

Содержание

О структуре учебника	15
----------------------------	----

ЧАСТЬ II. ТЕОРИЯ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Глава 9. Расчет переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами классическим методом	17
9.1. О переходных процессах в линейных электрических цепях	17
9.2. Общий путь расчета переходных процессов в линейных электрических цепях	18
9.3. Метод переменных состояния	19
9.4. Определение постоянных интегрирования из начальных условий	21
9.5. Переходные процессы в цепи с последовательно соединенными участками r и L	23
9.6. Переходные процессы в цепи с последовательно соединенными участками r и C	28
9.7. Переходные процессы в цепи с последовательно соединенными участками r , L и C	33
9.8. Разряд конденсатора на цепь r , L	36
9.9. Включение цепи r , L , C под постоянное напряжение	42
9.10. Включение цепи r , L , C под синусоидальное напряжение	43
9.11. Переходные процессы при мгновенном изменении параметров участков цепи	46
9.12. Расчет переходных процессов в сложной цепи	51
9.13. Расчет переходных процессов методом переменных состояния	55
9.14. Численное интегрирование уравнений состояния	67
9.15. Устойчивость методов численного интегрирования	71
9.16. Жесткость систем дифференциальных уравнений электрических цепей	76
9.17. Системные методы численного решения уравнений состояния электрических цепей	81
9.18. Расчет переходных процессов в электрических цепях методом синтетических схем	86
Глава 10. Расчет переходных процессов в цепях с сосредоточенными параметрами операторным методом.	93
10.1. Операторное изображение функций, их производных и интегралов. . .	93
10.2. Примеры изображений функций	96

10.3. Законы Кирхгофа и Ома в операторной форме	98
10.4. Расчет переходных процессов в электрических цепях операторным методом	101
10.5. Переход от изображений к оригиналу. Теорема разложения	104
10.6. Свойства корней характеристического уравнения	108
Глава 11. Спектральное представление непериодических функций — интегральное преобразование Фурье. Расчет переходных процессов методом частотных характеристик	110
11.1. Представление непериодических функций времени с помощью интеграла Фурье	110
11.2. Частотные характеристики	112
11.3. Получение частотных характеристик заданной функции времени . . .	113
11.4. Расчет переходных процессов при помощи частотных характеристик	116
11.5. Связь преобразования Фурье с преобразованием Лапласа. Понятие о комплексной частоте	119
Глава 12. Расчет электрических цепей при воздействии импульсных ЭДС и ЭДС произвольной формы	121
12.1. Понятие об импульсных ЭДС и импульсных системах	121
12.2. Переходные и импульсные характеристики электрической цепи и расчет цепи при воздействии импульсной ЭДС	122
12.3. Расчет цепи при воздействии ЭДС произвольной формы — интеграл Дюамеля	126
12.4. Расчет установившихся режимов при помощи интеграла Дюамеля и правого преобразования Лапласа	128
12.5. Расчет переходных процессов в сложных цепях при помощи правого преобразования Лапласа	132
12.6. Расчет электрических цепей при воздействии импульсных ЭДС методом правого преобразования Лапласа	134
12.7. Расчет цепи при действии последовательности импульсов путем решения разностных уравнений цепи	139
12.8. Метод z-преобразования	145
12.9. Расчет переходных процессов в электрических цепях методом z-преобразования	148
12.10. О случайных процессах в электрических цепях	151

