ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

1. Привести краткую характеристику используемой аппаратуры и основные

технические данные.

1. Выбрать число узловых и промежуточных станций. Определить длину всех

пролетов. Разработать структурную схему линий.

1. Рассчитать и построить планы распределения частот приема и передачи.
2. определить высоты подвеса антенн на заданном пролете. Рассчитать устойчивость связи
3. Рассчитать ожидаемую мощность шумов на выходе канала тональной частоты и отношение сигнал/шум на выходе ТВ канала.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1 |
| hi | 70 | 48 | 43 | 53 | 63 | 64 | 60 | 56 | 44 | 50 | 72 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | длина пролета  R0, км | g\*10-8 1/м | σ\*10-8 1/м | Длина трассы,  км | Число каналов  ТФ | Тип аппаратуры |
| 15 | 39 | -10 | 10,5 | 560 | 240 | КУРС-2 |

СОДЕРЖАНИЕ

1. Характеристика используемой аппаратуры.

Основные технические данные. 3

1. Выбор числа узловых и промежуточных станций.

Определение длины пролетов. Разработка структурной схемы линии. 4

2.1. Выбор числа узловых и промежуточных станций. 4

2.2. Определение длины всех пролетов. 4

1. План распределения частот приема и передачи. 6
2. Определение высот подвеса антенн на заданном пролете. Расчет

устойчивости связи. 7

4.1. Выбор высоты подвеса антенн. 7

1. Минимально допустимый множитель ослабления. 9
2. Суммарная вероятность ухудшения качества связи. 10
3. Расчет устойчивости связи на РРЛ. 12
4. Расчет ожидаемой мощности шумов на выходе канала тональной

частоты и отношение сигнал-шум на выходе ТВ канала. 13

1. Расчет мощности шумов на выходе ТФ канала. 13
2. Расчет сигнал-шум на выходе ТВ канала. 14

6. Литература. 15

1. ХАРАКТИРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ АППАРАТУРЫ.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ.

Система КУРС-2, предназначена для организации внутризоновых РРЛ протяженностью до 600 км с универсальными ВЧ стволами, одинаково пригодными как для передачи сигналов многоканальных ТФ сообщений, так и для передачи сигналов цветного или черно-белого телевидения с двумя каналами звукового сопровождения первого класса.

Максимальная емкость телефонного ствола 300 ТФ каналов. Система обеспечивает передачу ТВ программ на мощные ретрансляционные станции, развитие внутризоновой междугородней телефонной связи, а также может быть использована на ответвлениях от магистральных РРЛ. Число стволов на РРЛ может быть от двух до восьми. Система укомплектована перископической антенной типа ПАС. В качестве фидера используется коаксиальный кабель

РК-75-24-32.

Основные технические данные аппаратуры КУРС-2

Таблица 1.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Измерение | Данные |
| Диапазон частот | ГГц | 1,7-2,1 |
| Средняя длина волны | см | 15,8 |
| Число ТФ каналов в системе |  | 300+2 ШВ |
| Коэффициент системы:   * ТФ ствола * ТВ ствола | дБ  дБ | 153,8  152,8 |
| Мощность шумов вносимых элементами аппаратуры  в ТФ канале:   * мощность тепловых шумов, вносимые гетеродинами * мощность тепловых и нелинейных шумов, вносимые модемами * нелинейные шумы в верхнем ТФ канале за счет: * группового тракта * ВЧ канала * тепловые шумы в канале яркости (Uрс = 700 мВ) * гетеродинов * модема | пВт0  пВт0  пВт0  пВт0  мВ  мВ | 5  15  20  25  0,07  0,14 |
| Коэффициент усиления антенны ПАС | дБ | 31-32 |
| Погонное затухание коаксиального кабеля РК-75-24 32 | дБ/м | 0,08 |

2. ВЫБОР ЧИСЛА УЗЛОВЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СТАНЦИЙ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ПРОЛЕТОВ. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ

СХЕМЫ ЛИНИИ.

