>Переключатели</u>							
S1	Переключатель SWD 1-8	1						
	<u>Резисторы</u>							
R1	RC 1206 10 МОм ±5%	1						
R2	RC 1206 3 МОм ±5%	1						
R3	RC 1206 100 кОм ±5%	1						
R4	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
R5-R6	RC 1206 3 МОм ±5%	2						
R7	RC 1206 2.2 МОм ±5%	1						
R8	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
R9	RC 1206 10 кОм ±5%	1						
R10	RC 1206 20 кОм ±5%	1						
R11	RC 1206 91 кОм ±5%	1						
R12	RC 1206 430 Ом ±5%	1						
R13	RC 1206 1 кОм ±5%	1						
R61-R69	RC 1206 0 Ом ±5%	9						
	<u>Диоды</u>							
<b>Вариант 11 ЭЗ</b>								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
Разраб.							1	2
Пров.								
Н. контр.								
Утв.								



# Вариант 12



Вариант 12		33	
		Лист	Листов 1
Схема электрическая принципиальная			
Изм.	Масштаб	№ докум.	Листов
Разработ.		Проект.	
Провер.		Т. контро.	
И. контро.		Умб.	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
	<u>Конденсаторы</u>								
C1-C2	S 0805 10 nF X7R	2							
C3	EKI 4.7 mkF x 16v	1							
C4-C5	S 0805 100 pF NPO	2							
C6	S 0805 1.0 mkF X7R	1							
	<u>Резисторы</u>								
R1-R2	RC 0805 1 MOM ±5%	2							
R3	RC 0805 470 OM ±5%	1							
R5	RC 0805 1 MOM ±5%	1							
R7	RC 0805 470 OM ±5%	1							
R8	RC 0805 5.1 KOM ±5%	1							
R9	RC 0805 5.1 MOM ±5%	1							
R10	RC 0805 1 MOM ±5%	1							
R11	RC 0805 10 KOM ±5%	1							
R12	RC 0805 1 MOM ±5%	1							
R13	RC 0805 3 MOM ±5%	1							
R14	RC 0805 1 MOM ±5%	1							
R15	RC 0805 1 KOM ±5%	1							
R16	RC 0805 3 MOM ±5%	1							
R17	RC 0805 10 MOM ±5%	1							
R18	RC 0805 3 MOM ±5%	1							
R19	RC 0805 330 KOM ±5%	1							
R20	RC 0805 100 KOM ±5%	1							
R21	RC 0805 330 KOM ±5%	1							
<b>Вариант 12 ПЭ</b>									
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.							1	2	
Пров.									
Н. контр.									
Утв.									

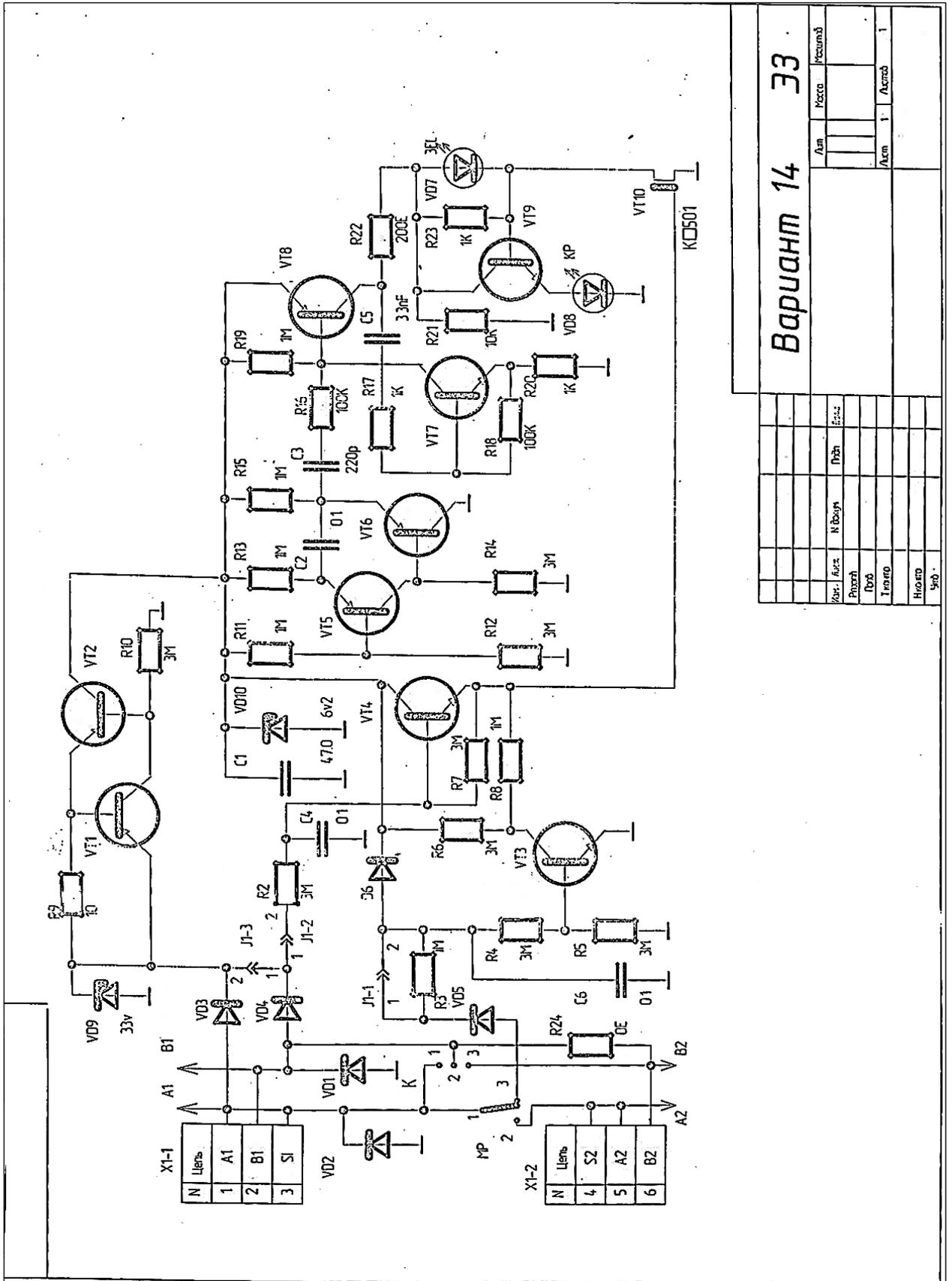
<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
	<u><i>Диоды</i></u>		
<i>DC1</i>	<i>Диодная сборка BAV-70</i>	<i>1</i>	
<i>DC2</i>	<i>Диодная сборка BAW-56</i>	<i>1</i>	
<i>DC3</i>	<i>Диодная сборка BAV-70</i>	<i>1</i>	
<i>DC4</i>	<i>Диодная сборка BAW-56</i>	<i>1</i>	
<i>DC5</i>	<i>Диодная сборка BAV-70</i>	<i>1</i>	
<i>DC6</i>	<i>Диодная сборка BAW-56</i>	<i>1</i>	
<i>DC7</i>	<i>Диодная сборка BAV-70</i>	<i>1</i>	
<i>DC8</i>	<i>Диодная сборка BAW-56</i>	<i>1</i>	
<i>VD1-VD2</i>	<i>Стабилитрон BZT 55/С 6v2</i>	<i>2</i>	
<i>VD3-VD4</i>	<i>LS4148</i>	<i>2</i>	
<i>VD5</i>	<i>L 513 LRC</i>	<i>1</i>	
<i>VD6</i>	<i>L 513 GD</i>	<i>1</i>	
<i>VD7</i>	<i>Стабилитрон BZT 55/С 6v2</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Транзисторы</i></u>		
<i>VT1-VT4</i>	<i>КП 505</i>	<i>4</i>	
<i>VT5-VT6</i>	<i>BC 856 BLT1</i>	<i>2</i>	
<i>VT7-VT8</i>	<i>BC 846 BLT1</i>	<i>2</i>	
<i>VT9-VT10</i>	<i>BC 856 BLT1</i>	<i>2</i>	
<i>VT11-VT12</i>	<i>BC 846 BLT1</i>	<i>2</i>	
<i>VT13-VT14</i>	<i>BC 856 BLT1</i>	<i>2</i>	
<i>VT15</i>	<i>BC 846 BLT1</i>	<i>1</i>	
<i>VT16</i>	<i>BC 856 BLT1</i>	<i>1</i>	
	<u><i>Разъёмы</i></u>		
<i>X1-1, X1-2</i>	<i>TB2</i>	<i>2</i>	
	<u><i>Трансформаторы</i></u>		
<i>TR</i>	<i>KB-5 3 обмотки по 200 витков, Ø0.05мм</i>	<i>1</i>	
	<b>Вариант 12 ПЭ</b>		
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>
			<i>Дата</i>
			<i>Лист</i> <b>2</b>



Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
	<u>Конденсаторы</u>			
C1	S 1206 220 pF NPO	1		
C2,C5	S 1206 10 pF NPO	2		
C3	SMD TANT 47.0 X 16v (тип Д)	1		
C4,C6	S 1206 100 pF NPO	2		
	<u>Микросхемы</u>			
D1	K 561 ТЛ 1 SO 14 (CD 4093)	1		
D2	K 561 ЛН 2 SO 14 (CD 4069)	1		
D3	K 561 ИЕ 20 SO 16 (CD 4040)	1		
D4	K 561 ТМ 2 SO 14 (CD 4013)	1		
D5,D6	K 561 ИЕ 11 SO 16 (CD 4516)	2		
D7	K 561 ИР 2 SO 16 (CB 4015)	1		
	<u>Резисторы</u>			
R1	RC 1206 1,5 кОм ±5%	1		
R2,R4	RC 1206 10 МОм ±5%	2		
R3,R5,R6,R8	RC 1206 3 МОм ±5%	4		
R7,R11,R16-R20	RC 1206 100 кОм ±5%	9		
R26,R27	RC 1206 25 кОм ±5%	2		
R9,R14	RC 1206 2,2 МОм ±5%	2		
R10	RC 1206 15 кОм ±5%	1		
R12,R21	RC 1206 1 кОм ±5%	2		
R13,R22	RC 1206 330 Ом ±5%	2		
R15,R23,R28,R29	RC 1206 10 кОм ±5%	4		
			<b>Вариант 13 ПЭ</b>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.				
Пров.				
Н. контр.				
Утв.				
			Перечень элементов	
				Лит.    Лист    Листов
				1        2



# Вариант 14

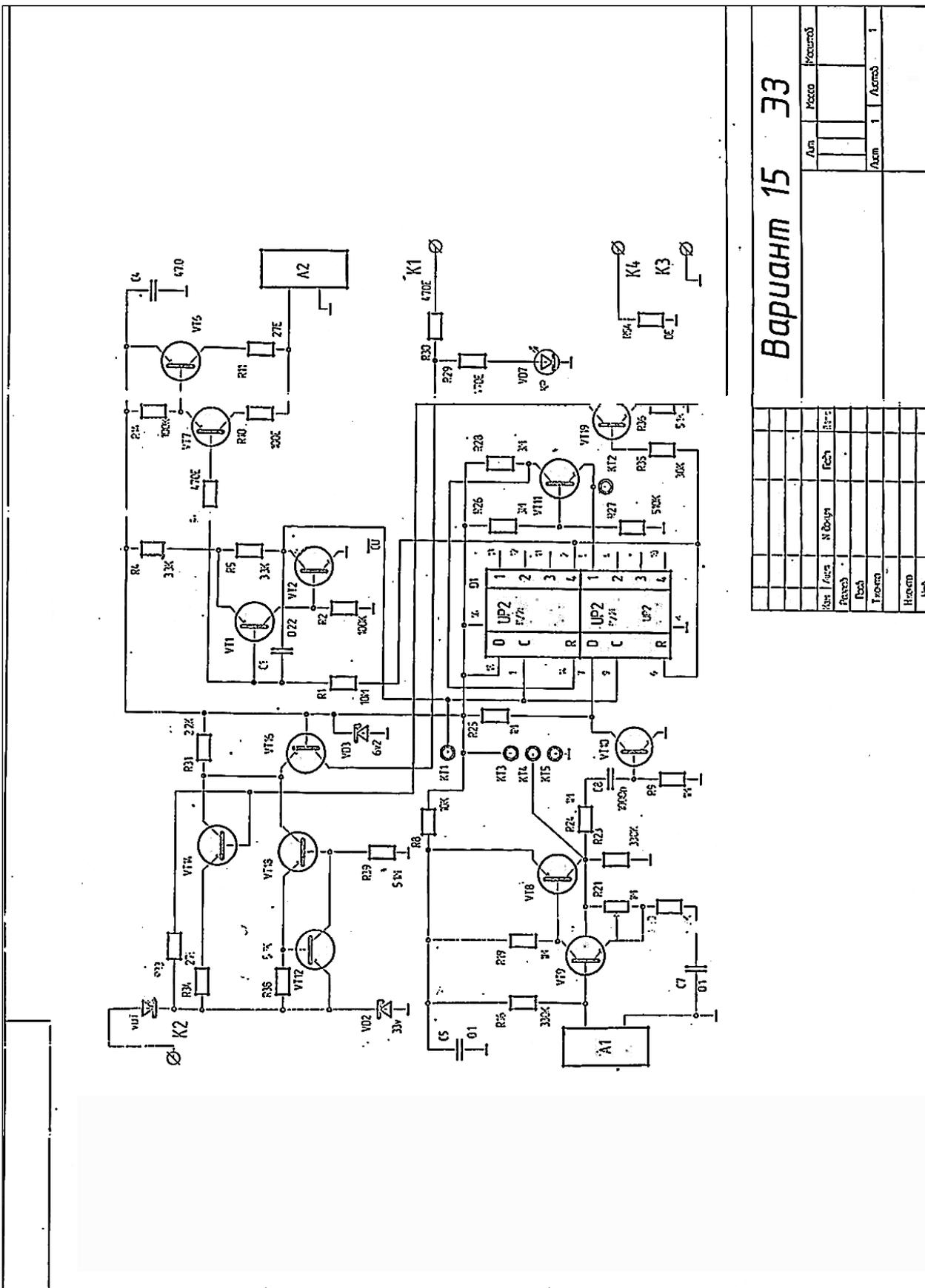


Вариант 14		33	
Имя	Фамилия	Имя	Фамилия
Дата	Место	Дата	Место
Лист	1	Лист	1

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание					
	<u>Конденсаторы</u>							
C1	EKI 47.0 мкF X 16v	1						
C2	S 1206 0.1 мкF X7R	1						
C3	S 1206 220 pF X7R	1						
C4	S 1206 0.1 мкF X7R	1						
C5	S 1206 3.3 nF X7R	1						
C6	S 1206 0.1 мкF X7R	1						
	<u>Переключатели</u>							
J1-1, J1-2, J1-3	Линейка PLD-80G 3/40	1						
	Перемычка (джампер) MJ-G	1						
K	Линейка PLS-40-G 2/40	1						
MP	Микрпереключатель MP-5	1						
	<u>Резисторы</u>							
R2	RC 1206 3 МОм ±5%	1						
R3	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
R4-R7	RC 1206 3 МОм ±5%	4						
R8	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
R9	RC 1206 10 кОм ±5%	1						
R10	RC 1206 3 МОм ±5%	1						
R11	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
R12	RC 1206 3 МОм ±5%	1						
R13	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
R14	RC 1206 3 МОм ±5%	1						
R15	RC 1206 1 МОм ±5%	1						
<b>Вариант 14 ПЭ</b>								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Перечень элементов	Лит.	Лист	Листов
Разраб.							1	2
Пров.								
Н. контр.								
Утв.								