Вопросы и упражнения к главам 9–12	153
9.1. Общий путь расчета переходных процессов. Метод переменных состояния	153
9.2. Переходные процессы в цепях r, L и r, C	156
9.3. Переходные процессы в цепи r, L, C	158
9.4. Переходные процессы в цепях при мгновенном изменении параметров участков цепи	158
10.1. Операторные изображения функций, их производных и интегралов	159
10.2. Расчет переходных процессов операторным методом	160
11.1. Частотные характеристики непериодических сигналов	163
11.2. Расчет переходных процессов при помощи частотных характеристик сигналов и электрических цепей	165
12.1. Переходные и импульсные характеристики электрических цепей	165
12.2. Расчет переходных процессов в цепях при помощи интеграла Дюамеля	167
12.3. Расчет переходных процессов в цепях при действии последовательности импульсов	168
Глава 13. Анализ общих свойств четырехполюсников	170
13.1. Различные виды уравнений четырехполюсника	170
13.2. Эквивалентные схемы четырехполюсника	174
13.3. Экспериментальное определение параметров четырехполюсника	175
13.4. Соединения четырехполюсников и матричная запись уравнений четырехполюсника	176
13.5. Передаточные функции четырехполюсников	178
13.6. Дифференцирующие и интегрирующие цепи	183
13.7. Обратные связи	185
13.8. Активный четырехполюсник	187
13.9. Чувствительность характеристик электрических цепей к изменению параметров элементов	189
Глава 14. Цепные схемы. Электрические фильтры. Структурные схемы	192
14.1. Характеристические параметры четырехполюсника	192
14.2. Передаточные функции согласованных цепных схем	195
14.3. Электрические фильтры	196
14.4. Электрические фильтры нижних частот типа k	199

14.5. Электрические фильтры нижних частот типа m	201
14.6. Метод преобразования частоты. Электрические фильтры верхних частот. Полосовые электрические фильтры	203
14.7. Структурные схемы	205
14.8. К вопросу об устойчивости в электрических цепях.	208
Вопросы упражнения и задачи к главам 13–14	212
13.1. Уравнения и системы параметров четырехполюсников	212
13.2. Схемы, эквивалентные четырехполюснику.	214
13.3. Экспериментальное определение параметров четырехполюсника . . .	214
13.4. Соединение четырехполюсников	215
13.5. Передаточные функции четырехполюсников	216
13.6. Обратные связи	219
14.1. Характеристические параметры четырехполюсника	220
14.2. Электрические фильтры	222
14.3. Электрические фильтры нижних частот типов k и m	224
14.4. Электрические фильтры нижних частот.	225
14.5. Устойчивость в электрических цепях.	225
Глава 15. Синтез электрических цепей	228
15.1. Задача синтеза электрических цепей.	228
15.2. Свойства входных функций пассивных электрических цепей	229
15.3. Представление входных функций в виде простых дробей	231
15.4. Реализация входных функций двухполюсника, имеющих вещественные и мнимые корни знаменателя, при помощи разложения этих функций на простые дроби.	232
15.5. Реализация входных функций двухполюсника, имеющих только мнимые корни знаменателя, при помощи представления этих функций в виде цепных дробей.	236
15.6. Синтез входной функции двухполюсника в общем случае. Проверка отсутствия нулей и полюсов в правой полуплоскости.	242
15.7. Синтез входной функции двухполюсника в общем случае. Проверка условия положительности функции $\operatorname{Re} [F(p)] \geq 0$ при $\operatorname{Re} (p) = \sigma \geq 0$	244
15.8. Синтез входной функции двухполюсника в общем случае. Реализация заданных функций, имеющих вещественные, мнимые и комплексные корни.	247
15.9. О синтезе передаточных функций четырехполюсника	251

Глава 16. Диагностика электрических цепей.	254
16.1. Задачи и методы диагностики электрических цепей.	254
16.2. Диагностика пассивных цепей методом узловых сопротивлений	256
16.3. Диагностика пассивных цепей обобщенным методом узловых сопротивлений	262
16.4. Использование метода узловых сопротивлений для диагностики активных электрических цепей	264
16.5. Диагностика электрических цепей в условиях неполноты и противоречивости исходных данных.	265
16.6. Диагностики электрических цепей, обладающих жесткими математическими моделями.	267
Глава 17. Электрические цепи с распределенными параметрами при установившемся режиме	275
17.1. Электрические цепи с распределенными параметрами.	275
17.2. Уравнения линии с распределенными параметрами	276
17.3. Решение уравнений однородной линии при установившемся синусоидальном режиме	278
17.4. О моделировании однородной линии цепной схемой	280
17.5. Бегущие волны	280
17.6. Характеристики однородной линии. Условия для неискажающей линии	283
17.7. Однородная линия при различных режимах работы	284
17.8. Линии без потерь	287
Глава 18. Электрические цепи с распределенными параметрами при переходных процессах.	291
18.1. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами	291
18.2. Решение уравнений однородной неискажающей линии при переходном процессе классическим методом	291
18.3. Решение уравнений однородной неискажающей линии при переходном процессе операторным методом	294
18.4. Волны в неискажающей линии	296
18.5. О происхождении и характере волн в линиях	298
18.6. Преломление и отражение волн в месте сопряжения двух однородных линий.	299
18.7. Отражение волн от конца линии	301
18.8. Процесс включения однородной линии	304

