# Кабельная магистраль связи между городами Тамбов и Владимир

## Overview

[Лист1](#table0)
[Лист2](#table1)
[Лист3](#table2)
[Лист4](#table3)

# Sheet 1: Лист1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | D мм | d мм |  σ ∇⎧/⎧⎧ | t мм | tэ мм |  μ | h мм |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 9.01 | 2.4 | 5.70E+04 | 0.30 | 0.30 | 100 | 10 |
|  | D мм | d мм |  σ ∇⎧/⎧⎧ | t мм | tэ мм |  μ | h мм |  ε |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 6.07 | 1.53 | 5.70E+04 | 0.10 | 0.20 | 100 | 10 | 1.22 |  |  |  |  | 0,1 fT | 0,25 fT | 0,5 fT | 0,75 fT | fT |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Частота | 5.20E+06 | 1.30E+07 | 2.60E+07 | 3.90E+07 | 5.20E+07 |  |  |
|  |  | 0,1 fT | 0,25 fT | 0,5 fT | 0,75 fT | fT |  |  |  |  |  |  |  |
|  | f Гц | 5.20E+06 | 1.30E+07 | 2.60E+07 | 3.90E+07 | 5.20E+07 |  |  |  |  |  | R Ом/км  |  |
|  |  | Первичные параметры передачи. |  |  |  |  |  |  |  |  |  | L Гн/км | 2.68E-04 | 2.67E-04 | 2.66E-04 | 2.66E-04 | 2.66E-04 |  |  |
|  | R Ом/км | 155.82 | 246.37 | 348.42 | 426.73 | 492.74 |  |  |  |  |  | C Ф/км | 4.70E-08 | 4.70E-08 | 4.70E-08 | 4.70E-08 | 4.70E-08 |  |  |
|  | L Гн/км | 2.80E-04 | 2.79E-04 | 2.78E-04 | 2.77E-04 | 2.77E-04 |  |  |  |  |  | G См/км | 1.23E-04 | 3.07E-04 | 6.14E-04 | 9.21E-04 | 1.23E-03 |  |  |
|  | C Ф/км | 4.92E-08 | 4.92E-08 | 4.92E-08 | 4.92E-08 | 4.92E-08 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | G См/км | 2.41E-04 | 6.03E-04 | 1.21E-03 | 1.81E-03 | 2.41E-03 |  |  |  |  |  | α ™ℑ/⎢⎧  |  |
|  |  | Вторичные параметры передачи. |  |  |  |  |  |  |  |  |  | β ◊™/⎢⎧ | 115.96 | 289.35 | 577.62 | 866.43 | 1155.24 |  |  |
|  | α ™ℑ/⎢⎧ | 9.05 | 14.42 | 20.54 | 25.28 | 29.31 |  |  |  |  |  | Zв Ом | 75.51 | 75.37 | 75.23 | 75.23 | 75.23 |  |  |
|  | β ◊™/⎢⎧ | 121.33 | 302.38 | 603.79 | 905.05 | 1206.22 |  |  |  |  |  | υ ⎢⎧/〉 | 281763 | 282290 | 282289 | 282820 | 282820 |  |  |
|  | Zв Ом | 75.51 | 75.27 | 75.15 | 75.10 | 75.06 |  |  |  |  |  |  |  |
|  | υ ⎢⎧/〉 | 269286 | 270132 | 270562 | 270753 | 270867 |  |  |  |  |  | k 1/мм  |  |
|  |  | Параметры взаимного влияния. |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |N| | 6.51E-08 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
|  | k 1/мм | 47.89 | 75.72 | 107.08 | 131.14 | 151.43 |  |  |  |  |  | Z12 Ом/км | 2.23E-03 | 9.62E-06 | 1.75E-08 | 1.30E-10 | 2.03E-12 |  |  |
|  | |N| | 5.69E-05 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |  | Lz Гн/км | 1.81E-03 |  |  |  |  |  |  |
|  | Z12 Ом/км | 2.93E+00 | 6.48E-01 | 9.98E-02 | 2.23E-02 | 6.13E-03 |  |  |  |  |  | Lвн Гн/км | 1.21E-03 |  |  |  |  |  |  |
|  | Lz Гн/км | 7.88E-04 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Z12э Ом/км  | 1.34E-03 | 5.76E-06 | 1.05E-08 | 7.81E-11 | 1.22E-12 |  |  |
|  | Lвн Гн/км | 1.24E-03 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | L3э Гн/км | 2.47E-03 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Z12э Ом/км  | 1.14E+00 | 2.52E-01 | 3.88E-02 | 8.67E-03 | 2.39E-03 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Z3 Ом/км | 8.08E+04 | 2.02E+05 | 4.04E+05 | 6.06E+05 | 8.08E+05 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Переходные затухания. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Ao дБ | 145.80 | 184.01 | 225.59 | 256.95 | 283.15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | A3 дБ | 147.99 | 182.15 | 220.66 | 250.22 | 275.13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Таблица 1.  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |


# Sheet 2: Лист2

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D мм | d мм |  σ ∇⎧/⎧⎧ | t мм | tэ мм |  μ | h мм |  ε |
| 9.30 | 2.5 | 5.70E+04 | 0.30 | 0.30 | 100 | 10 | 1.11 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 0,1 fT | 0,25 fT | 0,5 fT | 0,75 fT | fT |  |  |
| f Гц | 3.12E+05 | 1.70E+06 | 3.40E+06 | 5.10E+06 | 6.80E+06 | 8.50E+06 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| R Ом/км | 23.67 | 55.25 | 78.14 | 95.70 | 110.51 | 123.55 |  |
| L Гн/км | 2.75E-04 | 2.68E-04 | 2.66E-04 | 2.66E-04 | 2.65E-04 | 2.65E-04 |  |
| C Ф/км | 4.69E-08 | 4.69E-08 | 4.69E-08 | 4.69E-08 | 4.69E-08 | 4.69E-08 |  |
| G См/км | 4.60E-06 | 2.51E-05 | 5.01E-05 | 7.52E-05 | 1.00E-04 | 1.25E-04 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| α ™ℑ/⎢⎧ | 1.35 | 3.19 | 4.52 | 5.55 | 6.42 | 7.18 |  |
| β ◊™/⎢⎧ | 7.04 | 37.88 | 75.54 | 113.17 | 150.78 |  |  |
| Zв Ом | 76.52 | 75.55 | 75.34 | 75.24 | 75.18 | 75.14 |  |
| υ ⎢⎧/〉 | 278417 | 281983 | 282784 | 283141 | 283355 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| k 1/мм | 11.73 | 27.38 | 38.72 | 47.42 | 54.76 | 61.22 |  |
| |N| | 3.42E-05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |
| Z12 Ом/км | 1.13E+00 | 9.57E-02 | 1.22E-02 | 2.36E-03 | 5.75E-04 | 1.63E-04 |  |
| Lz Гн/км | 1.87E-03 |  |  |  |  |  |  |
| Lвн Гн/км | 1.18E-03 |  |  |  |  |  |  |
| L3э Гн/км | 2.35E-03 |  |  |  |  |  |  |
| Z12э Ом/км  | 6.95E-01 | 5.87E-02 | 7.48E-03 | 1.45E-03 | 3.52E-04 | 1.00E-04 |  |
| Z3 Ом/км | 4.61E+03 | 2.51E+04 | 5.03E+04 | 7.54E+04 | 1.01E+05 | 1.26E+05 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Ao дБ | 113.11 | 178.16 | 222.97 | 256.81 | 285.10 | 309.89 |  |
| A3 дБ | 137.84 | 195.40 | 237.17 | 269.23 | 296.26 | 320.08 |  |