<i>Поз. Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
R16	RC 1206 100 кОм ±5%	1	
R17	RC 1206 1 кОм ±5%	1	
R18	RC 1206 100 кОм ±5%	1	
R19	RC 1206 1 МОм ±5%	1	
R20	RC 1206 1 кОм ±5%	1	
R21	RC 1206 10 кОм ±5%	1	
R22	RC 1206 200 Ом ±5%	1	
R23	RC 1206 1 кОм ±5%	1	
R24	RC 1206 0 Ом ±5%	1	
R51-R52	RC 1206 0 Ом ±5%	2	
	<u>Диоды</u>		
VD1-VD6	LL4148	6	
VD7	Светодиод КИПД 66Л-Л	1	
VD8	Светодиод КИПД 66Л-К	1	
VD9	Стабилитрон ВЗХ 55/С 33v	1	
VD10	Стабилитрон ВЗХ 55/С 6v2	1	
	<u>Транзисторы</u>		
VT1-VT2	BC 856 BLT1	2	
VT3-VT4	BC 846 BLT1	2	
VT5-VT6	BC 856 BLT1	2	
VT7	BC 846 BLT1	1	
VT8	BC 856 BLT1	1	
VT9	BC 846 BLT1	1	
VT10	КП 501	1	
	<u>Разъёмы</u>		
X1-1,X1-2	Клеммник ТВЗ	2	
	<b>Вариант 14 ПЗ</b>		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись
			Дата
			Лист <b>2</b>

# Вариант 15



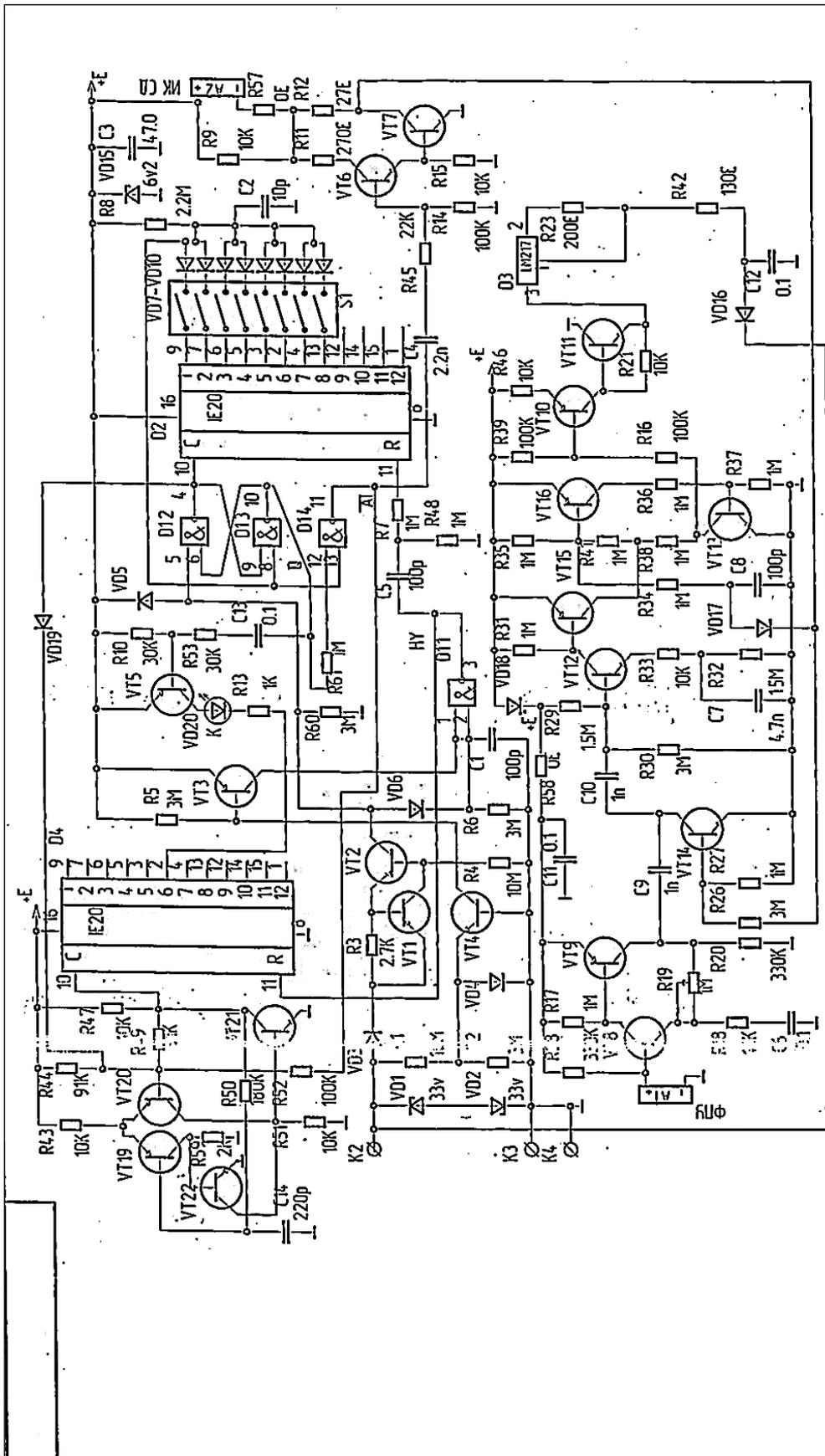
Вариант 15		33	
		Автом	Масштаб
Имя	Дата	№ докум	Рис.
Разраб			
Провер			
Исполн			
Лист	1	Листов	1

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
	<u>Микросхемы</u>			
A1	П/П сборка	1		
A2	П/П сборка	1		
D1	K561 ИР2 S016(CD4015)	1		
КТ4	Контрольный штырь PLS-40G 5/40	1		
	<u>Конденсаторы</u>			
C1	S 1206 0.22 мкF X7R	1		
C4	EKI 47.0 мкF X 16v	1		
C5	S 1206 0.1 мкF X7R	1		
C7	S 1206 0.1 мкF X7R	1		
C8	S 1206 1000 pF NPO	1		
	<u>Резисторы</u>			
R1	RC 1206 10 МОм ±5%	1		
R2	RC 1206 100 кОм ±5%	1		
R4-R5	RC 1206 3.3 кОм ±5%	2		
R6	RC 1206 470 Ом ±5%	1		
R8	RC 1206 10 кОм ±5%	1		
R9	RC 1206 1 МОм ±5%	1		
R10	RC 1206 100 Ом ±5%	1		
R11	RC 1206 27 Ом ±5%	1		
R14	RC 1206 100 кОм ±5%	1		
R16	RC 1206 330 кОм ±5%	1		
R19	RC 1206 1 МОм ±5%	1		
			<b>Вариант 15 ПЭ</b>	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.				
Пров.				
Н. контр.				
Утв.				
			Перечень элементов	
				Лит.    Лист    Листов 1        3





# Вариант 16



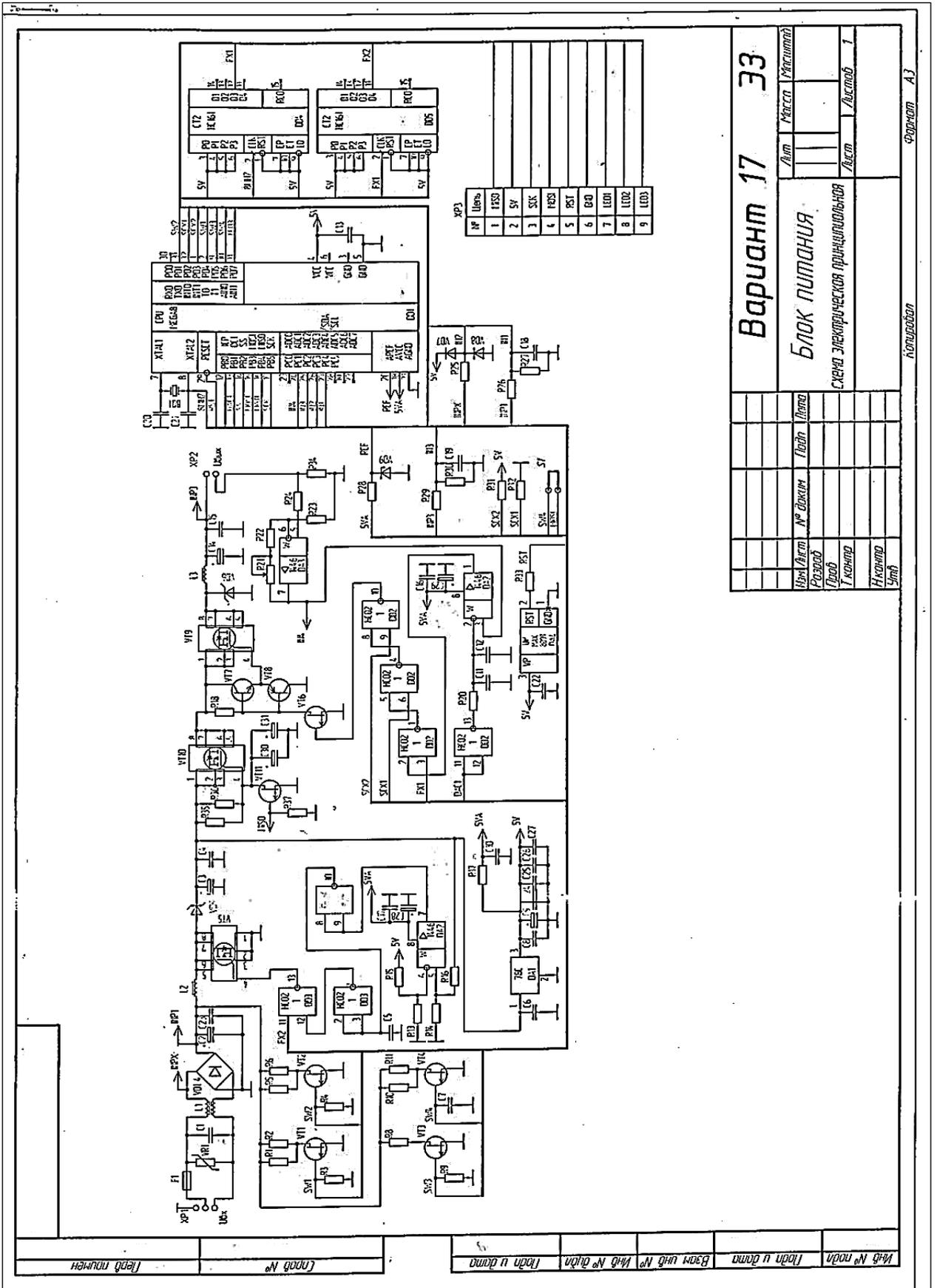
Вариант 16		33	
		Лист	Масштаб
Схема электрическая принципиальная		Изм.	Дата
		№ докум.	Лист
Исполн.	Провер.	Лист	Листов
Инж. работ.	Тех. работ.		
Т/П	Т/П		
5штб			



<i>Поз. Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
R10	RC 0805 30 кОм ±5%	1	
R11	RC 0805 270 Ом ±5%	1	
R12	RC 0805 27 Ом ±5%	1	
R13	RC 0805 1 кОм ±5%	1	
R14	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R15	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R16	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R17	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R18	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R19	3323P-105 1 МОм ±10%	1	
R20	RC 0805 330 кОм ±5%	1	
R21	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R23	RC 0805 200 Ом ±1%	1	
R26	RC 0805 3 МОм ±5%	1	
R27	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R28	RC 0805 330 кОм ±5%	1	
R29	RC 0805 1.5 МОм ±5%	1	
R30	RC 0805 3 МОм ±5%	1	
R31	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R32	RC 0805 1.5 МОм ±5%	1	
R33	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R34-R38	RC 0805 1 МОм ±5%	5	
R39	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R41	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R42	RC 0805 130 Ом ±1%	1	
R43	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R44	RC 0805 91 кОм ±1%	1	
R45	RC 0805 22 кОм ±5%	1	
R46-R47	RC 0805 10 кОм ±5%	2	
R48	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R49	RC 0805 91 кОм ±1%	1	
R50	RC 0805 180 кОм ±1%	1	
		<b>Вариант 16 ПЗ</b>	
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>
			<i>Дата</i>
			<i>Лист</i> 2



# Вариант 17



Вариант 17		33	
Блок питания	Лист	Масштаб	Листов
Схема электрическая принципиальная			
Имя/Имя Фамилия	№ документа	Дата	Лист
Разработ	Исполн	Провер	Листов
Исполн	Упр	Исполн	Листов
Упр	Исполн	Упр	Листов

Формат А3

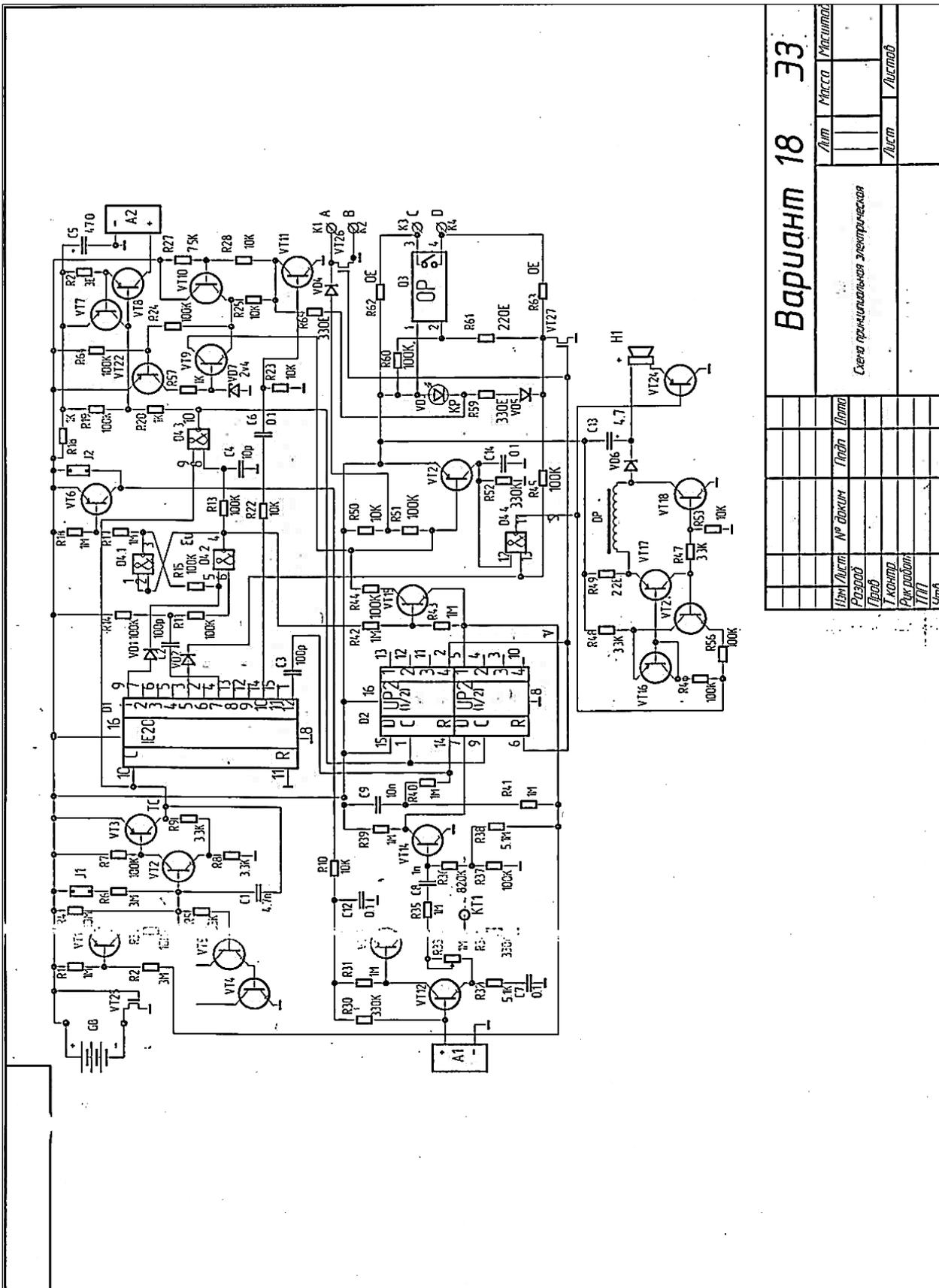
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
	<u>Резисторы</u>						
R1	C2-23-2Вт-100 Ом ±5%	2					
R2	C2-23-2Вт-100 Ом ±5%	2					
R3	RC-0805-30 кОм ±5%	1					
R4	RC-0805-30 кОм ±5%	1					
R5	C2-23-2Вт-100 Ом ±5%	2					
R6	C2-23-2Вт-100 Ом ±5%	2					
R8	C2-23-2Вт-100 Ом ±5%	1					
R9	RC-0805-30 кОм ±5%	1					
R10	C5-37В-24 Ом ±5%	1					
R11	C5-37В-24 Ом ±5%	1					
R13	RC-0805-150 кОм ±5%	1					
R14	RC-0805-150 кОм ±5%	1					
R15	RC-0805-150 кОм ±5%	1					
R16	RC-0805-820 кОм ±5%	1					
R17	RC-0805-10 кОм ±5%	1					
R18	RC-0805-1 кОм ±5%	1					
R20	RC-0805-100 кОм ±5%	1					
R21	СПЗ-19А-0,5-100 кОм ±5%	1					
R22	RC-0805-62 кОм ±5%	1					
R23	RC-0805-10 кОм ±5%	1					
R24	RC-0805-100 кОм ±5%	1					
R25	RC-0805-150 кОм ±5%	1					
R26	RC-0805-150 кОм ±5%	1					
R27	RC-0805-10 кОм ±5%	1					
R28	RC-0805-2 кОм ±5%	1					
R29	RC-0805-150 кОм ±5%	1					
<b>Вариант 17 ПЗ</b>							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<b>Блок питания</b>		
Разраб.							
Пров.							
И. контр.							
Утв.					Лит.	Лист	Листов
						1	4

<i>Поз. Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
R30	RC-0805-10 кОм ±5%	1	
R31	RC-0805-30 кОм ±5%	1	
R32	RC-0805-30 кОм ±5%	1	
R33	RC-0805-4,3 кОм ±5%	1	
R34	C2-23-0,5Вт-1 кОм ±5%	2	
R35	RC-0805-2,7 кОм ±5%	1	
R36	RC-0805-2,7 кОм ±5%	1	
R37	RC-0805-30 кОм ±5%	1	
	<u><i>Конденсаторы</i></u>		
C1	K73-24-63V-0,1 мкФ	1	
C2	EXR-35V-2200 мкФ	1	
C3	EXR-35V-2200 мкФ	1	
C4	K10-17B-H90-0,47 мкФ X7R	1	
C5	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C6	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C7	K10-17B-H90-2700 пФ NPO	1	
C8	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C9	K53-56-6V-10мкФ	1	
C10	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C11	K10-17B-H90-1,0 мкФ X7R	1	
C12	K10-17B-H90-1,0 мкФ X7R	1	
C13	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C14	EXR-25V-1000 мкФ	1	
C15	K10-17B-H90-0,47 мкФ X7R	1	
C16	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C17	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C18	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C19	K10-17B-H90-0,1 мкФ X7R	1	
C20	K10-17B-H90-27 пФ NPO	1	
C21	K10-17B-H90-27 пФ NPO	1	
			<i>Лист</i>
			<b>2</b>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>
			<i>Дата</i>
			<b>Вариант 17 ПЭ</b>





# Вариант 18



Вариант 18		33	
		Лист	Листов
Схема принципиальная электрическая			
Изм.	Лист	№ докум.	Листов
Разработ.	Проект.	Исполн.	Провер.
Рис. работ.	Исп. работ.	Исп. работ.	Исп. работ.
1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1
4шт			



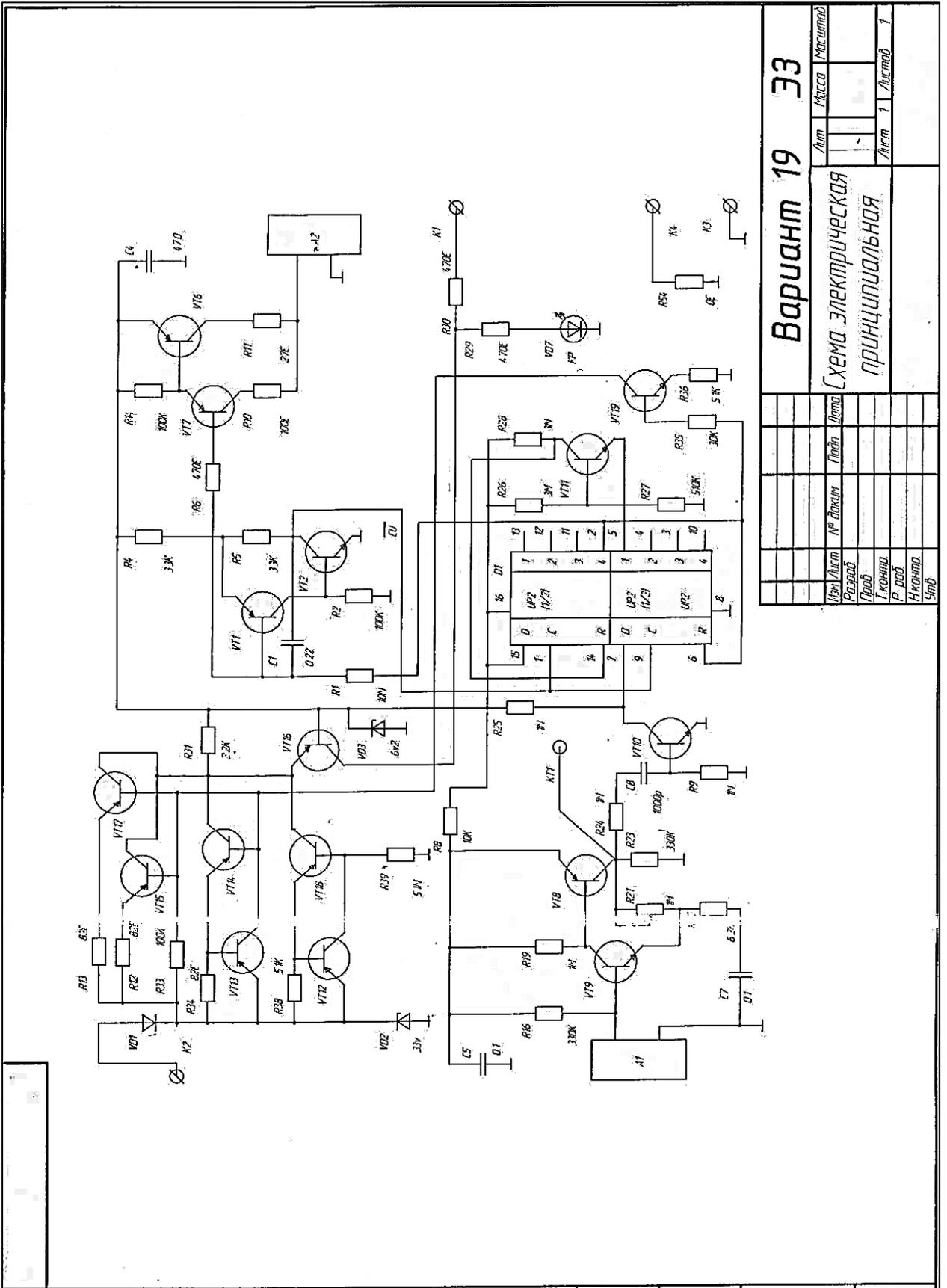
<i>Поз. Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>
R11	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R13-R15	RC 0805 100 кОм ±5%	3	
R16-R17	RC 0805 1 МОм ±5%	2	
R18	RC 0805 1 кОм ±5%	1	
R19	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R20	RC 0805 1 кОм ±5%	1	
R21	RC 0805 3 Ом ±5%	1	
R22-R23	RC 0805 10 кОм ±5%	2	
R24	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R25	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R27	RC 0805 7.5 кОм ±1%	1	
R28	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R30	RC 0805 330 кОм ±5%	1	
R31	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R32	RC 0805 5.1 кОм ±5%	1	
R33	3323P-105 1 кОм ±10%	1	
R34	RC 0805 330 кОм ±5%	1	
R35	RC 0805 1 МОм ±5%	1	
R36	RC 0805 820 кОм ±5%	1	
R37	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R38	RC 0805 5.1 МОм ±5%	1	
R39-R43	RC 0805 1 МОм ±5%	5	
R44-R46	RC 0805 100 кОм ±5%	3	
R47-R48	RC 0805 3.3 кОм ±5%	2	
R49	RC 0805 2.2 Ом ±5%	1	
R50	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R51	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R52	RC 0805 330 кОм ±5%	1	
R53	RC 0805 10 кОм ±5%	1	
R56	RC 0805 100 кОм ±5%	1	
R57	RC 0805 1 кОм ±5%	1	
R59	RC 0805 330 Ом ±5%	1	
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>
			<i>Дата</i>
			<i>Лист</i>
			<i>2</i>

*Вариант 18 ПЗ*





# Вариант 19



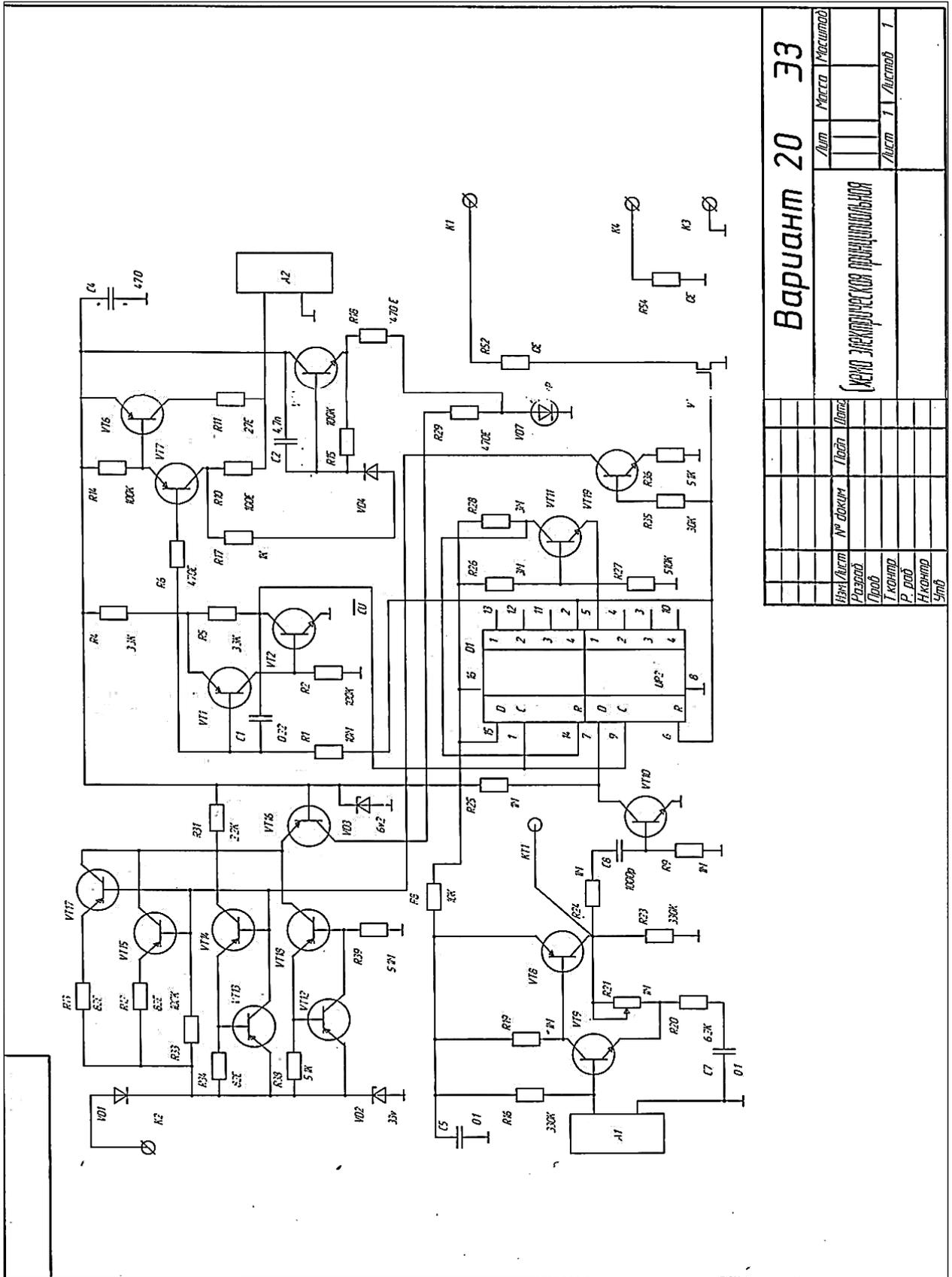
Вариант 19		ЭЗ	
		Лист	Листов
Схема электрическая принципиальная		Масштаб	
		Лист	Листов
Имен. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.			
Проб.			
Р. воб.			
Н.контр.			
Упр.			

<i>Поз. обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>	<i>Примечание</i>						
	<u><i>Конденсаторы</i></u>								
<i>C1</i>	<i>S 0805 0.22 мкF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C4</i>	<i>EKI 47.0 мкF X 16V</i>	<i>1</i>							
<i>C5</i>	<i>S 0805 0.1 мкF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C7</i>	<i>S 0805 0.1 мкF X7R</i>	<i>1</i>							
<i>C8</i>	<i>S 0805 1000 pF X7R</i>	<i>1</i>							
	<u><i>Резисторы</i></u>								
<i>R1</i>	<i>RC 0805 10 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R2</i>	<i>RC 0805 100 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R4-R5</i>	<i>RC 0805 3.3 кОм ±5%</i>	<i>2</i>							
<i>R6</i>	<i>RC 0805 470 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R8</i>	<i>RC 0805 10 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R9</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R10</i>	<i>RC 0805 100 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R11</i>	<i>RC 0805 27 Ом ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R12-R13</i>	<i>RC 0805 82 Ом ±5%</i>	<i>2</i>							
<i>R14</i>	<i>RC 0805 100 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R16</i>	<i>RC 0805 330 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R19</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R20</i>	<i>RC 0805 6.2 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R21</i>	<i>3323P-105 1 кОм ±10%</i>	<i>1</i>							
<i>R23</i>	<i>RC 0805 330 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R24-R25</i>	<i>RC 0805 1 МОм ±5%</i>	<i>2</i>							
<i>R26</i>	<i>RC 0805 3 МОм ±5%</i>	<i>1</i>							
<i>R27</i>	<i>RC 0805 510 кОм ±5%</i>	<i>1</i>							
			<b>Вариант 19 ПЭ</b>						
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>						
<i>Дата</i>									
<i>Разраб.</i>									
<i>Пров.</i>									
<i>Н. контр.</i>									
<i>Утв.</i>									
			<i>Перечень элементов</i>						
			<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Лит.</i></th> <th><i>Лист</i></th> <th><i>Листов</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><i>1</i></td> <td style="text-align: center;"><i>3</i></td> </tr> </tbody> </table>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>							
	<i>1</i>	<i>3</i>							





# Вариант 20



Вариант 20 ЭЗ		Лист	Масштаб	
		Лист 1	Листов 1	
Имя/Имя	№ документа	Лист	Листов	
Разработ				
Провер				
Т.Колпач				
Р.Вод				
Н.Кочуров				
С.Ильин				

ИМЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОФИЦИОНАЛЬНАЯ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
	<u>Конденсаторы</u>				
C1	S 0805 0.22 мкF X7R	1			
C2	S 0805 4.7 нF X7R	1			
C4	EKI 47.0 мкF X 16V	1			
C5	S 0805 0.1 мкF X7R	1			
C7	S 0805 0.1 мкF X7R	1			
C8	S 0805 1000 пF X7R	1			
	<u>Резисторы</u>				
R1	RC 0805 10 МОм ±5%	1			
R2	RC 0805 100 кОм ±5%	1			
R4-R5	RC 0805 3.3 кОм ±5%	2			
R6	RC 0805 470 Ом ±5%	1			
R8	RC 0805 10 кОм ±5%	1			
R9	RC 0805 1 МОм ±5%	1			
R10	RC 0805 100 Ом ±5%	1			
R11	RC 0805 27 Ом ±5%	1			
R12-R13	RC 0805 82 Ом ±5%	2			
R14-R15	RC 0805 100 кОм ±5%	2			
R16	RC 0805 330 кОм ±5%	1			
R17	RC 0805 1 кОм ±5%	1			
R18	RC 0805 470 Ом ±5%	1			
R19	RC 0805 1 МОм ±5%	1			
R20	RC 0805 6.2 кОм ±5%	1			
R21	3323P-105 1 кОм ±10%	1			
R23	RC 0805 330 кОм ±5%	1			
<b>Вариант 20 ПЭ</b>					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись		
Дата	Перечень элементов				
Разраб.				Лит	Лист
Пров.				1	3
И. контр.					
Утв.					