18.9. Прохождение волн при наличии реактивного сопротивления в месте сопряжения однородных линий.	306
18.10. Прохождение волн при наличии активного сопротивления в месте сопряжения однородных линий.	309
Вопросы, упражнения и задачи к главам 15–18	312
15.1. Синтез двухполюсников	312
15.2. Синтез четырехполюсников.	312
17.1. Расчет установившихся режимов длинной линии	313
17.2. Неискажающая длинная линия	315
17.3. Режимы холостого хода и короткого замыкания длинной линии	316
18.1. Переходные процессы в одной длинной линии	317
18.2. Переходные процессы при соединении нескольких длинных линий	318
18.3. Отражение волн от конца длинной линии	320
 ЧАСТЬ III. ТЕОРИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ	
Глава 19. Элементы нелинейных электрических цепей, их характеристики и параметры	323
19.1. Особые свойства нелинейных электрических цепей.	323
19.2. Элементы электрической цепи с нелинейными сопротивлениями, их параметры и характеристики	325
19.3. Симметричные и несимметричные характеристики элементов с нелинейными сопротивлениями	327
19.4. Инерционные и безынерционные элементы с нелинейным сопротивлением	332
19.5. Характеристики элементов с нелинейным сопротивлением, позволяющие осуществить стабилизацию тока или напряжения	333
19.6. Полупроводниковые диоды как нелинейные элементы электрической цепи	335
19.7. Управляемые нелинейные элементы. Ионный прибор с управляющим электродом	342
19.8. Управляемые нелинейные элементы. Трехэлектродная электронная лампа	343
19.9. Трехэлектродная электронная лампа как элемент электрической цепи	344
19.10. Управляемые нелинейные элементы. Полупроводниковые триоды	346
19.11. Полупроводниковый триод как элемент электрической цепи	349

19.12. Управляемые нелинейные элементы. Тиристоры	354
19.13. Нелинейные свойства ферромагнитных материалов.	355
19.14. Нелинейные характеристики и параметры катушки с сердечником из ферромагнитного материала	361
19.15. Конденсаторы с нелинейной характеристикой	363
19.16. Источники ЭДС и источники тока с нелинейными характеристиками.	366
Глава 20. Расчет нелинейных электрических и магнитных цепей при постоянном токе	368
20.1. О расчете нелинейных электрических цепей при постоянном токе. . .	368
20.2. Последовательное, параллельное и смешанное соединения участков электрической цепи, содержащих нелинейные элементы и не содержащих источников ЭДС.	369
20.3. Последовательное, параллельное и смешанное соединения участков электрической цепи, содержащих нелинейные элементы и источники ЭДС.	372
20.4. Расчет сложной электрической цепи с одним нелинейным элементом	374
20.5. Расчет сложной электрической цепи с двумя нелинейными элементами	376
20.6. Расчет сложной электрической цепи с тремя нелинейными элементами.	377
20.7. Расчет сложной нелинейной цепи постоянного тока численными методами	380
20.8. Составление системы нелинейных уравнений электрической цепи постоянного тока при условии обеспечения единственности решения.	384
20.9. Аналитическое исследование особых свойств нелинейных электрических цепей постоянного тока при малых отклонениях от заданного режима	388
20.10. Законы и параметры магнитных цепей.	392
20.11. Расчет магнитной цепи с последовательным соединением участков	395
20.12. Расчет разветвленных магнитных цепей	397
20.13. О расчете постоянных магнитов	399
20.14. О расчете магнитных цепей с постоянными магнитами	400

