



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Приборостроение и биомедицинская инженерия»

Методические указания и контрольная работа по дисциплине

«Точность и надежность измерительных устройств»

Авторы
Коваль Н.С.
Кудинова Е.А.

Ростов-на-Дону, 2023

Аннотация

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения по направлению 12.03.01 «Приборостроение» профиль «Информационно-измерительная техника и технологии».

Авторы

канд. техн. наук, доцент кафедры
«Приборостроение и биомедицинская
инженерия»
Коваль Н. С.

ассистент кафедры «Приборостроение
и биомедицинская инженерия»
Кудинова Е.А.



Оглавление

Содержание дисциплины «Точность и надежность измерительных устройств».....	4
Контрольная работа.....	4
Перечень использованных информационных ресурсов.....	10

Содержание дисциплины «Точность и надежность измерительных устройств»

1. Надежность измерительных приборов, систем и комплексов.
 - 1.1. Введение. Основные понятия теории надежности. Показатели надежности.
 - 1.2. Законы распределения времени между отказами. Надежность элементов. Резервирование
 - 1.3. Расчет надежности измерительной техники. Методы и способы повышения надежности
2. Точность измерительных приборов, систем и комплексов
 - 2.1. Введение. Основные понятия теории точности
 - 2.2. Статическая характеристика измерительного устройства
 2. Классификация погрешностей измерительных устройств
 - 2.1. Основные и дополнительные показатели точности измерительных приборов
 - 2.2. Обеспечение точности измерительных устройств на этапах проектирования, производства и эксплуатации

Контрольная работа

Контрольная работа состоит из трех заданий, тематика которых охватывает все разделы курса дисциплины. Первое задание – теоретический вопрос, второе и третье – практические задания. При выборе номера задания следует руководствоваться следующим: варианты всех заданий соответствуют порядковому номеру в списке группы. Контрольная работа выполняется в печатном виде на листах формата А4, согласно предъявляемым требованиям к оформлению. Ориентировочный объем составляет 15-20 страниц.

Задание I

1. Содержание точностных расчетов при проектировании измерительного прибора.
2. Кинематический синтез измерительного прибора.
3. Геометрический синтез измерительного прибора.
4. Кинематический анализ измерительного прибора.
5. Геометрический анализ измерительного прибора.
6. Методика выбора элементов измерительной цепи измерительного устройства.
7. Методика распределения передаточных отношений и допустимых значений показателей точности между элементами измерительной цепи измерительного устройства.
8. Методика расчета оптимальных значений параметров измерительной цепи.
9. Основные показатели точности измерительных устройств.
10. Обобщенные показатели точности измерительных устройств.

11. Содержание предварительного расчета измерительных приборов на надежность.
12. Содержание окончательного расчета измерительных приборов на надежность.
13. Методы повышения надежности печатных плат.
14. Методы повышения надежности элементной базы.
15. Методы повышения надежности измерительных приборов и устройств.
16. Содержание методики испытаний на надежность.
17. Методика обработки экспериментальных данных, полученных в результате испытаний прибора на надежность.
18. Анализ факторов, влияющих на надежность измерительных приборов и устройств.
19. Взаимосвязь показателей качества деталей и узлов измерительного прибора с его надежностью.
20. Методы обеспечения сохраняемости и ремонтпригодности измерительных приборов и устройств.

Задание II

1. Проанализировать структурную схему измерительного прибора (рис.1).

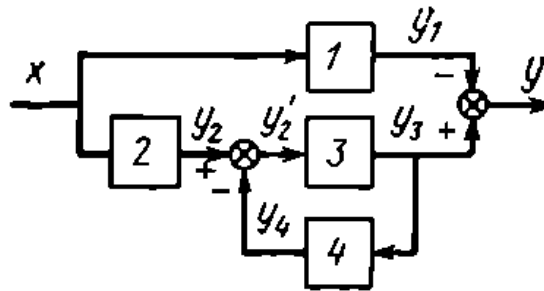


Рисунок 1. Структурная схема измерительного прибора

1. Выбрать исходные данные для расчета из таблицы 1.
2. Для диапазона измеряемой величины $x_d = 0-20$ определить относительные η_i и приведенные относительные погрешности ζ_i звеньев ИП.
3. Определить значения чувствительности звеньев S_i и общую чувствительность ИП.
4. Определить коэффициенты влияния звеньев ψ_i .
5. Определить приведенную относительную погрешность ζ ИП, сравнить полученное значение с заданным и сделать выводы. Значение заданной погрешности принять $\zeta_{зад} = 0,05$.

Таблица 1

Исходные данные для расчета погрешности измерительного прибора

№ Варианта	Характеристика звеньев							
	1 звено		2 звено		3 звено		4 звено	
	Получено	Задано	Получено	Задано	Получено	Задано	Получено	Задано
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	$y_1 = 1,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 1,1$ x	$y_2 = 1,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$
2	$y_1 = 2,1$ x	$y_{10} =$ 2,09 x	$y_2 = 3,1$ x	$y_2 = 3,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,35 y_3$	$y_4 = 0,352 y_3$
3	$y_1 = 3,1$ x	$y_{10} =$ 3,09 x	$y_2 = 2,1$ x	$y_2 = 2,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
4	$y_1 = 4,1$ x	$y_{10} =$ 4,09 x	$y_2 = 1,1$ x	$y_2 = 1,08$ x	$y_3 = 0,45 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,44 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
5	$y_1 = 5,1$ x	$y_{10} =$ 5,09 x	$y_2 = 0,1$ x	$y_2 = 0,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$
6	$y_1 = 6,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 6,1$ x	$y_2 = 1,08$ x	$y_3 = 0,15 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,14 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
7	$y_1 = 3,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 3,1$ x	$y_2 = 1,08$ x	$y_3 = 0,35 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,34 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
8	$y_1 = 1,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 3,1$ x	$y_2 = 3,08$ x	$y_3 = 0,45 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,44 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
9	$y_1 = 2,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 5,1$ x	$y_2 = 5,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$
10	$y_1 = 2,1$ x	$y_{10} =$ 2,09 x	$y_2 = 4,1$ x	$y_2 = 4,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,35 y_3$	$y_4 = 0,352 y_3$
11	$y_1 = 1,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 3,2$ x	$y_2 = 3,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$
12	$y_1 = 2,1$ x	$y_{10} =$ 2,09 x	$y_2 = 3,1$ x	$y_2 = 3,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,65 y_3$	$y_4 = 0,652 y_3$
13	$y_1 = 3,1$ x	$y_{10} =$ 3,09 x	$y_2 = 2,1$ x	$y_2 = 2,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	$y_1 = 4,1$ x	$y_{10} =$ 4,09 x	$y_2 = 2,1$ x	$y_2 = 2,08$ x	$y_3 = 0,45 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,44 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
15	$y_1 = 5,1$ x	$y_{10} =$ 5,09 x	$y_2 = 0,1$ x	$y_2 = 0,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,24 y_2$	$y_4 = 0,95 y_3$	$y_4 = 0,952 y_3$
16	$y_1 = 6,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 2,1$ x	$y_2 = 2,08$ x	$y_3 = 0,15 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,14 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
17	$y_1 = 2,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 3,1$ x	$y_2 = 1,08$ x	$y_3 = 0,35 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,34 y_2$	$y_4 = 0,15 y_3$	$y_4 = 0,152 y_3$
18	$y_1 = 1,1$ x	$y_{10} =$ 1,09 x	$y_2 = 6,1$ x	$y_2 = 6,08$ x	$y_3 = 0,45 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,44 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$

19	$y_1 = 3,1$ x	$y_{10} =$ 3,09 x	$y_2 = 5,1$ x	$y_2 = 5,08$ x	$y_3 = 0,25 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,74 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$
20	$y_1 = 4,1$ x	$y_{10} =$ 4,09 x	$y_2 = 6,1$ x	$y_2 = 1,08$ x	$y_3 = 0,15 y_2$ $y_2' = y_2 + y_4$	$y_3 = 0,14 y_2$	$y_4 = 0,25 y_3$	$y_4 = 0,252 y_3$

Задание III

1. Выбрать исходные данные для расчета, согласно таблице 2 и рисунку 2. Изучить электрическую принципиальную схему.