**Контрольные вопросы для защиты отчета по лабораторной работе**

Тема 1

1. Безотказность – это:
  1. Свойство объекта, позволяющее ему функционировать в течение заданного промежутка времени.
  2. Свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.
  3. Свойство объекта, характеризующее его работоспособность.
  
2. Ремонтпригодность – это:
  1. Свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путём технического обслуживания и ремонта.
  2. Возможность восстановления прибора после его отказа.
  3. Совокупность технических свойств, характеризующих возможность продления ресурса.
  
3. Нарботка до отказа – это:
  1. Нарботка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа.
  2. Период времени до первого отказа.
  3. Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или её возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.
  
4. Ресурс – это:
  1. Период времени до первого отказа.
  2. Нарботка объекта от начала эксплуатации до возникновения первого отказа.
  3. Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или её возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.
  
5. Назначенный ресурс – это:
  1. Суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация объекта должна быть прекращена независимо от его технического состояния.
  2. Расчётное значение ресурса эксплуатации объекта.
  3. Суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или её возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

6. Вероятность безотказной работы – это:
1. Вероятность отсутствия события по заданному критерию отказа.
  2. Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает.
  3. Среднее значение вероятности отсутствия событий по заданным критериям отказов.
7. Гамма-процентная наработка до отказа – это:
1. Вероятность того, что в пределах заданной наработки на отказ  $\gamma$  объект не переходит в предельное состояние.
  2. Нарботка, в течение которой отказ объекта не возникает с вероятностью  $\gamma$ , выраженной в процентах.
8. Средняя наработка до отказа – это:
1. Математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.
  2. Отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.
  3. Вероятность того, что в пределах заданной средней наработки отказ объекта не наступит.
9. Интенсивность отказов – это:
1. Среднее значение интенсивности отказов для данного объекта.
  2. Условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.
10. Неисправное состояние – это:
1. Состояние объекта, при котором он не может выполнять свои функции.
  2. Состояние объекта после истечения ресурса эксплуатации.
  3. Состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической или конструкторской документации.
11. Средняя наработка на отказ – это:
1. Отношение суммарной наработки восстанавливаемого объекта к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки.
  2. Математическое ожидание наработки объекта до первого отказа.
  3. Вероятность того, что в пределах заданной средней наработки отказ объекта не наступит.
12. Внезапный отказ – это:
1. Отказ, характеризующийся быстрым выходом системы из строя.
  2. Отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких параметров объекта.
  3. Отказ, характеризующийся скачкообразным выходом системы из строя

13. Аббревиатура «ЗИП» означает:

1. Запасные части, инструмент, принадлежности и материалы.
2. Запасной инструмент и приспособления.

14. Отличие средней наработки на отказ от средней наработки до отказа заключается в том, что:

1. Последняя характеристика отражает среднее время наработки до первого отказа.
2. Первая характеристика выражена в процентах, а последняя в часах.

15. Единицей измерения надёжности является:

1. Абстрактная относительная единица.
2. Время.

## Тема 2

1. Вероятность внезапного отказа определяется выражением:

1.  $Q_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_0 - N_t}{N_t}$ , где  $N_0$  – количество однотипных приборов;  $N_t$  – количество исправных приборов.

2.  $Q_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_0 - N_t}{N_0}$ , где  $N_0$  – количество однотипных приборов;  $N_t$  – количество исправных приборов.

2. Вероятность безотказной работы  $P_B(t)$  определяется выражением:

1.  $P_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_0}{N_t}$ ,

2.  $P_B(t) = \lim_{N_t \rightarrow \infty} \frac{N_t}{N_0}$ ,

3.  $P_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_t}{N_0}$ ,

где  $N_t$  – число исправных приборов;  $N_0$  – общее число испытуемых приборов.

3. Интенсивность внезапных отказов  $\lambda(t)$  определяется выражением:

1.  $\lambda(t) = \frac{P_B(t)}{f(t)}$ ,

2.  $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P_B(t)}$ ,

здесь  $F(t)$  – плотность вероятности внезапных отказов,  $P_B(t)$  – вероятность безотказной работы.

4. Метрологическая надёжность – это:

1. Надёжность средства измерения в части сохранения его метрологической исправности.
2. Надёжность сохранения метрологических характеристик.

5. Метрологическая исправность – это:

1. Состояние средства измерения в межповерочный интервал.
2. Состояние средства измерений, при котором все нормируемые метрологические характеристики соответствуют установленным требованиям.

6. Интенсивность внезапных отказов  $\lambda(t)$  определяется выражением:

1.  $\lambda(t) = \frac{P_B(t)N_0}{f(t)} 100\%$ ,
2.  $\lambda(t) = \frac{f(t)}{P_B(t)}$ ,

здесь  $F(t)$  – плотность вероятности внезапных отказов,  $P_B(t)$  – вероятность безотказной работы,  $N_0$  – общее число испытываемых приборов.

7. Вероятность безотказной работы  $P_B(t)$  определяется выражением:

1.  $P_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_0}{N_t}$ ,
2.  $P_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_t}{N_0}$ ,
3.  $P_B(t) = \lim_{N_t \rightarrow \infty} \frac{N_t}{N_0}$ ,

где  $N_t$  – число исправных приборов;  $N_0$  – общее число испытываемых приборов.

8. Вероятность внезапного отказа определяется выражением:

1.  $Q_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_0 - N_t}{N_0}$ , где  $N_0$  – количество однотипных приборов;  $N_t$  – количество исправных приборов.
2.  $Q_B(t) = \lim_{N_0 \rightarrow \infty} \frac{N_0 - N_t}{N_t}$ , где  $N_0$  – количество однотипных приборов;  $N_t$  – количество исправных приборов.

9. Какое из выражений написано правильно?

1.  $Q_B(t) + P_B(t) = 1$ ,

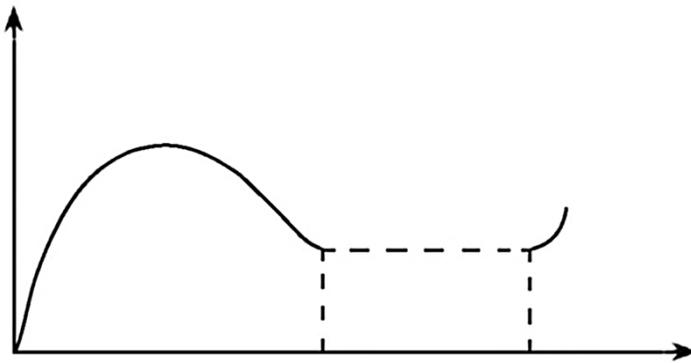
2.  $Q_B(t) \times P_B(t) = 1$ ,

где  $Q_B(t)$  – вероятность внезапного отказа,  $P_B(t)$  – вероятность безотказной работы.

10. Скорость изменения вероятности безотказной работы равна:

1. Плотности вероятности, взятой с обратным знаком.
2. Плотности вероятности, взятой с тем же знаком.

11. Какую зависимость отражает этот график?



1. Изменение интенсивности внезапных отказов со временем.
2. Изменение вероятности безотказной работы со временем.