Глава 21. Нелинейные электрические и магнитные цепи при периодических процессах	402
21.1. Особенности периодических процессов в электрических цепях с инерционными нелинейными элементами.	402
21.2. Процессы в цепи с индуктивным инерционным электрохимическим элементом	404
21.3. Особенности периодических процессов в цепях с безынерционными нелинейными элементами. Метод эквивалентных синусоид.	406
21.4. Формы кривых тока, магнитного потока и ЭДС в катушке с ферромагнитным сердечником	407
21.5. Потери в сердечниках из ферромагнитного материала	409
21.6. Эквивалентные синусоиды и зависимость между потокосцеплением и током.	410
21.7. Уравнение, векторная диаграмма и эквивалентная схема катушки с ферромагнитным сердечником	411
21.8. Комплексное магнитное сопротивление магнитной цепи	412
21.9. Уравнения, векторная диаграмма и эквивалентная схема трансформатора с ферромагнитным сердечником	413
21.10. Графический метод расчета, основанный на введении эквивалентных синусоид	416
21.11. Явление феррорезонанса при последовательном соединении катушки с ферромагнитным сердечником и конденсатора	417
21.12. Явление феррорезонанса при параллельном соединении катушки с ферромагнитным сердечником и конденсатора	420
21.13. Ферромагнитные стабилизаторы напряжения	421
21.14. Управляемые индуктивные элементы нелинейной цепи. Ферромагнитный усилитель мощности	423
21.15. Метод гармонического баланса для расчета периодических процессов в нелинейных цепях	424
21.16. Выделение высших гармоник в нелинейных цепях с целью преобразования частоты	427
21.17. Умножение частоты с помощью ферромагнитных элементов, основанное на выделении гармоник нулевой последовательности.	427
21.18. Расчет процессов в цепи методом сопряжения интервалов при кусочно-линейной аппроксимации характеристик нелинейных элементов.	429

21.19. О расчете нелинейных цепей с вентилями. Выпрямление переменного тока	430
21.20. Регулирование выпрямителей и преобразование постоянного тока в переменный с помощью управляемых вентилей . . .	432
21.21. Конденсаторы с нелинейными характеристиками в цепи переменного тока	436
21.22. О коэффициенте мощности при питании нелинейной цепи от источника синусоидального напряжения.	438
Глава 22. Элементы теории колебаний и методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях.	439
22.1. Особенности колебательных процессов в нелинейных электрических цепях.	439
22.2. Устойчивость режима в цепи с индуктивностью и нелинейным сопротивлением, питаемой от источника постоянного напряжения	439
22.3. Устойчивость режима в цепи с емкостью и нелинейным сопротивлением, питаемой от источника постоянного напряжения	441
22.4. О выборе эквивалентной схемы для рассмотрения вопроса об устойчивости	442
22.5. Общие соображения об устойчивости режима в сложных нелинейных электрических цепях, питаемых от источников постоянного напряжения	444
22.6. Возбуждение автоколебаний в нелинейной системе с обратной связью. Транзисторный генератор	448
22.7. Релаксационные колебания	453
22.8. Методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях.	455
22.9. Метод графического интегрирования для расчета переходного процесса в нелинейной цепи.	456
22.10. Аналитический метод расчета переходных процессов, основанный на приближенном аналитическом выражении характеристики нелинейного элемента	460
22.11. Метод последовательных интервалов для расчета переходных процессов в нелинейной цепи	463
22.12. Метод расчета переходных процессов в нелинейной цепи, основанный на условной линеаризации уравнения цепи	466
22.13. Изображение переходных процессов на фазовой плоскости.	468

