

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.Н. ЯКОВЛЕВ

ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2010

УДК 621.372(075.8)
Я 474

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. *С.П. Новицкий*
д-р техн. наук, проф. *В.П. Разинкин*

Яковлев А.Н.

Я 474 Преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях : учеб. пособие / А.Н. Яковлев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. – 190 с.

ISBN 978-5-7782-1374-6

Учебное пособие содержит изложение вопросов преобразования сигналов в нелинейных радиотехнических цепях. Эти вопросы составляют часть курса «Радиотехнические цепи и сигналы».

Для студентов радиотехнических специальностей факультета радиотехники и электроники и других факультетов, где теория радиотехнических цепей и сигналов изучается как важнейшая составная часть соответствующих курсов.

УДК 621.372(075.8)

ISBN 978-5-7782-1374-6

© Яковлев А.Н., 2010
© Новосибирский государственный
технический университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	3
ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ И МЕТОДАХ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ	5
1.1. Общие сведения о цепях	5
1.2. Задачи исследования прохождения сигналов через радиоцепи ...	13
1.3. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов	15
2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА НЕЛИ- НЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ. МЕТОДЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА	24
2.1. Общий подход при гармоническом воздействии	24
2.2. Методы с использованием формул трех и пяти ординат	25
2.3. Метод с использованием тригонометрических формул кратных аргументов	28
2.4. Метод с использованием модифицированных функций Бесселя .	29
2.5. Метод с использованием угла отсечки и функций Берга	30
2.6. Метод с использованием функций Бесселя	35
2.7. Бигармоническое воздействие на НЭ. Комбинационные состав- ляющие	36
3. ВОЗДЕЙСТВИЕ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕ- СОВ НА БЕЗЫНЕРЦИОННЫЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ .	39
3.1. Плотность вероятности	39
3.2. Моменты распределения	46
4. НЕЛИНЕЙНЫЕ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ.....	48
4.1. Нелинейные преобразования	48
4.2. Функциональные преобразователи	50
5. НЕЛИНЕЙНОЕ РЕЗОНАНСНОЕ УСИЛЕНИЕ.....	54
5.1. Нелинейное усиление	54
5.2. Усиление АМК	60
5.3. Усиление с использованием АПС.....	60

6. УМНОЖЕНИЕ ЧАСТОТЫ	62
6.1. Резонансный умножитель частоты	62
6.2. Другие подходы к умножению частоты	64
6.3. Задача синтеза умножителя.....	66
7. АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ	68
7.1. Общие замечания	68
7.2. Амплитудная модуляция с использованием управляемого НЭ ...	70
7.3. Линейные искажения	77
7.4. Балансная модуляция	82
7.5. Амплитудная модуляция с использованием АПС	84
7.6. Однополосная модуляция	85
7.7. Полярная модуляция	87
7.8. Квадратурная амплитудная модуляция	90
8. ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ	91
8.1. Общие замечания	91
8.2. Детектирование с использованием управляемого НЭ	92
8.3. Диодное детектирование	96
8.4. Сравнение детектора с использованием НЭ и диодного детектора	103
8.5. Детектирование с использованием АПС. Синхронное детектирование	104
9. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ	106
9.1. Общие замечания	106
9.2. Преобразование частоты с использованием управляемого НЭ	107
9.3. Преобразование частоты с использованием АПС	109
9.4. Применение преобразования частоты	110
10. ЦЕПИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ	113
10.1. Передаточная функция цепи с ОС	113
10.2. Влияние ОС на стабильность усиления	118
10.3. Устойчивость цепей с ОС	119
10.4. Гребенчатые фильтры	123
11. ГЕНЕРИРОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	128
11.1. Общие сведения	128
11.2. НЭ и цепь ОС как отрицательное сопротивление	130
11.3. Дифференциальное уравнение генератора. Режим самовозбуждения (линейный режим)	132

11.4. Стационарный режим (нелинейный)	134
11.5. Зависимость режима генерации от выбора рабочей точки. Ав- тосмещение	137
11.6. Частота генерируемых колебаний	139
11.7. <i>LC</i> -генераторы с внешней ОС	143
11.8. <i>LC</i> -генератор с внутренней ОС	147
11.9. <i>RC</i> -генераторы	150
11.10. Сравнение <i>RC</i> - и <i>LC</i> -генераторов	155
12. ПОЛУЧЕНИЕ И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ УГЛО- ВОЙ МОДУЛЯЦИИ	161
12.1. Частотная модуляция в автогенераторе	161
12.2. Фазовая модуляция	163
12.3. Детектирование ЧМ и ФМ сигналов	167
12.4. Частотные детекторы	168
12.5. Фазовые детекторы	176
12.6. Модуляция при передаче цифровых сигналов	179
Библиографический список	186