



А. М. Пилипенко

# Основы анализа цепей с распределенными параметрами

учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-технологическая академия

**А. М. ПИЛИПЕНКО**

**ОСНОВЫ АНАЛИЗА ЦЕПЕЙ  
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

*Учебное пособие*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2021

УДК 621.372 (075.8)

ББК 32.84я73

П324

*Печатается по решению кафедры теоретических основ радиотехники  
Института радиотехнических систем и управления  
Южного федерального университета  
(протокол № 9 от 28 апреля 2021 г.)*

**Рецензенты:**

профессор кафедры «Радиоэлектронные и электротехнические системы  
и комплексы» Института сферы обслуживания и предпринимательства  
(филиала) Донского государственного технического университета,  
доктор технических наук, профессор *В. И. Марчук*

доцент кафедры антенн и радиопередающих устройств  
Инженерно-технологической академии  
Южного федерального университета,  
кандидат технических наук *А. В. Демьяненко*

**Пилипенко, А. М.**

П324 Основы анализа цепей с распределенными параметрами : учебное пособие / А. М. Пилипенко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – 115 с.

ISBN 978-5-9275-3954-3

В учебном пособии представлены материалы лекционных и практических занятий по следующим разделам дисциплины «Основы теории цепей»: «Общие сведения о цепях с распределенными параметрами»; «Режимы работы длинной линии»; «Частотные характеристики длинной линии»; «Переходные процессы в длинной линии».

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 11.03.01 «Радиотехника» и 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

УДК 621.372 (075.8)

ББК 32.84я73

ISBN 978-5-9275-3954-3

© Южный федеральный университет, 2021

© Пилипенко А. М., 2021

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЦЕПЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ .....	6
1.1. Конструкции длинных линий .....	6
1.2. Многозвенная модель длинной линии .....	8
1.3. Классификация длинных линий .....	9
1.4. Телеграфные уравнения .....	10
1.5. Общее решение дифференциальных уравнений длинной линии при гармоническом воздействии .....	11
1.6. Физический смысл волновых параметров линии .....	18
1.7. Связь погонных и волновых параметров длинных линий с их физическими размерами .....	21
1.8. Моделирование длинной линии многозвенной цепью с сосредоточенными параметрами .....	26
2. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ДЛИННОЙ ЛИНИИ .....	30
2.1. Коэффициент отражения линии .....	30
2.2. Уравнения передачи длинной линии .....	31
2.3. Режим бегущих волн .....	34
2.4. Режим стоячих волн .....	36
2.5. Режим смешанных волн .....	43
2.6. Энергетические соотношения в длинной линии без потерь ...	46
3. ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛИННОЙ ЛИНИИ .....	48
3.1. Общие сведения о четырехполюсниках .....	48
3.2. Длинная линия как четырехполюсник .....	50
3.3. Входное сопротивление отрезка длинной линии .....	53
3.4. Применение отрезков длинных линий .....	57
3.5. Согласование длинной линии с нагрузкой .....	59
3.6. Коэффициент передачи по напряжению отрезка длинной линии при произвольной внешней нагрузке .....	64
3.7. Волновые уравнения длинной линии .....	67



4. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕПЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ .....	71
4.1. Напряжение на выходе линии при согласованной нагрузке ...	71
4.2. Подключение разомкнутого на конце отрезка линии к источнику постоянного напряжения .....	74
4.3. Физическое описание переходных процессов в длинной линии .....	76
4.4. Преобразования импульсных сигналов в длинной линии при рассогласовании .....	77
4.5. Применение операторного метода для анализа переходных процессов в длинных линиях .....	80
5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА .....	89
5.1. Контрольные вопросы .....	89
5.2. Практические задачи .....	91
5.3. Примеры решения задач .....	96
5.4. Тестовые задания .....	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	114