22.14. Метод изоклин для построения фазовых траекторий и расчета переходных процессов	472
22.15. Метод медленно меняющихся амплитуд — метод Ван-дер-Поля	475
22.16. Частотные свойства нелинейных цепей	480
22.17. Значение нелинейных электрических цепей в современной технике	481
Вопросы, задачи и упражнения к главам 19–22	482
19.1. Параметры элементов нелинейных электрических цепей	482
19.2. Транзистор как элемент электрической цепи	482
19.3. Нелинейные свойства ферромагнитных материалов	484
19.4. Аппроксимация нелинейных характеристик	485
20.1. Последовательное, параллельное и смешанное соединение нелинейных элементов электрических цепей.	485
20.2. Методы расчета нелинейных электрических цепей	486
20.3. Нелинейные магнитные цепи.	488
21.1. Формы кривых тока и напряжения в нелинейных цепях. Метод эквивалентных синусоид.	489
21.2. Катушка и трансформатор с ферромагнитным сердечником. Явление феррорезонанса	490
21.3. Методы гармонического баланса и кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик	492
22.1. Устойчивость состояния равновесия	492
22.2. Автоколебания в нелинейных электрических цепях	493
22.3. Расчет переходных процессов в нелинейных цепях	494
22.4. Метод фазовой плоскости	496
Ответы на вопросы, решения упражнений и задач	497
9.1. Общий путь расчета переходных процессов. Метод переменных состояния	497
9.2. Переходные процессы в цепях r, L и r, C	500
9.3. Переходные процессы в цепи r, L, C	501
9.4. Переходные процессы в цепях при мгновенном изменении параметров участков цепи	502
10.1. Операторные изображения функций, их производных и интегралов	502
10.2. Расчет переходных процессов операторным методом	503

11.1. Частотные характеристики непериодических сигналов	507
11.2. Расчет переходных процессов при помощи частотных характеристик сигналов и электрических цепей	509
12.1. Переходные и импульсные характеристики электрических цепей.	510
12.2. Расчет переходных процессов в цепях при помощи интеграла Дюамеля	512
12.3. Расчет переходных процессов в цепях при действии последовательности импульсов.	514
13.1. Уравнения и системы параметров четырехполюсников	516
13.2. Схемы, эквивалентные четырехполюснику.	519
13.3. Экспериментальное определение параметров четырехполюсника	521
13.4. Соединение четырехполюсников	522
13.5. Передаточные функции четырехполюсников	523
13.6. Обратные связи	529
14.1. Характеристические параметры четырехполюсника	530
14.2. Электрические фильтры	532
14.3. Электрические фильтры нижних частот типов k и m	534
14.4. Электрические фильтры нижних частот.	536
14.5. Устойчивость в электрических цепях.	537
15.1. Синтез двухполюсников	540
15.2. Синтез четырехполюсников.	541
17.1. Расчет установившихся режимов длинной линии	541
17.2. Неискажающая длинная линия	542
17.3. Режимы холостого хода и короткого замыкания длинной линии	543
18.1. Переходные процессы в одной длинной линии	544
18.2. Переходные процессы при соединении нескольких длинных линий	545
18.3. Отражение волн от конца длинной линии	548
19.1. Параметры элементов нелинейных электрических цепей	552
19.2. Транзистор как элемент электрической цепи.	553
19.3. Нелинейные свойства ферромагнитных материалов	555
19.4. Аппроксимация нелинейных характеристик	556
20.1. Последовательное, параллельное и смешанное соединение нелинейных элементов электрических цепей.	557
20.2. Методы расчета нелинейных электрических цепей	558

20.3. Нелинейные магнитные цепи.	558
21.1. Формы кривых тока и напряжения в нелинейных цепях. Метод эквивалентных синусоид.	559
21.2. Катушка и трансформатор с ферромагнитным сердечником. Явление феррорезонанса	559
21.3. Методы гармонического баланса и кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик	560
22.1. Устойчивость состояния равновесия	561
22.2. Автоколебания в нелинейных электрических цепях	561
22.3. Расчет переходных процессов в нелинейных цепях	562
22.4. Метод фазовой плоскости	565
Алфавитный указатель.	566