

# Оглавление

Введение .....	3
<b>1. Радиорелейная связь и области применения ЦРРЛ ..</b>	<b>5</b>
1.1. История развития аналоговых радиорелейных линии связи .....	5
1.2. Цифровые радиорелейные линии связи .....	8
1.3. Области применения цифровых радиорелейных систем .....	12
1.4. Перспективы развития ЦРРЛ .....	16
Контрольные вопросы .....	17
Литература .....	18
<b>2. Основные принципы построения ЦРРЛ .....</b>	<b>19</b>
2.1. Общие принципы построения .....	19
2.2. Многоствольные ЦРРЛ .....	28
2.3. Частотные планы ЦРРЛ .....	29
2.4. Антенны ЦРРЛ .....	32
2.5. Антенно-волноводные тракты ЦРРЛ .....	36
2.6. Выбор трассы и мест расположения станций ЦРРЛ ..	41
2.6.1. Нормирование качественных показателей ЦРРЛ ...	41
2.6.2. Гипотетические эталонные цифровые тракты .....	44
2.6.3. Нормы на показатели качества и готовности .....	45
2.6.4. Выбор трассы ЦРРЛ и местоположения РРС .....	47
Контрольные вопросы .....	51
Литература .....	52
<b>3. Оборудование современных ЦРРЛ .....</b>	<b>53</b>
3.1. Основные типы ЦРРЛ .....	53
3.2. Структурные схемы цифровых РРС .....	54
3.2.1. Мультиплексирование .....	55
3.2.2. Скремблирование и кодирование .....	59
3.2.3. Модуляция .....	60
3.3. Характерные особенности оборудования цифровых РРС, выполненные на основе современных достижений .....	61
3.3.1. Повышение пропускной способности магистральных высокоскоростных ЦРРЛ .....	62
3.3.2. Оборудование среднескоростных универсальных ЦРРЛ для городской и внутризоновой связи .....	64

3.3.3. Низкоскоростные ЦРРЛ с временным дуплексом ..	67
3.3.4. ЦРРЛ для технологической связи на трубопроводах .....	68
3.4. Управление и обслуживание на сетях ЦРРЛ .....	69
3.4.1. Управление сетью ЦРРЛ .....	69
3.4.2. Особенности обслуживания .....	70
3.5. Выбор оборудования для конкретного проекта РРЛ ..	72
Контрольные вопросы .....	74
Литература .....	75
<b>4. Расчет трасс ЦРРЛ .....</b>	<b>76</b>
4.1. Расчёт множителя ослабления на пролете .....	76
4.1.1. Расчёт множителя ослабления на трассе прямой видимости .....	77
4.1.2. Влияние кривизны земной поверхности .....	78
4.1.3. Открытые пролеты .....	81
4.1.4. Полуоткрытые и закрытые пролеты .....	83
4.1.5. Учёт влияния атмосферы Земли .....	86
4.2. Расчет мощности сигнала на входе приемника РРС ..	90
4.2.1. Расчёт мощности сигнала на входе приёмника на открытых пролеты с большим перепадом высот мест установки антенн .....	92
4.3. Расчет минимально-допустимого множителя ослабления .....	93
4.3.1. Минимально-допустимый множитель ослабления в условиях общих («плоских») замираний .....	93
4.3.2. Минимально-допустимый множитель ослабления с учетом влияния селективности замираний .....	101
4.4. Расчет устойчивости работы ЦРРЛ при одиарном приеме .....	109
4.4.1. Общие соотношения .....	109
4.4.2. Расчет устойчивости работы пролета ЦРРЛ при одиарном приеме .....	111
4.4.2.1. Расчет суммарной неустойчивости пролета ....	111
4.4.2.2. Учёт состояния готовности и неготовности пролета .....	113
4.4.2.3. Расчёт составляющей, обусловленной влиянием интерференционных замираний .....	117
4.4.2.4. Расчёт составляющей, обусловленной влиянием субрефракции .....	122
4.5. Учет эффективности разнесенного приема .....	131
4.5.1. Пространственно-разнесенный прием .....	131
4.5.2. Частотно-разнесенный прием .....	135
4.5.3. Учет влияния внутрисистемных помех .....	139

