**Курсовой проект**

**по курсу ТЭМС для магистрантов дистанционного обучения**

«Определение параметров сети наземного телевизионного вещания»

**Задание на курсовой проект**

По методике МСЭ-Р определить для аналоговой наземной телевизионной сети:

1. радиус зоны обслуживания *R*з, км, аналогового телевизионного вещательного передатчика;
2. координационное расстояние *R*к, км, между двумя одинаковыми телевизионными передатчиками, работающими в совмещённом канале;
3. координационное расстояние между передатчиками при учёте множественности помех (шести ближайших мешающих передатчиков, работающих в совмещённом канале) для сети регулярной структуры;
4. размерность кластера при учёте множественности помех (шести ближайших мешающих передатчиков, работающих в совмещённом канале) для сети регулярной структуры.

**Расчёты проводить для:**

1. равнинно-холмистой местности ∆*h* = 50 м;
2. соответствующего диапазона волн I, II, III, IV, V;
3. соответствующей минимальной напряжённости поля *Е*мин, дБмкВ/м;
4. эффективной высоты подвеса передающей антенны *h*1эфф, м;
5. мощности передатчика *Р*пер, кВт;
6. коэффициента усиления передающей антенны *G*пер, дБд;
7. коэффициента полезного действия фидера *η*ф пер, дБ;
8. защитного отношения *А*з, дБ

Исходные данные для разных вариантов приведены в таблице 1.

Таблица 1 Исходные данные для расчётов

|  |  |
| --- | --- |
| **Параметр** | **Вариант** |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| **Номер диапазона** | I | II | III | IV | V | I | II | III | IV | V |
| ***Е*мин, дБ/мкВ/м** | 50 | 52 | 55 | 65 | 68 | 50 | 52 | 55 | 65 | 68 |
| ***h*1эфф, м** | 300 | 150 | 75 | 37,5 | 175 | 75 | 150 | 300 | 200 | 100 |
| ***Р*пер, кВт** | 50 | 20 | 10 | 5 | 25 | 15 | 18 | 45 | 30 | 12 |
| **ηф пер, дБ** | -3 | -1,5 | -0,75 | -0,38 | -1,75 | -0,85 | -1,8 | -3,5 | -2,0 | -1,2 |
| ***G*пер, дБд** | 15,0 | 11,0 | 7,8 | 5,0 | 12,0 | 6,8 | 9,0 | 14,0 | 13,0 | 8,1 |
| **Аз, дБ** | 27 | 28 | 30 | 34 | 40 | 44 | 45 | 40 | 30 | 27 |

**Методические указания по выполнению курсового проекта**.

**Задание 1**.

Определить радиус зоны обслуживания *R*з, км, аналогового телевизионного вещательного передатчика

Для выполнения задания 1 необходимо внимательно изучить по конспекту лекций последовательность определения радиуса зоны обслуживания.

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания 1:

На границе зоны обслуживания должно выполняться условие – напряжённость поля полезного сигнала *Е*с(*R*з) должна быть равна минимальной напряжённости поля

 дБмкВ/м (1.1)

Напряжённость поля сигнала *Е*с, дБмкВ/м, в точке на расстоянии *R* от передатчика определяется выражением

 дБмкВ/м, (1.2)

где *Е*с(50,50) – напряжённость поля сигнала, определяемая по кривым, полученным экспериментальным путём и рекомендованным МСЭ-Р для 1 кВт излучаемой полуволновым вибратором (диполем) мощности и высоты приёмной антенны *h*2 = 10 м при определённой эффективной высоте передающей антенны *h*1эфф для 50% времени и 50% мест (фигуры 1а и 9);

*Р*изл – излучаемая мощность передающей станции, дБкВт;

*К*(∆*h*) – поправочный коэффициент, учитывающий холмистость местности, при ∆*h* = 50 м *К*(∆*h*) = 0 дБ.

