|  |  |
| --- | --- |
| **Космические и наземные системы**  **радиосвязи**  **Контрольная работа** | OblKHPC |

**1 Общие рекомендации**

    Выполнению контрольной работы должно предшествовать изучение соответствующего теоретического материала.

Пояснительную записку брошюруют в виде из листов белой бумаги формата А4. Лицевую сторону обложки оформляют как титульный лист. В начале пояснительной записки помещается задание и оглавление. Рубрикация должна соответствовать пунктам задания. Все расчеты производят по формулам, которые записывают сначала в общем виде с указанием условных обозначений и размерностей, нумеруют по порядку и снабжают ссылками на источники. Список литературы приводится в конце работы.

Иллюстрационный материал выполняется на белой бумаге формата А4 с соблюдением ГОСТ. Страницы, рисунки и таблицы должны быть пронумерованы.

**Тема контрольной работы:** «Расчет параметров спутниковой системы цифрового ТВ - вещания»

**1 Задание**

1. Определить требуемое отношение сигнал/шум на входе земной станции (ЗС) спутниковой системы связи
2. Рассчитать мощность шумов *Рш.вх.ЗС* на входе ЗС.
3. Рассчитать коэффициент потерь свободного пространства Асв на спутниковой линии БР ИСЗ – ЗС.
4. Рассчитать коэффициент усиления GA ЗС, дБ, антенны ЗС, обеспечивающий качественный прием с заданным отношением сигнал/шум.
5. Оценить диаметр антенны ЗС и ширину главного лепестка диаграммы направленности

**2 Методика проведения расчетов**

1. Требуемое отношение сигнал/шум *α2* на входе ЗС (только для участка «Бортовой ретранслятор (БР) ИСЗ – ЗС») должно быть в *b* раз больше заданного *α* для всей спутниковой радиолинии.



Коэффициент запаса по мощности *b* участка «БР ИСЗ – ЗС» связан с коэффициентом запаса *a* участка «Передающая ЗС – БР ИСЗ» при ретрансляции сигнала по радиочастоте



Например, при *α* = 6 и *а* = 10 значение *b* = 10/9 = 1,11 , а отношение



1. Мощность шумов, воздействующих на полезный сигнал, на входе ЗС определяется как

, Вт

где *k* = 1,38 \*10-23 - постоянная Больцмана;

*ТΣ* - эквивалентная шумовая температура ЗС:

, К

где *Т*А - эквивалентная шумовая температура антенны (2000 К);   
*Т*о - абсолютная температура окружающей среды (2900 К);   
*ηАФТ* - КПД фидерной линии (0,7-0,9);   
*ТПР*- эквивалентная шумовая температура приемника

(150- 5000К).

Δ*fЗС* -шумовая полоса частот абонентского приемника ЗС

, Гц

где *y* = 1,1 - коэффициент, определяемый избирательными свойствами приемника;   
 *Вцс* - скорость цифрового потока, содержащего *n* ТВ программ. При М- ОФМ *Вцс = n\*В1****,*** а средняя скорость цифрового сигнала В1 = 8 Мбит/с.

*М* – позиционность модуляции.

Рассмотрим пример расчета *РШ.ВХ.ЗС* при использовании 4-ОФМ радионесущей в стволе спутникового ТВ и организации 7 программ телевидения.

1) Δ*fЗС* = 1,1 \* 7 \* 8 \* 106 / 2 = 30,8\*106 Гц ;

2) *ТΣ =* 200 \* 0,8 + 290 \* (1-0,8) + 300 = 5180 К ;

3) *РШ.ВХ.ЗС* = 1,38 \* 10-23 \* 518 \* 30,8 \*106 = 2,2 \* 10-13 Вт .

3) Оценим потери свободного пространства на радиолинии между БР ИСЗ и ЗС. Для расчета *Асв* используем известное выражение:

,

где *λ* - длина волны ,  , м, *f* – рабочая частота в МГц ;

*d* – длина радиолинии, м;

Длина радиолинии при условии использования геостационарного ИСЗ составляет в среднем 40000 км. В диапазоне С на исследуемом участке используется рабочая частота в области 4 ГГц, в диапазоне Ku – 12 ГГц.

Так, в диапазоне Кu *АСВ =* (300 / 12000)2 / (4 \* 3,14 \* 4\* **107)2 = 4\***10-20, раз.