4.5.4. Определение высот подвеса антенн .....	143
4.5.4.1. Выбор просветов на пересеченных пролетах ЦРРЛ .....	144
4.5.4.2. Выбор просветов на слабопересеченных пролетах ЦРРЛ .....	147
4.6. Расчёт устойчивости работы ЦРРЛ в диапазонах частот выше 8 ГГц .....	148
4.6.1. Затухание сигнала в гидрометеорах .....	148
4.6.2. Затухание сигнала в газах тропосферы на частотах выше 10 ГГц .....	154
4.6.3. Расчёт устойчивости работы ЦРРЛ в диапазоне частот выше 8 ГГц .....	156
4.6.4. Алгоритм расчёта времени неустойчивости работы РРЛ из-за влияния дождей и атмосферных газов .....	164
4.7. Особенности расчета устойчивости работы ЦРРЛ, проходящих в горной местности .....	165
4.8. Алгоритм расчёта времени неустойчивости работы участка резервирования и всей ЦРРЛ .....	168
Контрольные вопросы .....	170
Литература .....	170
<b>5. Обеспечение межсистемной ЭМС ЦРРЛ .....</b>	<b>172</b>
5.1. Учёт влияния межсистемных мешающих сигналов ...	172
5.1.1. Общая характеристика электромагнитной обстановки, относящейся к ЦРРЛ .....	172
5.1.2. Причины возникновения и структура межсистемных МС, воздействующих на ЦРРЛ .....	174
5.1.3. Определение допустимых значений показателей ЭМС для проектируемой ЦРРЛ .....	177
5.2. Методика анализа межсистемной ЭМС ЦРРЛ с другими СРС .....	180
5.2.1. Общие положения методики .....	180
5.2.2. Этапы анализа межсистемной ЭМС ЦРРЛ .....	187
5.3. Методы расчета потерь распространения МС .....	191
5.3.1. Классификация зон и трасс распространения МС ..	191
5.3.2. Расчет потерь распространения МС на открытых трассах .....	195
5.3.3. Расчет потерь распространения МС на полузакрытых трассах .....	197
5.3.4. Расчет потерь распространения МС на закрытых трассах .....	203
5.3.5. Расчет потерь МС из-за экранирования местными препятствиями в точках передачи и приема .....	210
5.3.6. Расчет потерь распространения МС из-за рассеяния дождем .....	212

5.4. Алгоритм анализа межсистемной ЭМС ЦРРЛ .....	220
5.5. Примеры расчета .....	223
Контрольные вопросы .....	244
Литература .....	245
<b>6. Проектирование ЦРРЛ при помощи программного комплекса .....</b>	<b>246</b>
6.1. Программный модуль ProfEdit 3.0 .....	247
6.1.1. Назначение и основные возможности .....	247
6.1.2. Инсталляция .....	248
6.1.3. Первоначальный запуск и установка основных параметров ProfEdit 3.0 .....	249
6.1.4. Построение, редактирование, просмотр и сохранение продольного профиля пролёта РРЛ .....	251
6.2. Программный модуль для расчета качественных показателей цифровых радиорелейных линий DRRL 5.1 ..	256
6.2.1. Назначение .....	256
6.2.2. Системные требования, инсталляция и запуск .....	256
6.2.3. Работа с программным модулем DRRL .....	257
6.2.4. Рекомендации по пространственному разнесу антенн ..	276
6.2.5. Расчет дифракционного ослабления .....	280
6.3. Примеры расчётов качественных показателей РРЛ ..	287
Литература .....	292
Список сокращений .....	293
Список обозначений .....	296
Приложение 1 .....	309
Приложение 2 .....	315
Приложение 3 .....	320
Приложение 4 .....	325