В (1.2) излучаемая мощность передающей станции *Р*изл определяется из выражения

 дБкВт. (1.3)

Из (1.1) и (1.2) определим необходимую напряжённость поля сигнала, определяемую по кривым МСЭ-Р *Е*с(50,50) при обеспечении на границе зоны обслуживания *R*з напряжённости поля сигнала равной минимальной напряжённости поля

 дБмкВ/м. (1.4)

По найденному в (1.4) значению *Е*с(50,50) по кривой МСЭ-Р заданного диапазона (50% мест и 50% времени) (см. фигуры 1а и 9) для заданной высоты передающей антенны по оси абсцисс определяем расстояние, *R*, км, которое и будет искомым радиусом зоны обслуживания *R* = *R*з.

**Задание 2.**

Определить для аналоговой наземной телевизионной сети координационное расстояние *R*к, км, между двумя одинаковыми телевизионными передатчиками.

Для выполнения задания 2 необходимо внимательно изучить по конспекту лекций последовательность определения координационного расстояния *R*к, км, между двумя одинаковыми телевизионными передатчиками.

Рекомендуется следующий порядок выполнения задания 2:

Для определения частотно – пространственных ограничений на присвоение частотных каналов передатчикам, разнесенным в пространстве, необходимо рассчитать напряженность полей сигнала и помехи, для которых на границе зоны вещания должны выполняться условия

 (2.1)

где *Е*мин – минимальная напряженность поля сигнала на входе приемника, при которой обеспечивается хорошее качество изображения, при отсутствии помех от других станций, дБмкВ/м;

*Е*с , *Е*п – напряженности полей сигнала и помехи в рассматриваемой точке (определяется по кривым МСЭ-Р, фигуры 1а, 2а, 9 и 11), дБмкВ/м;

*А*з – требуемое защитное отношение, дБ.

Координационное расстояние.

Рассмотрим два передатчика, которые могут создавать взаимные помехи. Минимальное расстояние между ними, при котором их взаимное влияние не уменьшает радиус зоны вещания передатчиков по сравнению с максимальной, назовем координационным расстоянием и обозначим *D*к = *R*з + *d* (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Определение зоны обслуживания и координационного расстояния двух передающих станций

Координационное расстояние рассчитывается по формуле

 км, (2.2)

где *R*з – радиус зоны вещания передатчика без учета помех, км;

*d* - расстояние от границы зоны полезного передатчика до помехи, км.

На границах зон рассматриваемых передатчиков должны выполняться условия качественного приема

. (2.3)

Исходя из второго равенства (2.3) найдем значение *d*. Напряженность поля помехи

, дБмкВ/м, (2.4)

где *Е*(50,10(1), *d*, *h*1эфф) – напряженность поля помехи, создаваемая передатчиком с эффективной излучаемой мощностью 1 кВт , дБмкВ/м, напряжённость поля помехи может превышаться не более, чем в 10% времени для I, II и III диапазонов волн и не более чем в 1% времени в IV и V диапазонах волн (фигуры 2а и 11);

∆*S*ант - помехозащищенность приемной антенны, дБ (рис. 2.2), ∆Sант = минус 6 дБ в I и II диапазонах, минус 12 дБ в III диапазоне и минус 16 дБ в IV и V диапазонах волн.



Рис. 2.2 Защищённость приёмной антенны

В соответствии с рисунком 2.1 и выражением (2.3) можно определить координационное расстояние , на которое необходимо разнести полезную и мешающую станции, чтобы зона обслуживания полезной передающей станции не изменилась при воздействии помехи. При этом, напряжённость поля мешающего сигнала *Е*меш с учётом защитного отношения *А*з и помехозащищенность приемной антенны ∆*S*ант, будет равна

 дБмкВ/м. (2.5)

Напряжённость поля мешающего сигнала в (2.5) можно определить из выражения

 (2.6)

где – напряжённость поля помехи, дБмкВ/м, определяемая для процента времени *Т* = 10 % (I, II и III диапазоны) или 1 % (IV и V диапазоны волн) (фигуры 2а и 11).