# Sheet 3: Лист3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Владимир |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Гусь-Железный |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Шацк |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Тамбов |  |  |  |  |
|  | ОП-1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ОРП-2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ОРП-3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ОРП-4 |  |  |  |
|  | НРП |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | НРП |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | НРП |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1/1 |  |  | 2/1 |  |  |  |  | 64/1 |  |  | 1/2 |  |  | 2/2 |  |  |  |  | 55/2 |  |  | 1/3 |  |  | 2/3 |  |  |  |  | 60/3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 174 км |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 147 км |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 160 км |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | l1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | l2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | l3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | ЛЭП |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | КЗ |  |  |
|  |  |  |  |  | a1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | a3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | a4 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | a2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | ЛС |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |


# Sheet 4: Лист4

|  |  |
| --- | --- |
| rкт | 100 |
| rтт | 1700 |
| dт | 5 |
| Dоб | 20.64 |
| n | 0.29 |

34

Линии связи. Курсовой проект.

**Содержание.**

## Введение.

Наше время, в особенности последние десять лет, характеризуется бурным развитием телекоммуникационных технологий. Наряду с появлением новых форм передачи информации, совершенствуются традиционные виды и методы информационного обмена.

Современные средства связи позволяют передавать различные виды информации: телефонной, телеграфной, вещания, телевидения, передачи газет фототелеграфным методом, а также передачи данных ЭВМ и АСУ. Современные сети электрической связи и сети передачи данных в нашей стране развиваются на базе Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС).

Магистральная сеть связи страны на современном этапе развития базируется на использовании кабельных, радиорелейных и спутниковых линий связи. Эти линии дополняют друг друга, обеспечивая передачу больших потоков информации любого назначения на базе использования цифровых и аналоговых систем передачи. Кабельные линии связи, обладающие высокой защищенностью каналов связи от атмосферных влияний и различных помех, эксплуатационной надежностью и долговечностью, являются основной сетью связи страны. По кабельным сетям передается до 75% всей информации.

В настоящее время наиболее эффективными являются коаксиальные кабели, которые позволяют передавать мощные пучки связи различного назначения. Быстрыми темпами внедряются на сетях оптические кабели.

Решающими факторами при внедрении новых систем связи сегодня являются скорость передачи информации и обеспечение высокого качества передачи. Внедрение интеллектуальных сетей, ISDN, сетей подвижной связи требует создания систем передачи информации, удовлетворяющих самым современным требованиям.

Содержание курсового проекта, представляет собой разработку и проектирование кабельной магистрали для организации многоканальной связи различного назначения между городами **Тамбовом** и **Владимиром**.

Курсовой проект содержит следующие этапы проектирования кабельной магистрали:

* выбор трассы;
* конструктивный расчет кабеля;
* расчет параметров передачи;
* расчет защиты от влияний;
* расчет объема строительных работ..

## Выбор и обоснование трассы магистрали.

Согласно варианту задания (34) оконечными пунктами трассы магистрали являются города Тамбов и Владимир.

Трасса прокладки магистрали определяется расположением оконечных пунктов. Все требования, учитываемые при выборе трассы можно свести к трем основным: минимальные капитальные затраты на строительство; минимальные эксплуатационные расходы; удобство обслуживания.

Для соблюдения указанных требований, трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами и наименьшее количество препятствий, усложняющих и удорожающих строительство. За пределами населенных пунктов трассу обычно выбирают в полосе отвода шоссейных дорог или вдоль профилированных проселочных дорог. Допускается строительство трассы магистрали вдоль железных дорог, но в таком случае необходимо предусмотреть выполнение мероприятий по защите трассы от внешнего влияния контактных сетей железных дорог.

Для рассмотрения предлагаются два варианта трасс прокладки кабеля.

1. Вдоль шоссейной дороги Тамбов - Ряжск - Рязань - Спас-Клепики - Гусь-Хрустальный - Владимир. Продолжительность трассы - 515 км.
2. Вдоль шоссейной дороги Тамбов - Шацк - Сасово - Касимов - Тума - Гусь-Хрустальный - Владимир. Продолжительность трассы - 480 км.

Первый вариант трассы магистрали имеет на своем пути 22 пересечения с шоссейными и железными дорогами, в то время как второй вариант трассы имеет 16 таких пересечений. Кроме того, первый вариант трассы имеет большее число переходов через реки, что значительно усложняет строительство.

Достоинством первого варианта можно считать то, трасса проходит через областной город Рязань, в котором можно организовать выделение каналов из общего потока. Недостатком является большая протяженность трассы и усложнение строительства большим числом переходов через шоссейные и железные дороги и через реки. Кроме того, первый вариант трассы магистрали значительную часть своего пути проходит в непосредственной близости от электрифицированной железнодорожной линии, что вызывает необходимость применения дополнительной защиты от внешних влияний.

Оба варианта трассы имеют по одному переходу через судоходную реку Ока, но в первом варианте переход осуществляется в месте с меньшей шириной.

С точки зрения жилищно-бытовых условий и возможности размещения обслуживающего персонала оба варианта трассы магистрали одинаковы.

Учитывая приведенные выше требования и рекомендации можно прийти к выводу, что наиболее предпочтительным вариантом трассы магистрали является второй вариант, поскольку трасса в этом случае имеет меньшую длину, менее подвержена внешним влияниям и имеет меньшее число переходов через реки, шоссейные и железные дороги.

Таким образом, окончательно утверждаем трассу магистрали.

Вдоль автомобильной дороги Тамбов - Шацк - Касимов - Тума - Гусь-Хрустальный - Владимир.

Приложения содержат выкопировку из карты с указанием обоих вариантов трассы магистрали.

## Определение числа каналов на магистрали.

Число каналов, связывающих заданные оконечные пункты, зависит от численности населения в этих пунктах и от степени заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи.

Численность населения в заданном пункте и его подчиненных окрестностях с учетом среднего прироста населения определяется как:

, (3.1)

где Ho - народонаселение в 1989 г., чел;

P - средний прирост населения в данной местности, % (принимается 2-3%)

t - период, определяемый как разность между назначенным годом перспективного проектирования и годом переписи населения.

Год перспективного проектирования принимается на 5, 10 или 15 лет вперед по сравнению с текущим годом. В курсовом проекте примем год перспективного проектирования на 5 лет вперед. Следовательно,

, (3.2)

где tm - год составления проекта. Поскольку tm=1997, то

лет.

Численность населения в Тамбове:

тыс. чел.

Численность населения во Владимире:

тыс. чел.

Количество абонентов в зоне АМТС зависит от численности населения в этой зоне и от уровня телефонизации в данной местности. Принимая, что средний коэффициент оснащенности населения телефонными аппаратами равен 0,3 (30 телефонов на 100 человек) вычислим количество абонентов, обслуживаемых в зоне действия АМТС:

. (3.3)

Количество абонентов в зоне действия АМТС Тамбова:

тыс. чел.

Количество абонентов в зоне действия АМТС Владимира:

тыс. чел.

Степень заинтересованности отдельных групп населения во взаимосвязи зависит от политических, экономических, культурных и социально-бытовых отношений между группами населения, районами и областями. Взаимосвязь между заданными оконечными и промежуточными пунктами определяется на основании статистических данных, полученных предприятием связи за предшествующие проектированию годы. Практически, эти взаимосвязи выражают через коэффициент тяготения ƒ1, который как показывают исследования, колеблется в широких пределах (от 0,1 до 12 %). В курсовом проекте примем ƒ1=5 %.

Учитывая это, а также и то обстоятельство, что телефонные каналы в междугородней связи имеют преобладающее значение, необходимо определить сначала количество телефонных каналов между заданными пунктами. Для расчета телефонных каналов можно воспользоваться приближенной формулой:

, (3.4)

где a1 и b1 - постоянные коэффициенты, соответствующие фиксированной доступности и заданным потерям.

Обычно потери задаются в размере 5%, тогда a1=1,3 и b1=5,6;

ƒ1 - коэффициент тяготения;

y - удельная нагрузка, т. е. Средняя нагрузка, создаваемая одним абонентом, y=0,05 Эрл.

Таким образом, число каналов для телефонной связи между Тамбовом и Владимиром равно:

канал.

Однако по кабельной магистрали организуются каналы и других видов связи, к которым относятся:

1. каналы для телеграфной связи;
2. каналы для передачи проводного вещания;
3. каналы для передачи данных;
4. каналы для факсимильной связи (для передачи газет);
5. каналы транзитной связи.

Каналы для организации связи различного назначения эквивалентны определенному числу телефонных каналов. Для курсового проекта примем, что эквивалентное число телефонных каналов для организации связи различного назначения равно рассчитанному выше числу каналов телефонной связи.

Тогда общее число каналов на магистрали равно:

канала.


## Выбор системы передачи и типа кабеля.

Выбор системы передачи и типа кабеля производится в соответствии с рассчитанным общим числом каналов и исходя из технико-экономических соображений.

На магистральных и внутризоновых кабельных линиях связи используется, как правило, четырехпроводная схема организации связи, при которой различные направления передачи осуществляются по разным двухпроводным цепям в одном и том же спектре частот. При этом способ организации связи по коаксиальному кабелю - однокабельный, т. е. Цепи приема и передачи расположены в одном кабеле, а по симметричному кабелю - двухкабельный, при котором цепи каждого направления передачи расположены в отдельном кабеле.

Поскольку рассчитанное число каналов nоб=1862 канала, то выберем цифровые системы передачи (ЦСП) с временным разделением каналов типа ИКМ-480ґ2 и кабель типа МКТ-4 с четырьмя малогабаритными коаксиальными парами (КП). При четырехпроводной однокабельной схеме организации связи по четырем коаксиальным парам (две в прямом и две в обратном направлении) будут работать две ЦСП типа ИКМ-480ґ2.

Всего будет организовано 1920 каналов, 58 каналов будут резервными.

Скорость передачи для ЦСП ИКМ-480ґ2 составляет 52 Мбит/сек.

Затухание усилительного (регенерационного) участка - 55 дБ.

Расстояние между ОРП - 200 км.

## Исходные данные к проектированию кабельной магистрали.

Диаметр центрального проводника среднегабаритной коаксиальной пары— d=2,4мм.

Эквивалентная диэлектрическая проницаемость— eэ=1,12.

Испытательное напряжение при проверке электрической прочности изоляции— Uисп=1,7 кВ.

Расстояния между участками сближения ЛЭП и ЛС:

a1=100 м;

а2=130 м;

а3=90 м.

Длины участков сближения:

l1=6 км;

l2=7 км;

l3=7 км.

Ток короткого замыкания— I=3,6 кА.

Средняя продолжительность гроз— Т=36 часов.

Удельное сопротивление грунта— rгр=0,8 кОм м.

Коэффициент экранирования троса— Sтр=0,38.

## Конструктивный расчет кабеля.

Конструктивный расчет кабеля заключается в расчете размеров всех элементов, входящих в состав кабеля.

Прежде всего, по заданному значению диаметра внутреннего проводника и исходя из нормируемого значения волнового сопротивления Zв=75 Ом, определяется внутренний диаметр внешнего проводника.

, (6.1)

где e - эквивалентная относительная диэлектрическая проницаемость изоляции;

d - диаметр внутреннего проводника, мм;

D - внутренний диаметр внешнего проводника, мм.

Значение D определяется из приведенного выше уравнения (6.1) при значении волнового сопротивления Zв=75 Ом по формуле:

, мм. (6.2)

Следовательно, внутренний диаметр внешнего проводника равен:

мм.

Для коаксиальных пар среднего размера применяется шайбовая полиэтиленовая изоляция, для малогабаритных КП применяется баллонно-полиэтиленовая изоляция.

Наружный диаметр КП среднего размера определяется по формуле:

, мм, (6.3)

где t - толщина внешнего проводника, мм;

tэ - общая толщина экрана из двух стальных лент, мм;

tи - толщина изоляционного слоя поверх экрана, мм.

Для КП среднего размера t=0,3 мм, экран выполнен из двух стальных лент толщиной по 0,15 мм каждая, изоляция выполнена из двух лент бумаги К-120 толщиной по 0,12 мм каждая. Таким образом, наружный диаметр КП среднего размера равен:

мм.

Поскольку выбранный нами кабель содержит малогабаритные КП, то после нахождения наружного диаметра КП среднего размера необходимо определить наружный диаметр малогабаритной КП из соотношения:

мм. (6.4)

Затем, определим внутренний диаметр внешнего проводника малогабаритной КП.

, мм. (6.5)

Для малогабаритной КП толщина внешнего проводника t=0,1 мм, экран выполнен из двух стальных лент толщиной по 0,1 мм каждая, внешняя изоляция выполнена из поливинилхлоридной ленты толщиной 0,23 мм. Следовательно, внутренний диаметр внешнего проводника малогабаритной КП равен:

мм.

Из выражения (6.1) при Zв=75 Ом и e=1,22 определим диаметр внутреннего проводника малогабаритной КП.

(6.6)

Диаметр скрученного сердечника, состоящего из четырех КП одинакового размера определяется по формуле:

мм. (6.7)

Коаксиальный кабель типа МКТ-4 содержит пять симметричных групп. Диаметр симметричной группы кабеля, содержащего четыре КП одинакового размера будет составлять:

мм. (6.8)

Затем определим диаметр изолированной жилы симметричной группы:

мм. (6.9)

Диаметр токопроводящей жилы определяется как:

мм. (6.10)

Поскольку do < 0,7 мм, то в качестве симметричной группы следует взять пару и тогда диаметр изолированной жилы симметричной пары будет:

мм (6.11)

Диаметр голой жилы симметричной пары

мм. (6.12)

Толщина изоляции жилы симметричной пары

мм. (6.13)

Диаметр кабельного сердечника с поясной изоляцией определяется по формуле:

, мм, (6.14)

где n - число лент поясной изоляции;

Dn - толщина одной ленты, мм.

В качестве защитной оболочки кабеля применим выпрессованную алюминиевую оболочку, обладающую рядом преимуществ, таких как легкость, дешевизна и высокие экранирующие свойства. Для кабеля с алюминиевой оболочкой поясная изоляция выполняется из 6-8 лент кабельной бумаги К-120, толщиной 0,12 мм каждой ленты. Итак, диаметр кабельного сердечника равен:

мм.

По определенному по формуле (6.14) диаметру кабельного сердечника под оболочкой определим толщину гладкой алюминиевой оболочки из [1, табл. 3.5]. Толщина алюминиевой оболочки в нашем случае tоб=1,2 мм.

Поскольку алюминий подвержен электрохимической коррозии, алюминиевую оболочку надежно защищают полиэтиленовым шлангом с предварительно наложенным слоем битума.

В курсовом проекте для кабельной магистрали используются малогабаритные коаксиальные кабели трех типов:

1. голые, для прокладки в кабельной канализации в черте населенных пунктов;
2. бронированные стальными лентами, для прокладки непосредственно в грунт;
3. бронированные круглыми проволоками, для прокладки через судоходные реки.

Диаметр голого кабеля с алюминиевой оболочкой покрытой полиэтиленовым шлангом определяется по формуле:

мм, (6.15)

где tоб - толщина оболочки голого кабеля, мм.

tш - толщина полиэтиленового шланга определенная из табл. 3.6[1]

tш=2,2 мм.

Диаметр бронированного кабеля можно определить как:

мм, (6.16)

где tоб - толщина оболочки бронированного кабеля, мм;

tпод - толщина подушки под броней, мм;

tбр - толщина брони, мм.

Кабели могут иметь различные защитные покровы. Для кабеля бронированного стальными защитными лентами толщина алюминиевой оболочки tоб=1,2 мм.

Из [2, табл.1.27] выберем защитный покров типа БпШп с повышенной коррозионной стойкостью, который имеет подушку типа п толщиной tпод=2,5мм. Кабель бронирован двумя оцинкованными стальными лентами толщиной 0,5мм каждая. Таким образом tбр=1мм. Толщину наружного покрова по броне определим из [2, табл. 1.29]. В нашем случае она составляет tнар=1,7мм.

Диаметр кабеля бронированного стальными лентами

мм.

Для прокладки через судоходные реки применяется кабель бронированный круглыми проволоками диаметром 4 мм, tбр=4 мм. со свинцовой оболочкой. В этом случае диаметр кабельного сердечника с поясной изоляцией из 4 лент кабельной бумаги К-120 толщиной 0,12 мм будет равен

мм.

Применим защитный покров типа К с подушкой толщиной tпод=2 мм, свинцовой оболочкой толщиной tоб=2 мм и наружным покровом толщиной tнар=2 мм.

Диаметр кабеля бронированного круглыми проволоками

мм.

Согласно номенклатуре приведенной в [2, табл.] при проектировании магистрали будут использованы кабели следующих типов:

1. МКТАШп-4 с малогабаритными коаксиалами с баллонной изоляцией в алюминиевой оболочке с защитным покровом типа Шп, для прокладки в кабельной канализации.
2. МКТАБпШп-4 с малогабаритными коаксиалами бронированный стальными лентами с защитным покровом типа БпШп, для прокладки в грунт.
3. МКТСК-4 с малогабаритными коаксиалами бронированный стальными проволоками в свинцовой оболочке, для прокладки через судоходные реки.

На рис. 6.1 показан поперечный разрез малогабаритного коаксиального кабеля типа МКТС-4.

## Расчет параметров передачи цепей кабеля в диапазоне частот СП.

Расчет первичных (R, L, C, G) и вторичных (a, b, Zв, uф) параметров передачи выполняется для пяти значений частот.

Для ЦСП скорость передачи в Кбит/сек равняется тактовой частоте fт системы передачи в Кгц. Для выбранной нами ЦСП ИКМ-480ґ2 скорость передачи равняется 52000 Кбит/сек, следовательно тактовая частота системы передачи равна fт=52 МГц.

Таким образом, параметры передачи необходимо рассчитать на частотах:

0,1 fт=5,2 МГц;

0,25 fт=13 МГц;

0,5 fт=26 МГц;

0,75 fт=39 МГц;

fт=52 МГц.

Расчет первичных параметров передачи коаксиальных пар из меди производится по следующим формулам:

* активное сопротивление, в Ом/км

, (7.1)

где D=6,07 мм - внутренний диаметр внешнего проводника малогабаритной КП;

d=1,53 мм - диаметр внутреннего проводника.

На частоте 0,1fт

Ом/км.

На частоте 0,25 fт

Ом/км.

На частоте 0,5 fт

Ом/км.

На частоте 0,75 fт

Ом/км.

На частоте fт

Ом/км;

* индуктивность, в Гн/км

(7.2)

На частоте 0,1fт

Гн/км.

На частоте 0,25 fт

Гн/км.

На частоте 0,5 fт

Гн/км.

На частоте 0,75 fт

Гн/км.

На частоте fт

Гн/км;

* рабочая емкость, в Ф/км

, (7.3)

где, для баллонно-полиэтиленовой изоляции e=1,22.

Ф/км;

* проводимость изоляции, в См/км

, (7.4)

где, значение tgd возьмем из табл. 5.3 [1] при частоте 10 МГц.

;

На частоте 0,1 fт

См/км.

На частоте 0,25 fт

См/км.

На частоте 0,5 fт

См/км.

На частоте 0,75 fт

См/км.

На частоте fт

См/км.

Вторичные параметры передачи следует рассчитать по формулам приведенным в табл. 4.6 [1] для высоких частот.

* Коэффициент затухания, в дБ/км

, (7.5)

На частоте 0,1 fт

дБ/км.

На частоте 0,25 fт

дБ/км.

На частоте 0,5 fт

дБ/км.

На частоте 0,75 fт

дБ/км.

На частоте fт

дБ/км.

* Коэффициент фазы, в рад/км

, (7.6)

На частоте 0,1 fт

рад/км.

На частоте 0,25 fт

рад/км.

На частоте 0,5 fт

рад/км.

На частоте 0,75 fт

рад/км.

На частоте fт

рад/км.

* Волновое сопротивление, в Ом.

(7.7)

На частоте 0,1 fт

Ом.

На частоте 0,25 fт

Ом.

На частоте 0,5 fт

Ом.

На частоте 0,75 fт

Ом.

На частоте fт

Ом.

* Фазовая скорость, в км/с определяется по формуле (4.42) [1].

(7.8)

На частоте 0,1 fт

км/с.

На частоте 0,25 fт

км/с.

На частоте 0,5 fт

км/с.

На частоте 0,75 fт

км/с.

На частоте fт

км/с.

Результаты расчетов параметров передачи поместим в таблицу 1.По результатам расчетов построим графики частотной зависимости параметров передачи коаксиальных пар из меди.

На рис. 7.1 показана частотная зависимость активного сопротивления коаксиальной цепи. Из рисунка видно, что с ростом частоты активное сопротивление закономерно возрастает за счет поверхностного эффекта и эффекта близости. Причем наибольшее удельное значение имеет сопротивление внутреннего проводника.

Рис. 7.1. Частотная зависимость активного сопротивления коаксиальной цепи.

Индуктивность коаксиальной цепи с увеличением частоты уменьшается. Это обусловлено уменьшением внутренней индуктивности за счет поверхностного эффекта. Зависимость индуктивности от частоты показана на рис. 7.2.

Рис. 7.2. Частотная зависимость индуктивности коаксиальной цепи.

Емкость коаксиальной цепи от частоты не зависит.

Проводимость изоляции с ростом частоты линейно возрастает. Величина ее зависит в первую очередь от качества диэлектрика, используемого в кабеле и характеризуется величиной угла диэлектрических потерь tgd. Частотная зависимость проводимости изоляции показана на рис. 7.3.

Рис. 7.3. Частотная зависимость проводимости изоляции коаксиальной цепи.

На рис. 7.4 показана частотная зависимость коэффициента затухания. С ростом частоты коэффициент затухания возрастает.

Рис. 7.4. Частотная зависимость коэффициента затухания, a дБ/км.

Коэффициент фазы b с ростом частоты возрастает почти по прямолинейному закону.

Рис. 7.5. Частотная зависимость коэффициента фазы b, рад/км.

Частотная зависимость волнового сопротивления коаксиальной цепи иллюстрируется графиком на рис. 7.6. Модуль волнового сопротивления с увеличением частоты уменьшается.

Рис. 7.6. Частотная зависимость волнового сопротивления Zв.

Скорость распространения электромагнитной энергии по кабельным линиям с ростом частоты существенно возрастает. Скорость распространения электромагнитной энергии по линии при постоянном токе составляет примерно 10000 км/с, а при токах высоких частот имеет величину порядка 250000 км/с, приближаясь к скорости света.

Рис. 7.7. Частотная зависимость скорости распространения электромагнитной энергии u.

## Определение длины регенерационного (усилительного) участка и построение схемы размещения ОРП и НРП на магистрали.

Линейный тракт ЦСП содержит передающее и приемное оборудование линейного тракта, регенерационные участки линии и регенерационные пункты, предназначенные для восстановления первоначальной формы, амплитуды и временных положений импульсов.

Большинство промежуточных регенерационных пунктов являются необслуживаемыми (НРП) и только часть этих пунктов является обслуживаемыми (ОРП). Необслуживаемые пункты питаются по тем же цепям, по которым передаются линейные сигналы.

Размещение ОРП осуществляется по возможности в крупных населенных пунктах, где они могут быть обеспечены электроэнергией, водой, топливом, условиями для обслуживающего персонала.

НРП размещаются на трассе через участки с примерно равным затуханием с таким расчетом, чтобы в любой точке тракта передачи разность между уровнем сигнала и помех не превышала допустимого значения.

Рассчитанный в предыдущем разделе коэффициент затухания цепей кабеля соответствует температуре 20° С (a20). Значение коэффициента затухания при температуре t° C (at) на глубине прокладки кабеля определяется по формуле, в дБ/км

(8.1)

где aa - температурный коэффициент затухания, значение которого для расчетов в курсовом проекте можно принять равным

;

t - среднегодовая температура на глубине прокладки кабеля,

t=7,5° C.

При работе ЦСП максимум энергии в линии сконцентрирован в области частот, прилегающих к полутактовой частоте цифрового сигнала, поэтому расчет длины регенерационного участка ЦСП производится по формуле, в км

(8.2)

где S - усилительная способность промежуточного корректирующего усилителя регенератора, численно равная затуханию регенерационного участка. Для ЦСП типа ИКМ-480ґ2 затухание регенерационного участка равно 55 дБ;

atп - коэффициент затухания на полутактовой частоте (f=0,5fт) при среднегодовой температуре на глубине прокладки кабеля;

13дБ затухание станционных устройств.

Коэффициент затухания на полутактовой частоте при температуре 20°С

a20=20,54 дБ/км.

Коэффициент затухания на полутактовой частоте при среднегодовой температуре на глубине прокладки кабеля равен

дБ/км.

Длина регенерационного участка ЦСП

км.

Построим схему размещения РП на магистрали с нумерацией всех РП. Нумерация ОРП ведется: от административного центра высшего назначения к административному центру низшего назначения, на магистралях, соединяющих административные центры одинакового значения, с севера на юг. В нашем случае нумерация ОРП ведется от Владимира к Тамбову.

Размещение регенерационных пунктов на магистрали представлено на рис. 8.1.

Рис. 8.1. Схема размещения РП на магистрали.


## Расчет параметров взаимного влияния между цепями кабеля.

В курсовом проекте необходимо рассчитать переходное затухание на ближнем конце Ао и защищенность на дальнем конце Аз на длине регенерационного участка на тех же пяти частотах, на которых рассчитаны параметры передачи.

Взаимные влияния между коаксиальными парами определяется конструкцией внешнего проводника коаксиальных пар.

Сопротивление связи, в Ом/км

, (9.1)

где N - коэффициент, рассчитываемый как

, (9.2)

K - коэффициент вихревых токов, для меди, в 1/мм

, (9.3)

t - толщина внешнего проводника, t=0,1 мм;

* - удельная проводимость материала внешнего проводника, для меди См/мм.

Коэффициент вихревых токов на частоте 0,1fт

1/мм;

на частоте 0,25fт

1/мм;

на частоте 0,5fт

1/мм;

на частоте 0,75fт

1/мм;

на частоте fт

1/мм.

Коэффициент N на частоте 0,1fт

;

на частоте 0,25fт

;

на частоте 0,5fт

;

на частоте 0,75fт

;

на частоте fт

.

Сопротивление связи на частоте 0,1fт

Ом/км;

на частоте 0,25fт

Ом/км;

на частоте 0,5fт

Ом/км;

на частоте 0,75fт

Ом/км;

на частоте fт

Ом/км.

Сопротивление связи с учетом экрана, в Ом/км

, (9.4)

где Lz - продольная индуктивность спиральных стальных лент, в Гн/км

, (9.5)

m - относительная магнитная проницаемость стальных лент

;

tэ - общая толщина экранных стальных лент, мм;

h - шаг наложения спиральных стальных лент (h=10 мм);

Lвн - внутренняя индуктивность стальных лент, в Гн/км

, (9.6)

Гн/км.

Гн/км.

Сопротивление связи с учетом экрана на частоте 0,1fт

Ом/км;

на частоте 0,25fт

Ом/км;

на частоте 0,5fт

Ом/км;

на частоте 0,75fт

Ом/км;

на частоте fт

Ом/км.

Индуктивность третьей цепи, составленной из внешних проводников рассматриваемых коаксиальных пар рассчитывается по формуле, в Гн/км

Гн/км (9.7)

Сопротивление третьей цепи, составленное из внешних проводников рассматриваемых коаксиальных пар рассчитывается по формуле, в Ом/км

, (9.8).

Сопротивление третьей цепи на частоте 0,1fт

Ом/км;

на частоте 0,25fт

Ом/км;

на частоте 0,5fт

Ом/км;

на частоте 0,75fт

Ом/км;

на частоте fт

Ом/км.

Переходное затухание на ближнем конце рассчитывается по формуле, в дБ

, (9.9)

где a - подставляется в нп/км.

Переходное затухание на ближнем конце на частоте 0,1fт

дБ;

на частоте 0,25fт

дБ;

на частоте 0,5fт

дБ;

на частоте 0,75fт

дБ;

на частоте fт

дБ.

Защищенность на дальнем конце на длине регенерационного участка рассчитывается по формуле, в дБ

, (9.10)

где lру - длина регенерационного участка, lру=2,7 км.

Защищенность на дальнем конце на частоте 0,1fт

дБ;

на частоте 0,25fт

дБ;

на частоте 0,5fт

дБ;

на частоте 0,75fт

дБ;

на частоте fт

дБ.

Результаты расчетов поместим в табл. 1. Построим графики частотной зависимости параметров влияния.

На рис. 9.1 показана частотная зависимость переходного затухания Ао между коаксиальными парами на ближнем конце и частотная зависимость защищенности Аз на дальнем конце на длине регенерационного участка. Из этого рисунка видно, что переходные затухания на ближнем и дальнем концах с ростом частоты возрастают, что определяется:

закрытым характером электромагнитного поля коаксиальных цепей;

убыванием интенсивности возбуждающего электромагнитного поля на внешней поверхности внешнего проводника вследствие поверхностного эффекта.

Рис. 9.1 Частотная зависимость переходного затухания на ближнем конце Ао и защищенности на дальнем конце Аз на длине регенерационного участка.

В таблицу 1 сведены все рассчитанные параметры передачи и взаимного влияния цепей коаксиального кабеля.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0,1 fT | 0,25 fT | 0,5 fT | 0,75 fT | fT |
| f Гц | 5,20E+06 | 1,30E+07 | 2,60E+07 | 3,90E+07 | 5,20E+07 |
|  | Первичные параметры передачи. |  |  |  |  |
| R Ом/км | 155,82 | 246,37 | 348,42 | 426,73 | 492,74 |
| L Гн/км | 2,80E-04 | 2,79E-04 | 2,78E-04 | 2,77E-04 | 2,77E-04 |
| C Ф/км | 4,92E-08 | 4,92E-08 | 4,92E-08 | 4,92E-08 | 4,92E-08 |
| G См/км | 2,41E-04 | 6,03E-04 | 1,21E-03 | 1,81E-03 | 2,41E-03 |  |
|  | Вторичные параметры передачи. |  |  |  |  |  |
| α дБ/км | 9,05 | 14,42 | 20,54 | 25,28 | 29,31 |
| β рад/км | 121,33 | 302,38 | 603,79 | 905,05 | 1206,22 |
| Zв Ом | 75,51 | 75,27 | 75,15 | 75,10 | 75,06 |
| υ км/с | 269286 | 270132 | 270562 | 270753 | 270867 |  |
|  | Параметры взаимного влияния. |  |  |  |  |  |
| k 1/мм | 47,89 | 75,72 | 107,08 | 131,14 | 151,43 |
| |N| | 5,69E-05 | 1,26E-05 | 1,93E-06 | 4,32E-07 | 1,19E-07 |
| Z12 Ом/км | 2,93E+00 | 6,48E-01 | 9,98E-02 | 2,23E-02 | 6,13E-03 |  |
| Lz Гн/км | 7,88E-04 |  |  |  |  |  |
| Lвн Гн/км | 1,24E-03 |  |  |  |  |  |
| L3э Гн/км | 2,47E-03 |  |  |  |  |  |
| Z12э Ом/км  | 1,14E+00 | 2,52E-01 | 3,88E-02 | 8,67E-03 | 2,39E-03 |  |
| Z3 Ом/км | 8,08E+04 | 2,02E+05 | 4,04E+05 | 6,06E+05 | 8,08E+05 |  |
|  | Переходные затухания. |  |  |  |  |  |
| Ao дБ | 145,80 | 184,01 | 225,59 | 256,95 | 283,15 |
| A3 дБ | 147,99 | 182,15 | 220,66 | 250,22 | 275,13 |
| Таблица 1.  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

В процессе проектирования КМ часто возникает необходимость априорной оценки возможности установки той или иной аппаратуры ЦСП по известным статистическим параметрам взаимных влияний. В табл. 6.4 [1] приведены требуемые минимальные значения переходных затуханий на дальнем конце РУ и между цепями на частоте 250 кГц. Как видно из сопоставления данных в таблице требуемых значений переходных затуханий с рассчитанными, все цепи рассчитываемого кабеля можно оборудовать аппаратурой ИКМ-480ґ2, так как требования к защищенности цепей кабеля выполняются.

## Расчет опасного магнитного влияния ЛЭП на симметричные цепи кабеля.

На работу кабельных линий связи оказывает влияние ряд посторонних источников: линии электропередачи (ЛЭП). Контактные сети электрифицированных железных дорог, атмосферное электричество (удары молний), передающие радиостанции. Указанные источники создают в цепях кабельных линий опасные и мешающие влияния.

Необходимо оценить то опасное влияние, которое создает ЛЭП на симметричные цепи, находящиеся в сердечнике бронированного кабеля.

Рассматриваемая ЛЭП представляет собой трехфазную линию передачи с заземленной нейтралью. Она работает на переменном токе с частотой f=50 Гц. Опасное влияние возникает при нарушении нормального режима работы ЛЭП, например при заземлении провода одной из фаз в точке на конце регенерационного участка. В этом случае в ЛЭП возникает ток короткого замыкания I, достигающий больших значений и оказывающий на линию связи опасное магнитное влияние.

Трасса сближения, показанная на рис. 10.1 состоит из трех участков, длиной

l1=6 км;

l2=7 км;

l3=7 км;

и шириной сближения между ЛЭП и ЛС

a1=100 м;

а2=130 м;

а3=90 м.

Продольная ЭДС, индуцируемая в симметричных цепях кабеля связи определяется по формуле, в В

, (10.1)

где рад/с;

I - ток короткого замыкания ЛЭП в конце регенерационного участка, А;

m - коэффициент взаимной индукции между ЛЭП и линией связи, Гн/км;

l - длина участка сближения, км;

Sт - коэффициент экранирования заземленного защитного троса ЛЭП. Согласно заданию Sт=0,38;

Sк - коэффициент экранирования оболочки кабеля.

Определим величину продольной ЭДС для участка длиной l1. Для этого предположим, что длина этого участка l=1км и Sк=1. По формуле (10.1) определим километрическую ЭДС Еoi, в В/км на этом участке.

Рис. 10.1. Схема взаимного расположения ЛЭП и ЛС на участке сближения.

Коэффициент взаимной индукции m можно определить по формуле, в Гн/км

, (10.2)

где k - коэффициент вихревых токов, в 1/м

,

где Гн/м - абсолютная магнитная проницаемость грунта.

sгр - удельная проводимость грунта, в См/км

, (10.3)

где rгр - проводимость грунта, согласно заданию rгр=0,8 кОм м.

См/м.

аэкв - эквивалентная ширина сближения, в м

. (10.4)

Для участка длиной l1 ширина сближения а1=100 м; а2=130 м.

м.

Коэффициент вихревых токов

1/м.

Коэффициент взаимной индукции для участка l1

Гн/км.

Километрическая ЭДС для участка l1

В/км.

Затем, по табл. 6 [4] определим коэффициент экранирования оболочки троса Sк для рассчитываемого кабеля. В нашем случае Sк=0,25.

После этого определим продольную ЭДС для участка сближения l1 по формуле, в В

(10.5)

В.

Определим километрическую ЭДС на участке сближения длиной l2.

Для участка длиной l2 ширина сближения а1=130 м; а2=90 м.

м.

Коэффициент взаимной индукции для участка l2

Гн/км.

Километрическая ЭДС для участка l2

В/км.

Коэффициент экранирования оболочки кабеля в данном случае

Sк=0,27.

Продольная ЭДС для участка l2

В.

Определим километрическую ЭДС на участке сближения длиной l3.

Для участка длиной l3 ширина сближения а1=90 м; а2=110 м.

м.

Коэффициент взаимной индукции для участка l3

Гн/км.

Километрическая ЭДС для участка l3

В/км.

Коэффициент экранирования оболочки кабеля в данном случае

Sк=0,27.

Продольная ЭДС для участка l3

В.

Продольная ЭДС, индуцируемая в симметричных цепях кабеля на всем участке косого сближения

В (10.6)

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, а также для предохранения от повреждений аппаратуры и линий связи установлены нормы допустимых величин для опасного влияния. Влияния при аварийных режимах бывают кратковременными, так как они исчезают с автоматическим отключением поврежденной линии в течение 0,15...1,2с.

По этой причине для этого вида влияния приняты относительно высокие допустимые напряжения. Так, для кабельной линии с дистанционным питанием усилителей по системе “провод - провод” переменным током с заземленной средней точкой источника питания, в В

. (10.7)

В курсовом проекте следует принять напряжение дистанционного питания

В.

Согласно варианту задания

кВ.

В.

Поскольку в результате расчетов получено, что , то необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия по снижению опасных влияний ЛЭП на линии связи.

Мероприятия по защите кабельной магистрали от внешних влияний будут описаны в разделе 12.

## Определение необходимости защиты кабельной магистрали от ударов молнии.

Грозовые повреждения являются одним из самых серьезных повреждений кабельных линий связи. На вновь проектируемых междугородних кабельных линиях связи защитные мероприятия следует предусматривать по расчету на тех участках, где вероятная плотность повреждений превышает допустимую.

Вероятное число повреждений кабеля ударами молнии характеризуют плотностью повреждений. Под плотностью повреждений понимают общее количество отказов (повреждений с простоем связи), отнесенных к 100 км трассы в год.

Для определения плотности повреждений кабеля с металлическими защитными покровами необходимо знать следующие данные:

* интенсивность грозовой деятельности Т=36 часов;
* электрическую прочность изоляции жил по отношению к металлической оболочке Umax, В;
* удельное сопротивление грунта rгр=0,8 кОм м;
* сопротивление внешних защитных металлических покровов постоянному току Ro, Ом/км.

Электрическую прочность изоляции Umax можно определить по формуле

В (11.1)

Сопротивление внешних металлических защитных покровов кабеля с алюминиевой оболочкой можно найти как сопротивление параллельно соединенных металлической оболочки и стальной ленточной брони кабеля, в Ом/км

, (11.2)

, (11.3)

, (11.4)

где r - удельное сопротивление материала металлической оболочки кабеля, для алюминия

Dбр - средний диаметр кабеля по броне, Dбр=30 мм;

а - ширина одной бронеленты

мм (11.5)

в - толщина одной бронеленты, в=0,5 мм;

dоб - внутренний диаметр оболочки кабеля, dоб=19,1 мм;

tоб - толщина оболочки кабеля, tоб=1,2 мм.

Ом/км;

Ом/км.

Сопротивление внешних защитных металлических покровов постоянному току

Ом/км.

Зная удельное сопротивление грунта и определив Ro по графику на рис.4.5 [4] найдем вероятное число повреждений n=0,05. Этот график построен на основании наблюдений при средней продолжительности гроз Т=36 ч/год, и электрической прочности изоляции жил кабеля по отношению к оболочке Umax=3000 B (f=50 Гц) и длине кабеля 100 м. При Umax=2550 В вероятное число повреждений равно

(11.6)

В табл.7 [4] приведены величины допустимых плотностей вероятности повреждений для различных типов кабелей. Для многопарных коаксиальных кабелей в грунтах с удельным сопротивлением грунта более 500 Ом м допустимая вероятная плотность повреждений не должна превышать 0,1. Поскольку рассчитанная плотность повреждений меньше допустимой, то дополнительная защита кабельной магистрали от ударов молнии не требуется.

## Мероприятия по защите кабелей от внешних влияний.

Для предохранения сооружений связи от внешних электромагнитных влияний проводится комплекс защитных мер на линиях связи подверженных влиянию. Это такие мероприятия как

1. Относ трассы;
2. Каблирование;
3. Скрещивание и симметрирование;
4. Экранирование;
5. Разрядники и предохранители;
6. Заземление;
7. Нейтрализующие и редукционные трансформаторы.

Для защиты обслуживающего персонала и аппаратуры связи широко применяются защитные устройства, состоящие из разрядников и предохранителей. Эти устройства устанавливаются на входе в станцию. Разрядники делятся на газонаполненные и искровые. На междугородних кабельных линиях связи наибольшее распространение получили газонаполненные разрядники Р-35, РВ-50, Р-4.

Для защиты кабельных линий от грозы весьма эффективно применение защитных тросов, прокладываемых в земле над кабелем связи.

Радикальным средством защиты кабелей связи от воздействия высоковольтных линий и радиостанций является применение экранирующих оболочек. Они полностью локализуют электростатическое влияние и существенно снижают магнитное влияние.

## Основные виды работ по строительству кабельной магистрали и потребные для строительства основные линейные материалы.

Все работы при строительстве кабельной магистрали выполняются в соответствии с “Указаниями по строительству междугородних кабельных линий связи”.

В табл.2 перечислены основные виды работ при строительстве кабельной магистрали с указанием объемов работ и потребных для строительства основных линейных материалов.

Основной вид работ при строительстве магистрали— прокладка кабеля, осуществляемая механизированным способом с помощью кабелеукладчика или вручную в траншею. Уровень механизации при строительстве кабельной магистрали составляет обычно 85-90%. Кроме того часть кабеля будет проложена в кабельной канализации. В курсовом проекте примем, что в каждом городе на трассе 3-4 км кабеля будет проложено в имеющейся в городе кабельной канализации. Общая длина прокладываемого кабеля принимается на 2% больше длины трассы магистрали установленной по карте.

Трасса кабельной магистрали проходит через 6 городов. Общая длина трассы составляет 480 км. При уровне механизации 85% будет проложено 490 км кабеля, в том числе:

* в кабельной канализации км;

* кабелеукладчиком км;

* вручную в траншею км.

Для этой же трассы необходимо произвести разработку грунта для траншей (рытье и засыпка) в объеме куб м.

При прокладке магистрального кабеля через судоходные реки должен прокладываться дублирующий кабель на расстоянии не менее 300 м от основного с обязательным заглублением в дно реки на глубину не менее 1м с плавсредств в заранее подготовленные траншеи. На трассе магистрали предусматривается один такой переход через р. Ока.

Прокладка кабеля через несудоходные реки осуществляется ножевым или гидравлическим кабелеукладчиком с заглублением в дно реки на глубину не менее 0,7 м. На трассе магистрали предусматривается 5 переходов через несудоходные реки.

Переходы через ж. д. и шоссе выполняется методом горизонтального бурения каналов длиной 15…30 м. с прокладкой труб, в которые протягиваются кабели, причем предусматривается основной и резервный каналы. Трасса магистрали имеет 16 переходов через ж. д. и шоссе.

Прокладка кабеля в трубах на переходах м.

Количество соединительных муфт зависит от длины регенерационного участка и строительной длины кабеля. Для коаксиального кабеля можно принять l=600 м.

Длина регенерационного участка l=2,7 км.

При вводе магистрального кабеля в РП устанавливается разветвительная муфта, в которой магистральный кабель распаивают на одно-коаксиальные распределительные кабели типа КРК-75. Потом распределительные кабели КРК-75 включаются на оконечные устройства— оконечные газонепроницаемые кабельные муфты типа ОГКМ, устанавливаемые на каждую коаксиальную пару.

Таким образом, для каждого регенерационного участка потребно:

* прямых муфт 4 шт.
* разветвительных муфт 2 шт.
* муфт типа ОГКМ 8 шт.

Трасса магистрали имеет 182 НРП и ОРП. Для всей трассы требуется:

* прямых муфт 730 шт.
* разветвительных муфт 365 шт.
* муфт типа ОГКМ 1460 шт.

Контрольно-измерительные пункты КИП-1 и КИП-2 устанавливаются на подходах к РП, в местах устройства заземлений и устройств защиты кабеля, на участках пересечения с трамвайными линиями, электрифицированными железными дорогами, высоковольтными ЛЭП, на участках пересечения с трубопроводами, защитными катодными установками или дренажами. В курсовом проекте примем, что при подходе к каждому РП устанавливается по два КИП, и далее КИП устанавливаются у соединительных муфт.

Всего на трассе магистрали необходимо смонтировать КИП.

КИПы устанавливаемые у соединительных муфт, одновременно служат замерными столбиками, которыми обозначают трассу магистрали. Замерные столбики устанавливаются также в местах поворота трассы, при пересечении трассы кабеля с дорогами и другими сооружениями. Можно принять, что количество замерных столбиков составляет примерно 20% от количества соединительных муфт. Количество замерных столбиков 146 шт.

Постановка секции под давление производится на длине секции герметичности. Для коаксиального кабеля длина секции герметичности составляет примерно 18 км. Секция герметичности состоит из 7 РУ. Всего на трассе организовано 26 секций герметичности.

Для защиты кабеля от блуждающих токов, возникающих под влиянием сети питания трамвая и электрифицированных ж. д. применяются поляризованные германиевые дренажи ПГД-100, ПГД-150, ПГД-200 и усиленный дренаж. В каждом городе на трассе кабеля применяется 2-3 дренажа, и на каждом пересечении с ЭЖД— 1 дренаж.

Таким образом общее число дренажей

Протекторная защита в основном применяется при защите кабеля от почвенной коррозии в грунтах с высокой и средней агрессивностью для ликвидации анодной и знакопеременных зон при относительно невысоких положительных потенциалов на оболочке кабеля. Количество протекторов из магниевых сплавов марок МЛ-4, МЛ-5, или ПМ-10у/2 можно ориентировочно принять равным 2-3 на одном РУ. Следовательно, на трассе магистрали устанавливается 450 протекторов.

Объем работ при электрических измерениях зависит от общего числа пар в кабеле. В кабеле МКТ-4 общее число симметричных и коаксиальных пар равно 9, следовательно объем измерений на одном на РУ составит 0,9 единиц. Объем измерений на постоянном и переменном токе на всей магистрали составляет единицы.

При измерении взаимных влияний количество измерений (количество взаимовлияющих пар) на одном РУ для кабеля МКТ-4 составляет шесть измерений, следовательно на одном РУ общее число измерений составляет 0,6 единиц и на всей магистрали общее число измерений равно единиц.

При измерении неоднородностей коаксиальных пар общее число измерений составляет единиц.

При испытании электрической прочности изоляции кабеля общее число измерений составляет единиц.

Основные виды и объемы работ проектируемой магистрали.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Виды работ** | **Единица объема работ** | **Весь объем работ (кол-во единиц)** |
| 1. Прокладка кабеля марки МКТ-4 кабелеукладчиком.
 | Км | 400 |
| 1. Разработка грунта для траншей (экскаватором или вручную) траншея 1,2ґ0,5ґ70000.
 | 1 куб.м. | 42000 |
| 1. Прокладка кабеля вручную.
 | Км | 70 |
| 1. Устройство переходов через реки
2. судоходные
3. несудоходные
 | 1 переход1 переход | 15 |
| 1. Устройство переходов через ж. д. и шоссе.
 | 1 переход | 16 |
| 1. Прокладка кабеля в трубах на переходах.
 | Км | 640 |
| 1. Прокладка кабеля в кабельной канализации.
 | Км | 20 |
| 1. Монтаж прямых муфт на коаксиальном кабеле марки МКТ-4.
 | Шт. | 730 |
| 1. Монтаж разветвительных муфт на коаксиальном кабеле марки МКТ-4.
 | Шт. | 365 |
| 1. Монтаж газонепроницаемых муфт типа ОГКМ.
 | Шт. | 1460 |
| 1. Оборудование КИП на кабеле. Установка замерных столбиков.
 | 1 пунктшт. | 1092146 |
| 1. Постановка кабеля под давление.
 | 1 кабель на 1 секции | 26 |
| 1. Оборудование дренажной защиты кабеля.
 | Шт. | 19 |
| 1. Оборудование протекторной защиты кабеля.
 | Шт. | 450 |
| 1. Измерение кабеля на постоянном токе.
 | 10 пар на 1РУ | 164 |
| 1. Измерение кабеля на переменном токе.
 | 10 пар на 1РУ | 164 |
| 1. Измерение переходных влияний ВИЗом.
 | 10 изм на 1РУ | 110 |
| 1. Измерение неоднородностей коаксиальных пар.
 | 1 КП на 1РУ | 728 |
| 1. Измерение электрической прочности изоляции кабеля марки МКТ-4.
 | 1 каб на 1РУ | 182 |

Таблица 2.

Список используемой литературы.

1. И. И. Гроднев. Линии Связи. Учебник для высших учебных заведений. М., “Радио и связь”. 1988.
2. Н. И. Белоусов А. Е. Саакян А. И. