

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i> .....	3
-----------------------	---

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ЛИНЕЙНЫХ НЕПРЕРЫВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

### I. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

<i>1. Временные характеристики динамических звеньев</i> .....	4
1.1. Теоретические сведения .....	4
1.2. Порядок выполнения работы .....	10
1.3. Содержание отчета .....	11
<i>2. Определение частотных характеристик динамических звеньев</i> .....	12
2.1. Теоретические сведения .....	12
2.2. Методический пример.....	16
2.3. Порядок выполнения работы .....	18
2.4. содержание отчета.....	20
<i>3. Анализ устойчивости систем с обратной связью</i> .....	21
3.1. Теоретические сведения .....	21
3.2. Порядок выполнения работы .....	26
3.3. Содержание отчета .....	27
<i>4. Анализ и синтез систем управления методом корневого годографа</i> .....	29
4.1. Теоретические сведения .....	29
4.2. Порядок выполнения работы .....	34
4.3. Содержание отчета .....	35
<i>5. Синтез корректирующего устройства</i> .....	36
5.1. Теоретические сведения .....	36
5.2. Методический пример.....	39
5.3. Определение параметров передаточной функции корректирующего звена средствами MATLAB и SIMULINK .....	43
5.4. Порядок выполнения работы .....	47
5.5. Содержание отчета .....	48
<i>6. Исследование системы управления с ПИД регулятором</i> .....	50
6.1. Теоретические сведения .....	50
6.2. Порядок выполнения работы .....	50
6.3. Содержание отчета .....	55

---

<b>7. Модальный синтез системы управления .....</b>	<b>56</b>
7.1. Теоретические сведения .....	56
7.2. Порядок выполнения работы .....	62
7.3. Содержание отчета .....	63
<b>II. ПРАКТИЧЕСКИЕ СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ</b>	
<b>1. Решение линейных дифференциальных уравнений.....</b>	<b>65</b>
1.1. Основные положения .....	65
1.2. Классический метод решения линейных дифференциальных уравнений.....	65
1.3. Задачи для решения линейных дифференциальных уравнений.....	69
<b>2. Преобразование Лапласа и получение динамических характеристик объектов и систем.....</b>	<b>71</b>
2.1. Основные положения .....	71
2.2. Решение линейных дифференциальных уравнений с помощью преобразования лапласа .....	71
2.3. Определение передаточной функции объекта и его временных характеристик.....	75
2.4. Задачи на решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа.....	76
2.5. Задачи определения временных характеристик объекта .....	77
2.6. Задачи определения передаточной функции объекта .....	78
<b>3. Определение передаточных функций блочных и графовых структурных схем .....</b>	<b>79</b>
3.1. Основные положения .....	79
3.2. Передаточные функции блочных структурных схем .....	79
3.3. Передаточные функции графовых структурных схем .....	86
3.4. Задачи определения передаточных функций .....	88
<b>4. Преобразование фурье и частотные характеристики объектов и систем .....</b>	<b>91</b>
4.1. Основные положения .....	91
4.2. Получение и построение частотных характеристик .....	92
4.3. Задачи получения и построения частотных характеристик.....	93
<b>5. Анализ динамических систем в пространстве состояний .....</b>	<b>95</b>
5.1. Основные положения .....	95
5.2. Дифференциальные уравнения состояния.....	96
5.3. Анализ моделей в пространстве состояния .....	97
5.4. Связь передаточной функции с уравнениями состояния .....	101
5.5. Определение управляемости и наблюдаемости.....	103

---

5.6. Задачи определения передаточных функций и дифференциальных уравнений состояния .....	105
5.7. Задачи оценки управляемости и наблюдаемости объектов .....	107
<b>6. Анализ качества динамических систем .....</b>	<b>109</b>
6.1. Основные положения .....	109
6.2. Показатели качества переходного процесса .....	109
6.3. Корневые оценки качества.....	111
6.4. Задачи анализа установившегося режима .....	113
6.5. Задачи анализа переходных процессов .....	115
<b>7. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов .....</b>	<b>117</b>
7.1. Основные положения .....	117
7.2. Аналитическое и схемное решение задачи АКОР .....	117
7.3. Методический пример.....	119
7.4. Задачи АКОР .....	123
<b>III. ТЕСТЫ .....</b>	<b>125</b>
Ответы.....	137

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ. АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ДИСКРЕТНЫХ И НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

### I. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

<b>8. Исследование процессов квантования в цифровых системах .....</b>	<b>138</b>
8.1. Методические указания .....	138
8.2. Порядок выполнения работы .....	139
8.3. Содержание отчета .....	141
<b>9. Модели цифровых систем управления.....</b>	<b>143</b>
9.1. Методические указания .....	143
9.2. Задание на лабораторную работу .....	151
9.3. Содержание отчета .....	152
<b>10. Определение оптимальных параметров дискретных ПИД регуляторов .....</b>	<b>153</b>
10.1. Методические указания.....	153
10.2. Методические примеры .....	155
10.3. Порядок выполнения работы.....	158
10.4. Содержание отчета.....	158
<b>11. Изучение типичных нелинейностей .....</b>	<b>159</b>
11.1. Методические указания.....	159
11.2. Моделирование нелинейных элементов.....	161

11.3. Порядок выполнения работы.....	170
11.4. Содержание отчета.....	170
<b>12. Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости.....</b>	<b>172</b>
12.1. Методические указания.....	172
12.2. Задание для лабораторной работы .....	173
12.3. Использование пакета MATLAB .....	173
12.4. Порядок выполнения работы.....	182
12.5. Содержание отчета.....	183
<b>13. Исследование нелинейных систем методом гармонического баланса .....</b>	<b>184</b>
13.1. Методические указания.....	184
13.2. Задание на лабораторную работу .....	185
13.3. Моделирование нелинейной системы.....	186
13.4. Порядок выполнения работы.....	202
13.5. Содержание отчета.....	202
<b>14. Исследование релейной САР температуры.....</b>	<b>204</b>
14.1. Принцип действия релейного регулятора .....	204
14.2. Анализ процессов в САР температуры с релейным регулятором .....	205
14.3. Методические указания.....	207
14.4. Порядок выполнения работы.....	208
<b>II. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ</b>	
<b>8. Решение разностных уравнений .....</b>	<b>210</b>
8.1. Основные положения .....	210
8.2. Численный метод решения разностных уравнений .....	212
8.3. Аналитический метод решения разностных уравнений .....	213
8.4. Решение разностных уравнений с помощью Z-преобразования .....	219
8.5. Задачи на решение разностных уравнений .....	222
<b>9. Z-преобразование и дискретная передаточная функция.....</b>	<b>224</b>
9.1. Основные положения .....	224
9.2. Дискретная передаточная функция.....	224
9.3. Временные характеристики .....	227
9.4. Задачи представления дискретных систем .....	230
<b>10. Представление дискретных динамических систем в пространстве состояний .....</b>	<b>231</b>
10.1. Основные положения .....	231
10.2. Задачи на дискретное представление в пространстве состояний .....	234

---

<b>11. Анализ устойчивости дискретных систем управления.....</b>	<b>235</b>
11.1. Основные положения .....	235
11.2. Корневой критерий устойчивости .....	235
11.3. Алгебраические критерии устойчивости .....	238
11.4. Частотные критерии устойчивости .....	240
11.5. Задачи определения устойчивости дсус .....	242
<b>12. Построение фазовых портретов нелинейных систем .....</b>	<b>244</b>
12.1. Основные положения .....	244
12.2. Задачи построения фазовых портретов систем .....	245
<b>13. Анализ устойчивости нелинейных систем .....</b>	<b>250</b>
13.1. Основные положения .....	250
13.2. Первый метод Ляпунова .....	250
13.3. Задачи анализа устойчивости нелинейных систем первым методом Ляпунова.....	251
13.4. Второй метод Ляпунова .....	252
13.5. Задачи анализа устойчивости нелинейных систем вторым методом Ляпунова .....	254
13.6. Анализ абсолютной устойчивости .....	256
13.7. Задачи анализа абсолютной устойчивости .....	256
<b>III. ТЕСТЫ .....</b>	<b>259</b>
<i>Ответы.....</i>	266

<b>Приложение .....</b>	<b>267</b>
<b>Литература .....</b>	<b>274</b>