С учётом (2.5) и (2.6) выражение для определения расстояния  от границы зоны обслуживания полезного передатчика до местоположения мешающего передатчика можно записать

 дБмкВ/м. (2.7)

Поскольку в правой части выражения (2.7) все составляющие известны, то по полученному из этого выражения значению напряжённости поля помехи  с использованием кривой МСЭ-Р для 10% или 1% времени для заданных диапазона волн и эффективной высоты подвеса передающей антенны можно определить расстояние *d* (фигуры 2а и 11).

После чего, используя результат определения радиуса зоны обслуживания из задания 1, определить по выражению (2.2) координационное расстояние для двух телевизионных передатчиков.

**Задание 3.**

Определить для аналоговой наземной телевизионной сети координационное расстояние между передатчиками при учёте множественности помех (шести ближайших мешающих передатчиков, работающих в совмещённом канале) для сети регулярной структуры.

Для выполнения задания 3 необходимо внимательно изучить по конспекту лекций последовательность определения для аналоговой наземной телевизионной сети координационного расстояния между передатчиками при учёте множественности помех (шести ближайших мешающих передатчиков, работающих в совмещённом канале) для сети регулярной структуры. Подробная информация о такой сети приведена в подразделе 1.6 конспекта лекций.

В универсальной модели однородной сети регулярной структуры (см. раздел 1 конспекта лекций) зона обслуживания каждого передатчика находится в окружении 18 соканальных помех (см. раздел 4 конспекта лекций) рисунок 3.1, расположенных в углах трех правильных шестиугольников с координационными расстояниями *Dk*1, √3*Dk*1 и 2*Dk*1, соответственно.



Рисунок 3.1 Расположение помех по совмещенному каналу

Из рисунка 3.1 видно, что наибольшую величину мешающего поля определяют шесть мешающих станций первого шестиугольника, расположенные на расстоянии *Dk*1 от полезного передатчика. Из рисунка 2.1 задания 2 и рисунка 3.1 задания 3 видно, что мешающий передатчик 1 будет отстоять от границы зоны обслуживания полезного передатчика на расстояние *Dk*1 – *R*з, но при этом защищённость приёмной антенны (см. рисунок 2.2) будет максимальной, т.е. помеха от этого передатчика 1 будет максимально ослабляться приёмной антенной.

Из рисунка 2.1 задания 2 и рисунка 3.1 задания 3 видно также, что мешающий передатчик 4 будет отстоять от границы зоны обслуживания полезного передатчика на расстояние *Dk*1 + *R*з, но при этом защищённость приёмной антенны (см. рисунок 2.2) будет минимальной, т.е. помеха от этого передатчика 4 не будет ослабляться приёмной антенной. Таким образом, за счёт направленных свойств приёмной антенны мешающие сигналы от 1 и 4 передатчиков будут практически одинаковы. Такие же рассуждения справедливы и для всех остальных 2, 3, 5 и 6 мешающих передатчиков. Следовательно, можно принять, что напряжённости полей мешающих передатчиков 1, 2, 3, 4, 5 и 6 будут примерно равны *Е*пом 1 ≈ *Е*пом 2 ≈ *Е*пом 3 ≈ *Е*пом 4 ≈ *Е*пом 5 ≈ *Е*пом 6.

Поскольку величина напряжённости поля является величиной случайной и распределена по логарифмически нормальному закону, то суммирование мешающих сигналов производится по мощности (метод сложения мощностей).

Тогда, в соответствии с выражением (2.3) (см. задание 2) при воздействии 6 помех по совмещённому каналу (рис. 3.1) можно записать

, (3.1)

где определяется по выражениям (2.6) и (2.7) задания 2.