Таблица 2

Исходные данные для ориентировочного расчета вероятности безотказной работы измерительного прибора за заданное время

№ Варианта	Вариант принципиальной электрической схемы, (рис.2)	Обобщенный эксплуатационный коэффициент, кэ	Заданная вероятность безотказной работы, Pз	Заданное время, tз, ч
1	2	3	4	5
1	А	2,3	0,99	1000
2	Б	2,2	0,98	1200
3	В	2,5	0,97	600
4	Г	2,4	0,96	1800
5	А	2,3	0,95	2000
6	Б	2,2	0,99	2500
7	В	2,5	0,98	2000
8	Г	2,4	0,97	2100

Продолжение табл. 2

1	2	4	3	5
9	А	2,4	0,96	1800
10	Б	2,3	0,95	2000
11	В	2,2	0,99	2500
12	Г	2,5	0,98	1200
13	А	2,4	0,97	2500
14	Б	2,3	0,96	2500
15	В	2,2	0,95	1200
16	Г	2,5	0,99	1000
17	А	2,4	0,98	1200
18	Б	2,2	0,97	2500
19	В	2,3	0,96	3000
20	Г	2,5	0,95	3500

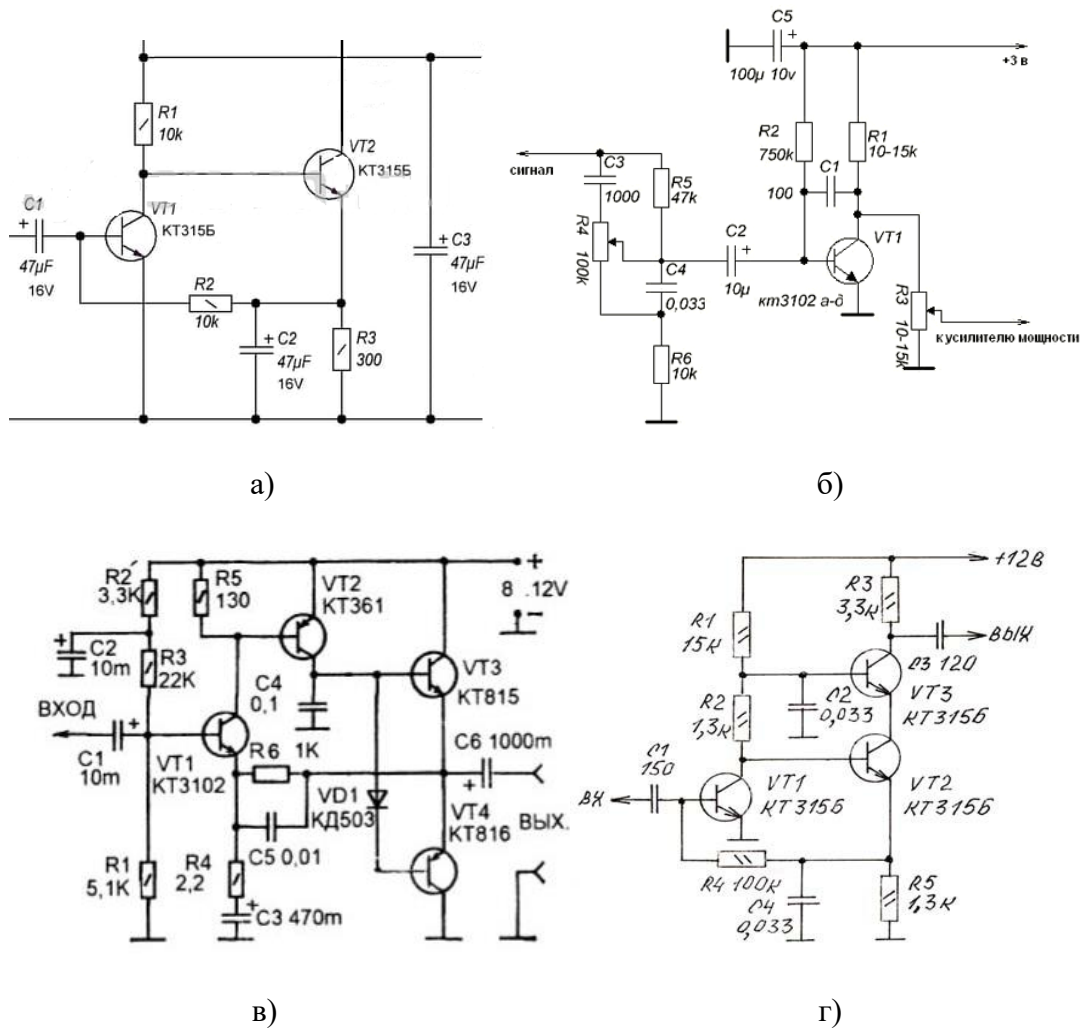


Рисунок 2. Электрическая принципиальная схема для расчета
 2. Составить таблицу исходных данных (табл. 3). Используя справочные данные изучить характеристики каждого элемента и его конструкцию.

Таблица 3

Исходные данные для расчета

Наименование элементов	Тип	Количество, N_j	Интенсивность отказов $\lambda_{0i} \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$	Суммарная интенсивность отказов, $\lambda_{\phi}, \text{ 1/ч}$

3. Определить интенсивности отказов каждого элемента по данным таблицы
 4.

Таблица 4

Интенсивность отказов некоторых радиоэлементов

Элемент	Интенсивность отказов, $\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}, \text{ 1/ч}$
Микросхемы в пластмассовом корпусе	0,1

Микросхемы в керамическом корпусе	0,01
Транзисторы	0,5
Диоды маломощные	0,02
Диоды мощные	0,2
Углеродистые резисторы	0,01
Проволочные резисторы	0,5
Регулируемые резисторы	2
Конденсаторы танталовые	0,02
Конденсаторы электролитические	0,2
Кристалл кварца	0,05
Разъем	0,05

4. Произвести расчет суммарной интенсивности отказов по формуле:

$$\lambda_{\Phi} = N_j \cdot \lambda_{0i} \quad (1)$$

5. Определить значение суммарной интенсивности отказов, с учетом электрического режима и условий эксплуатации рассчитываем по формуле:

$$\lambda_{\Sigma(v)} = \lambda_{\Sigma} \cdot k_{\ominus} \quad (2)$$

6. Определить вероятность безотказной работы устройства (среднюю наработку на отказ) по формуле:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\Sigma(v)}} \quad (3)$$

7. Определить вероятность безотказной работы за заданное время, по формуле:

$$P_{\Sigma}(t_3) = e^{-t_3 \lambda_{\Sigma(v)}} \quad (4)$$

Сравнить полученное значение с заданной вероятностью P_3 , сделать необходимые выводы.

8. Построить график вероятности безотказной работы $P_{\Sigma}(t_3)$, показать на нем заданную вероятность P_3 .

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

1. Ананченко В.Н., Гофман Л.А. Теория измерений: Учеб. Пособие Ростов-на-Дону: издательский центр ДГТУ, 2002
2. Х. Харт. Введение в измерительную технику, перевод с немецкого М.М. Гельмана. – М. «Мир», 1999.
3. «Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры» под ред. профессора Шахнова В.А. М. изд. МГТУ. 2002г.
4. Новицкий П.В. и др. Оценка погрешностей результатов измерений Л. Энергоатомиздат, 1991г.
5. Браславский Д.А. Точность измерительных устройств. М. «Машиностроение», 1976, 312с
6. Кемпинский М.М. Точность и надежность измерительных приборов. Л., «Машиностроение». 1972г., 264 с.
7. Малафеев С.И., Копейкин А.И. Надежность технических систем. Примеры и задачи: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 320 с.: ил.