12. Плотность вероятности равна  $f(t) = \lambda(t)P_B(t)$ , при этом  $P_B(t)$ , изменяется по экспоненциальному закону. По какому закону изменяется  $f(t)$ ?

1. По линейному.
2. По экспоненциальному.

13. Что стоит в правой части равенства  $Q_B(t) - 1 =$  ?

1.  $P_B(t)$  – вероятность безотказной работы.
2.  $F(t)$  – плотность вероятности внезапных отказов.

14. Относительное число отказавших за время  $t$  приборов равно  $\frac{N_0 - N_t}{N_0}$ , где

$N_0$  – количество однотипных приборов, а  $N_t$  – количество исправных приборов. Если увеличивать  $N_0$ , то в пределе, при  $N_0 \rightarrow \infty$ , относительное число внезапно отказавших приборов и будет определять:

1. Вероятность безотказной работы.
2. Нарботку на отказ.
3. Вероятность внезапного отказа.

15. Если с течением времени количество исправных приборов, находящихся в эксплуатации, уменьшается, а вероятность отказа  $Q_B(t)$  увеличивается, то скорость увеличения  $Q_B(t)$  характеризуется:

1. Плотностью вероятности отказов
2. Вероятностью безотказной работы
- 3.Наработкой на отказ

### Тема 3

1. Программа обеспечения надёжности разрабатывается:
  1. На стадии разработки изделий.
  2. Для создания необходимых условий при эксплуатации изделий.
2. Метод прогнозирования надёжности основан на:
  1. Результатах испытаний серии уже изготовленных приборов.
  2. Данных о достигнутых значениях и выявленных тенденциях изменения параметров надёжности объектов, аналогичных или близких к рассматриваемому по назначению.
3. Методы прогнозирования надёжности требуют использования:
  1. Структурных схем надёжности.
  2. Показателей надёжности.
  3. Математических моделей надёжности.
4. Структурные методы расчёта надёжности требуют:
  1. Построения блок-схем надёжности.
  2. Разработки функций надёжности.
5. Деревья отказов применяются при использовании:
  1. Методов прогнозирования надёжности.
  2. Структурных методов расчёта надёжности.
  3. Физических методах расчёта надёжности.
6. Физические методы расчёта надёжности применяют:
  1. Когда известны показатели надёжности отдельных элементов при воздействии температуры.
  2. Когда известны механизмы взаимодействия комплекса элементов изделия с внешней средой.
  3. Когда известны механизмы деградации составных частей изделия под влиянием внешних и внутренних факторов.
7. Физические методы расчёта надёжности основаны на:
  1. Описании соответствующих процессов деградации с помощью адекватных математических моделей.
  2. Разработке блок–схем отказов.
  3. Данных о достигнутых на других объектах показателях надёжности.

8. При разработке критериев отказов следует учитывать:
  1. Целесообразность резервирования элементов приборов.
  2. Отказы, приводящие или не приводящие к выходу системы из строя.
  3. Ремонтпригодность системы.
  
9. Программа обеспечения надёжности разрабатывается с целью:
  1. Определения элементов схемы нуждающихся в резервировании.
  2. Расчёта показателей надёжности.
  
10. Отказом электромагнитного реле считается:
  1. Ложное срабатывание.
  2. Перегрев.
  
11. Методы прогнозирования применяют
  1. На стадии технического проектирования.
  2. На ранних стадиях проектирования.
  
12. При реализации структурных методов расчёта:
  1. Вычисляются показатели надёжности.
  2. Моделирование производится только с помощью блок-схем.
  
13. Деревья отказов представляют собой:
  1. Блок-схемы, отражающие последовательность преобразований измеряемой физической величины.
  2. Графические схемы, определяющие математические зависимости преобразований.
  3. Графическое отображение причинно-следственных связей, обуславливающих определённые виды его отказов.
  
14. Методы расчёта надёжности подразделяют:
  1. По составу рассчитываемых показателей надёжности и по основным принципам расчёта.
  2. По достижимым показателям надёжности.
  
15. При расчёте показателей надёжности учитываются:
  1. Только неисправности, вызывающие отказы.
  2. Как неисправности, вызывающие отказы, так и неисправности, не приводящие к отказам.
  3. Только неисправности, не приводящие к отказам.

#### Тема 4

1. Закон распределения плотности вероятности внезапных отказов имеет вид:

1. Пропорциональный.
2. Логарифмический.
3. Экспоненциальный.

2. Коэффициент  $\lambda_i$  отвечающий действительным условиям эксплуатации элементов, определяется по формуле:

$$1. \lambda_i = \lambda_{i0} a_i,$$

$$2. \lambda_i = \frac{\lambda_{i0}}{a_i},$$

где  $\lambda_{i0}$  – интенсивность отказов  $i$ -того элемента при номинальной нагрузке,  $a_i$  – эксплуатационный коэффициент.

3. Выражение, связывающее вероятность безотказной работы  $P_B(t)$  и интенсивность внезапных отказов  $\lambda(t)$ , имеет вид:

$$1. P_B(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}.$$

$$2. P_B(t) = e^{-\lambda(t)}.$$

$$3. P_B(t) = e^{-2 \int_0^t \lambda(t) dt}.$$

4. Выражение  $\Lambda = \sum_{j=1}^k m_j \lambda_{i0} a_j$  позволяет рассчитать:

1. Вероятность безотказной работы прибора.
2. Коэффициент наработки до отказа для прибора.
3. Общий коэффициент интенсивности отказов прибора.

5. Перегрузка при ударе может быть ориентировочно рассчитана из выражения:

$$1. n_{y\partial} = \frac{0,5 \cdot 10^{-2} V_{y\partial}}{S},$$

$$2. n_{y\partial} = \frac{0,5 \cdot 10^{-2} V_{y\partial}^2}{S},$$

$$3. n_{y\partial} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} V_{y\partial}^2}{S},$$

здесь  $S$  – перемещение соударяющихся тел,  $V_{y\partial}$  – мгновенная скорость в момент удара.

6. Прогон изготовленных приборов на заводе-изготовителе производят с целью:
1. Выявления заводского брака.
  2. Приработки элементов прибора до выпуска его в эксплуатацию.
7. Что характеризует предел отношения числа исправных приборов к общему числу испытываемых приборов?
1. Вероятность безотказной работы.
  2. Вероятность отказа.
8. Диаграмма Веллера отражает:
1. Зависимость усталостной прочности от числа циклов нагружения.
  2. Число циклов до разрушения при заданной амплитуде напряжения.
9. Для обеспечения долговременной метрологической стабильности приборов и систем производят:
1. Прогон изделий после сборки.
  2. Нормирование метрологических характеристик с запасом.
10. Для обеспечения метрологической надёжности необходимо:
1. нормировать значения погрешности прибора после его ремонта в ремонтной документации.
  2. Регулярно ремонтировать прибор
11. При разработке рабочей конструкторской документации:
1. Выполняется эскизное проектирование.
  2. Разработанной документации присваивается литера «О» и «О1».
  3. Документации присваивается литера «Т».
12. Обязательность выполнения стадий и этапов разработки конструкторской документации устанавливается:
1. Техническим заданием на разработку.
  2. Государственным стандартом.
13. На стадии технического проекта выполняются работы:
1. Необходимые для дальнейшего проектирования изделия.
  2. Необходимые для выявления окончательных технических решений.
14. Возможность внесения изменений и дополнений по согласованию сторон указывается в разделе технического задания:
1. «Порядок выполнения работы и приёмки продукции».
  2. «Специальные требования».
  3. «Технико-экономические требования».

15. Сведения о том, разрабатывается ли впервые данное изделие, модернизируется ли оно, или разрабатывается взамен какой-либо продукции, указываются в разделе технического задания:

1. «Основание для выполнения работы».
2. «Цель и назначение разработки».

Грязин Дмитрий Геннадиевич  
Перепелкина Светлана Юрьевна  
Коваленко Павел Павлович  
Абрамчук Михаил Владимирович

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу  
"Основы проектирования приборов и систем". Часть I.  
учебно-методическое пособие

В авторской редакции  
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО  
Зав. РИО Н. Ф. Гусарова  
Подписано к печати  
Заказ №  
Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49