Из (3.1) следует, что при воздействии шести соканальных помех, суммарная напряжённость поля помех увеличивается на 7,78 дБ по сравнению со случаем воздействия только одной помехи. Следовательно, для обеспечения электромагнитной совместимости, т.е. для обеспечения неизменного радиуса зоны обслуживания полезного передатчика, необходимо каждый из шести передатчиков удалить от полезного передатчика на такое расстояние, при котором от каждого из этих шести передатчиков напряжённость мешающего поля должна уменьшиться на 7,78 дБ

, дБмкВ/м, (3.2)

где – напряжённость поля мешающего сигнала, которая должна быть обеспечена для сохранения неизменной зоны обслуживания полезного передатчика при воздействии помех от шести соканальных мешающих передатчиков;

 – напряжённость поля мешающего сигнала, которая должна быть обеспечена для сохранения неизменной зоны обслуживания полезного передатчика при воздействии помехи от одного соканального мешающего передатчика.

По найденному значению напряжённости поля мешающего сигнала, которая должна быть обеспечена для сохранения неизменной зоны обслуживания полезного передатчика при воздействии помех от шести соканальных мешающих передатчиков, с использованием кривых МСЭ-Р для помех 10% времени (I, II, III диапазоны волн) (фигура 2а) и 1% времени (IV, V диапазоны волн) (фигура 11) находим, для заданной высоты подвеса передающей антенны *h*1эфф , расстояние *di* , которое должно быть больше расстояния *d*1 (см. выражение (3.2)).

В результате получим координационное расстояние между передатчиками совмещённого канала с учётом множественности помех

 (3.3)

**Задание 4.**

Определить для аналоговой наземной телевизионной сети размерность кластера при учёте множественности помех (шести ближайших мешающих передатчиков, работающих в совмещённом канале) для сети регулярной структуры.

Для выполнения задания 4 необходимо внимательно изучить по конспекту лекций последовательность определения для аналоговой наземной телевизионной сети размерность кластера при учёте множественности помех (шести ближайших мешающих передатчиков, работающих в совмещённом канале) для сети регулярной структуры. Подробная информация о такой сети приведена в подразделе 1.6 конспекта лекций.

В рассматриваемой регулярной сети расстояние между всеми соседними станциями одинаково – обозначим его через *R*0 и назовем модулем сети. Если за зону вещания передающей станции принять круг, в который вписан шестиугольник, то ее радиус *R*з связан с модулем сети *R*0 соотношением (см. рисунок 4.1)

 . (4.1)



Рис. 4.1 Пример регулярной сети

Зная для регулярных сетей расстояния *D* между передатчиками, работающими в совмещенных каналах, и используя соотношения, полученные в подразделе 1.6 конспекта лекций, можно определить число частотных каналов (размерность кластера), необходимое для организации этих сетей

. (4.2)

Для универсальной модели однородной сети возможные значения размерности кластера приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Размерности кластера в универсальной модели однородной сети

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 |  | 2 |  | 3 |  |  | 4 |
|  | 1 | 3 | 4 | 7 | 9 | 12 | 13 | 16 |
|  |  |  | 5 |  |  |  | 6 |  |
|  | 19 | 21 | 25 | 27 | 28 | 31 | 36 |  |

Для определения размерности кластера необходимо воспользоваться результатами заданий 1 и 3. Из задания 1 возьмём вычисленное значение радиуса зоны обслуживания *R*з полезного передатчика и по формуле (4.1) данного задания определим расстояние между соседними станциями *R*0 в однородной сети. Далее из задания 3 возьмём координационное расстояние *D* между передатчиками совмещённого канала с учётом множественности помех полученное в (3.3). Затем вычисляем отношение *D*/*R*0 и сравниваем его с существующими в однородной сети отношениями в таблице 4.1. Ближайшее большее отношение в таблице 4.1 относительно вычисленного отношения и определит размерность кластера.



Рис.