4) Оценим необходимый для обеспечения заданного качества радиоприема коэффициент усиления антенны *GАЗС* ЗС. Запишем выражение для реального отношения сигнал/шум на входе приемника ЗС с учетом параметров БР ИСЗ и радиолинии, используя уравнение радиосвязи:

,

где *РпдБР –* мощность передатчика БР ИСЗ, Вт ;

 *ηАФТБР, ηАФТЗС* – коэффициент потерь АФТ БР и ЗС соответственно, раз ;

*GАБР -* коэффициент усиления антенны БР, раз ;

*V2* – коэффициент дополнительных потерь на радиотрассе, раз, для спутниковых линий от 0,5 до 0,1 ( 3 – 10 дБ).

Т.к. условие качественной радиосвязи:

,

запишем выражение для искомого *GАЗС* с учетом выше сказанного*:*

, раз.

Для БР с параметрами *РпдБР =* 40 Вт, *ηАФТБР, ηАФТЗС* = 0,9 , *GАБР* = 102 и с учетом приведенных выше расчетов запишем:

*GАЗС* = 6,7 \* 2,2\*10-13/(40 \* 0,9 \*102 \* **4\***10-20 \* 0,5 \* 0,9) = 0,23\*105 , раз

В дБ:

10lg *GАЗС* = 43,4 дБ

5) Оценим диаметр антенны из следующей приближенной зависимости:

*GАЗС* = 20lg(*D*) + 20lg(*f*) +17,5 , дБ,

где *D* - диаметр антенны, м;   
       *f*- рабочая частота, ГГц.

Для нашего примера

= 2,7 м.

 Ширина главного лепестка **данной зеркальной антенны может быть определена из следующей эмпирической зависимости:

*GАЗС = kа \* (49000 / W ),* раз,

где*k*а - коэффициент использования поверхности зеркала антенны (0.5-0.6).

*W* – ширина диаграммы направленности антенны, град.

**Таблица  1 -** Исходные данные для расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последние две цифры  номера зач. книжки | *F*, ГГц | α, дБ | а | Число позиций,М | Число ТВ программ, n | ТΣ,К | V2, дБ |
| 01, 21, 41, 61, 81 | 4 | 3 | 10 | 2 | 1 | 100 | 3 |
| 02, 22, 42, 62, 82 | 11 | 4 | 9 | 4 | 2 | 200 | 6 |
| 03, 23, 43, 63, 83 | 12 | 5 | 8 | 8 | 3 | 300 | 8 |
| 04, 24, 44, 64, 84 | 4 | 6 | 7 | 2 | 4 | 250 | 10 |
| 05, 25, 45, 65, 85 | 11 | 7 | 6 | 4 | 5 | 150 | 9 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 06, 26, 46, 66, 86 | | | 12 | 8 | 7 | | 8 | | 4 | | 350 | | 7 | |
| 07, 27, 47, 67, 87 | | | 4 | 7 | 8 | | 2 | | 3 | | 400 | | 4 | |
| 08, 28, 48, 68, 88 | | | 11 | 6 | 9 | | 4 | | 2 | | 300 | | 2 | |
| 09, 29, 49, 69, 89 | | | 12 | 5 | 10 | | 8 | | 1 | | 200 | | 8 | |
| 10, 30, 50, 70, 90 | 4 | | 4 | | 9 | | 2 | | 2 | | 100 | | 10 | |
| 11, 31, 51, 71, 91 | 11 | | 3 | | 8 | | 4 | | 3 | | 150 | | 9 | |
| 12, 32, 52, 72, 92 | 12 | | 4 | | 7 | | 8 | | 4 | | 250 | | 7 | |
| 13, 33, 53, 73, 93 | 4 | | 5 | | 6 | | 2 | | 5 | | 350 | | 3 | |
| 14, 34, 54, 74, 94 | 11 | | 6 | | 7 | | 4 | | 4 | | 400 | | 6 | |
| 15, 35, 55, 75, 95 | 12 | | 7 | | 8 | | 8 | | 3 | | 300 | | 8 | |
| 16, 36, 56, 76, 96 | 4 | | 8 | | 9 | | 2 | | 2 | | 200 | | 10 | |
| 17, 37, 57, 77, 97 | 11 | | 7 | | 10 | | 4 | | 1 | | 100 | | 7 | |
| 18, 38, 58, 78, 98 | 12 | | 6 | | 9 | | 8 | | 2 | | 250 | | 5 | |
| 19, 39, 59, 79, 99 | 4 | | 5 | | 8 | | 2 | | 3 | | 350 | | 4 | |
| 20, 40, 60, 80, 00 | 11 | | 4 | | 7 | | 4 | | 4 | | 400 | | 3 | |

РперБР = 30 Вт, η = 0,8 , GаБР = 20 дБ, геостационарная орбита R = 40000 км для всех вариантов.  
    
 