2.1. Выбор числа узловых и промежуточных станций.

Исходя из технического задания на курсовую работу выбор трассы должен сходить из среднего значения g и стандартного отклонения  вертикального градиента диэлектрической проницаемости тропосферы. В нашем варианте

g = -10\*10-8 1/м,  = 10,5\*10-8 1/м. По Л1 табл.1.1 находим район в котором

g и  совпадает со значениями в техническом задании - Украина.

Длина трассы по заданию L = 560 км, перенесем ее на карту Л3 и находим два города на удалении 560 км по прямой (Львов - Гомель). В этих городах будут расположены оконечные станции ОРС.

Промежуточные станции ПРС целесообразно ставить вдоль железных или автомобильных дорог, чтобы был подъезд к станциям.

На нашей трассе число промежуточных станций получилось = 13.

Узловые станции УРС расставим в крупных населенных пунктах. На трассе число узловых станций получилось = 4.

1. Определение длины всех пролетов

По заданию длина пролета R0 = 39 км, но используемая аппаратура КУРС-2 имеет среднюю длину пролета R0 ср = 47 км, поэтому дешевле будет выбрать наибольшую среднюю длину пролета и тем самым мы уменьшим число станций.

На нашей трассе с учетом «зигзагообразости» минимальная длина пролета

R0 min = 40 км, максимальная длина пролета R0 max = 45 км. Средняя длина пролета Rсред = 43,6 км.

Структурная схема линии приведена на рис. 2.1

1. ПЛАН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТ ПРИЕМА И ПЕРЕДАЧИ

Основной частотный план системы КУРС-2 позволяет работать как с использованием двухчастотного, так и использование четырехчастотного плана. При проектировании заданной трассы РРЛ было выполнено условие «зигзагообразности», поэтому в данном случае исключено влияние помех от станций расположенных через три-пять пролетов, что позволяет использовать двухчастотный план распределения частот. В соответствии с планом частот системы КУРС-2 (Л2 табл. 7.1), выберем частоты передачи и приема отдельно для телевизионного и телефонного стволов. Передача сигналов от ОРС1 до ОРС2 будет вестись при вертикальной поляризации радиоволн, в противоположном направлении - горизонтальной поляризации. Разработанный план частот представлен на рис.3.1

1724 1 1937 1937 1 1724 1724 ........... 1724

ОРС1 1782 3 1995 ПРС1 1995 3 1782 ПРС2 1782 ........... 1782 ОРС2

--→ вертикальная поляризация ←-- горизонтальная поляризация

Рис. 3.1 План распределения частот рассчитанной линии РРЛ

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ПОДВЕСА АНТЕНН НА ЗАДАННОМ

ПРОЛЕТЕ. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СВЯЗИ.

4.1. Выбор высоты подвеса антенн.

Основным критерием для расчета высоты подвеса антенн на пролете является условие отсутствия экранировки препятствиями минимальной зоны Френеля при субрефракции радиоволн. Известно, что основная часть энергии передатчика распространяется в сторону приемной антенны внутри минимальной зоны Френеля, представляющий эллипсоид вращения с фокусами в точках передающей и приемной антенн. Рассчитаем радиус минимальной зоны Френеля:

H0= (4.1)

где k=R1/R0; k = 19,5/39 = 0,5 (4.2)

H0= = 22,66 м

На пересеченном пролете, существующий в течении 80% времени должен быть выбран из условия:

H(g+ (4.3)

То есть равен радиусу минимальной зоны Френеля. При этом просвет выбирают с учетом рефракции:

H(g+σ) = H(0) + H(g+σ) (4.4)

где H(g+σ) = -R02/4\*(g+σ)\*k(1-k) (4.5)

H(g+σ) = -(39\*103)2/4\*(-10\*10-8+10,5\*10-8)\*0,5\*0,5 = -0,48 м

H(0) = H0 -H(g+σ) (4.6)

H(0) = 22,66 - (- 0,48) = 23,14 м

H(g+σ) = 23,14 + (- 0,48) = 22,66 м

Таким образом просвет с учетом рефракции:

H(g+σ) = 22,66 м

Высоты подвеса антенн определяются из профиля трассы (рис.4.1). Для этого откладываем по вертикали от критической точки рассчитанный просвет.

h1 = h(0,5) + H(g+σ) - h(0) = 16,66 м (4.7)

h2 = h(0,5) + H(g+σ) - h(1) = 14,66 м (4.8)

4.2. Минимально допустимый множитель ослабления.

Для того чтобы рассчитать минимально допустимый множитель ослабления нужно вычислить постоянные потери мощности сигнала на пролете РРЛ, которые определяются потерями в тракте распространения L0 (потерями в свободном

пространстве) и потерями в антенно-фидерном тракте Lф.

L0 = [λ/(4πR0)]2 (4.9)

L0 = [15,8\*10-2/(4\*3,14\*39\*103 )]2 = 1,04\*10-13

Так как на пролете применяем одинаковые антенны как на передачу так и

на прием, то коэффициент усиления:

Gп = Gпр = G = 31,5 дБ

Находим потери мощности сигнала в антенно-фидерном тракте. Для нашего передатчика мы используем перескопическую антенну (из тех. данных на аппаратуру КУРС-2), то вертикального фидера нет. При этом в качестве горизонтального фидера длиной по 5 м на станцию используется коаксиальный кабель РК-75-24-32 с погонным затуханием αг = -0,08 дБ/м. Потери в элементах антенно-фидерного тракта в соответствии с техническими данными аппаратуры КУРС-2 составляют -2,5 дБ.

Lф = αг\*lг - 2,5 (4.10)

Lф = -0,08\*10 - 2,5 = -3,3 дБ

Lпост = 10lg[λ/(4πR0)]2 + Lф + 2G (4.11)

Lпост = 10lg[15,8\*10-2/(4\*3,14\*39\*103)]2 = -70,13 дБ

Минимально допустимый множитель ослабления для телефонного Vmin тф и телевизионного Vmin тв стволов:

Vmin тф = 44 - Kтф - Lпост (4.12)

Vmin тв = 49 - Kтв - Lпост (4.13)

где Ктф , Ктв - коэффициент системы (табл. 1.1)

Vmin тф = 44 - 153,8 + 70,13 = -39,67 дБ

Vmin тв = 49 - 152,8 + 70,13 = -33,67 дБ

4.3. Суммарная вероятность ухудшения качества связи.

Суммарная вероятность ухудшения качества связи на РРЛ из-за глубоких замираний сигнала на одном из пролетов обуславливается в общем случае тремя причинами:

а) Экранировкой препятствиями минимальной зоны Френеля при

субрефракции радиоволн T0(Vmin)

б) Интерференцией в точке приема прямого луча и лучей отраженных от

слоистых неоднородностей тропосферы Tинт(Vmin)

в) Ослаблением сигнала из-за дождей Тд(Vmin)

Таким образом:

Tпр(Vmin) = T0(Vmin) + Tинт(Vmin) + Tд(Vmin) (4.14)

Определяем среднее значение просвета на пролете:

H(g) = H(0) + H(g) (4.15)

где H(g) = -(R02/4)g\*k(1-k) (4.16)

H(g) = -(39\*103)2/4\*(-10\*10-8)\*0,5\*0,5 = 9,51 м

H(g) = 23,14 + 9,51 = 32,65 м

Относительный просвет:

P(g) = H(g)/H0 = 32,65/22,66 = 1,44 (4.17)

Вероятность ухудшения качества связи на РРЛ из-за экранировки препятствием минимальной зоны Френеля при субрефракции радиоволн зависит от формы верхней части препятствия. Для унификации расчетов принято аппроксимировать препятствие любой формы сферой. Параметр μ, характеризующий аппроксимирующую сферу, определяют следующим образом: проводят прямую АВ параллельно радиолучу на расстоянии y = H0 от вершины препятствия (рис.4.1) и из профиля находят ширину препятствия r.

r = R0 = 39 км

μ =  \*  (4.18)

где l = r/R0 = 39/39 = 1 ; α = y/H0 = 1 (4.19)

μ =  \*  = 0,79

Из графика Л1 рис. 1.5 определяем множитель ослабления V0 при Н(0)=0

V0 = -18 дБ

Рассчитаем значение относительного просвета p(g0) , при котором наступает

глубокое замирание сигнала, вызванное экранировкой препятствием минимальной

зоны Френеля.

p(g0) = (V0 - Vmin)/V0 (4.20)

p(g0) = [ -18 - (-33,67)]/-18 = -0,87

Рассчитаем параметр Ψ

Ψ = 2,31 \* A[p(g) - p(g0)] (4.21)

где А = 1/σ \*  (4.22)

A = 1/10,5\*10-8 \*  = 0,983

ψ = 2,31 \* 0,983 \* [1,44 - (-0,87)] = 5,3

Из графика Л1 рис. 1.6 определяем значение T0(Vmin)

T0(Vmin) ≈ 0 %

Расчет величины Tинт(Vmin) на пересеченном пролете определяется только замираниями из-за отражений радиоволн от слоистых неоднородностей тропосферы.

Tинт(Vmin) = Vmin2 \* T(Δε) (4.23)

где Vmin - в относительных единицах

Vmin = -33,67 дБ

Vmin = 4,3 \* 10-4

T(Δε) = 4,1\*10-4\*ξ\*R0\* (4.24)

где ξ = 1 для сухопутных трасс

R0 - в километрах

f0 - в гигагерцах

T(Δε) = 4,1 \* 10-4 \* 392 \* = 1,63 %

Tинт(Vmin) = (4,3 \* 10-4)2 \* 1,63 = 3 \* 10-7 %

Предельно допустимая интенсивность дождя J для данного пролета определяем

из графика Л1 рис. 1.9 по известному значению Vmin = -33,67 дБ

J > 190 мм/ч

По найденной интенсивности дождя определяем Тд(Vmin) по графику

Л1 рис. 1.10

Тд(Vmin) ≈ 0,00014 %

Суммарная вероятность ухудшения качества по формуле 4.14

Tпр(Vmin) = 0 + 3\*10-7 + 14\*10-5 = 1,4 \* 10-4 %

4.4. Расчет устойчивости связи на РРЛ

После расчета для каждого пролета РРЛ величин Т0(Vmin), Tинт(Vmin), Tд(Vmin)

рассчитывают суммарный процент времени ухудшения качества связи для всей РРЛ:

T∑(Vmin) = T0i(Vmin) + Тинт(Vmin) + Tдi(Vmin) (4.25)

где n - число пролетов проектируемой РРЛ

n = 18

T∑(Vmin) = 18 \* 0 + 18 \* 3 \* 10-7 + 18 \* 14 \* 10-5 = 2,5 \* 10-3 %

Допустимый процент времени ухудшения качества связи для всей РРЛ:

Tдоп(Vmin) = 0,1 % \* L/2500 (4.26)

где L - длина трассы L = 560 км

Тдоп(Vmin) = 0,1 \* 560/2500 = 22,4 \* 10-3

T∑(Vmin) < Tдоп(Vmin)

2,5 \* 10-3 < 22,4 \* 10-3

Таким образом суммарный процент времени ухудшения качества связи для всей РРЛ не превышает допустимого процента.

5. РАСЧЕТ ОЖИДАЕМОЙ МОЩНОСТИ ШУМОВ НА ВЫХОДЕ КАНАЛА

ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ И ОТНОШЕНИЕ СИГНАЛ - ШУМ НА ВЫХОДЕ

ТВ КАНАЛА

5.1. Расчет мощности шумов на выходе ТФ канала

При реальном проектировании РРЛ рассчитывают только Рт(80) для

верхнего ТФ канала:

10 lg Pт(80) = 90 - Ктф - Lпост - V2(80) (5.1)

где Ктф = 153,8 дБ (табл. 1.1)

Lпост = -70,13 дБ из 4.11

V2(80) = -3 дБ (Л1 табл. 1.5)

10 lgPт(80) = 90 - 153,8 + 70,13 + 3 = 9,33

Pт(80) = 8,57 пВт

Мощность шума из-за отражений в АФТ :

РАФТ = РАФТ1 + РАФТ2 (5.2)

где РАФТ1 - мощность шума, обусловленная внутренним волноводом

РАФТ1 = 0,8 пВт (Л2 рис. 1.36)

РАФТ2 - мощность шума, обусловленная внешним волноводом,

не зависит от длины этого волновода и может быть принята равной 5,8 пВт

РАФТ = 0,8 + 5 = 5,8 пВт

Суммарная мощность шума на выходе ТФ канала (в ТОНУ) в конце проектируемой РРЛ :

Рш∑ = Ртi(80) + РВЧi + РАФТ + Ргрk (5.3)

где n - число промежуточных станций на проектируемой РРЛ n = 13;

m - число узловых станций m = 4;

Ргр - нелинейный шум в верхнем ТФ канале за счет группового

тракта Ргр = 20 пВт0 (табл. 1.1)

РВЧ - нелинейный шум в верхнем ТФ канале за счет ВЧ канала

РВЧ = 25 пВт0 (табл. 1.1)

Рш∑ = 111,41 + 325 + 150,8 + 80 = 667,2 пВт

Суммарная мощность шума, рассчитанная по формуле 5.3 сравним с допустимой,

определяемой рекомендациями МККР:

Рш доп(80) = 3L + 200 (5.4)

где L - длина РРЛ, км 280 < L < 840

Рш доп(80) = 3\*560 + 200 = 1880 пВт

Рассчитанная мощность не превышает допустимой

667,2 пВт < 1870 пВт

5.2 Расчет сигнал-шум на выходе ТВ канала

В канале передачи ТВ изображения суммарное отношение шум-сигнал:

(Uш/Uрс)2∑80% = (Uш/Uрс)280% + n(Uш/Uрс)гет + m(Uш/Uрс)мод (5.5)

где n - число пролетов на РРЛ n = 18

m - число участков m = 5

10lg(Uш/Uрс)280% = -(KТВ + Lпост + V(80)) (5.6)

где V(80) = -3 дБ (Л1 табл. 1.5)

КТВ = 152,8 дБ (табл.1.1)

Lпост = -70,13 дБ из формулы 4.11

10lg(Uш/Uрс)280% = -(152,8 - 70,13 - 3) = -79,67 дБ

(Uш/Uрс)280% = 1,1\*10-8 (5.7)

(Uш/Uрс)гет = 0,07/700 = 10-4 (5.8)

(Uш/Uрс)мод = 0,14/700 = 2\*10-4 (5.9)

где Uш гет = 0,07 мВ (табл.1.1)

Uш мод = 0,14 мВ (табл. 1.1)

Uрс = 700 мВ (табл. 1.1)

(Uш/Uрс)2∑80% = 1,98\*10-7 + 1,8\*10-3 + 10-3 = 2,8\*10-3

Рш = -51,1 дБ

Рш доп = 61 + 10lg(2500/L) (5.10)

где L - длина трассы РРЛ L = 560 км

Рш доп = 61 + 10lg(2500/560) = 64 дБ

Таким образом рассчитанная мощность не превышает допустимой.

6. ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Г. Андреянов, Н.И. Андреянова «Системы радиосвязи»

Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. Казань 1996

1. Л.Г. Мордухович, А.П. Степанов «Радиорелейные линии связи»

Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.

Москва «Радио и связь» 1987

1. Атлас автомобильных дорог СССР под редакцией Н.Т. Марковой

Москва 1974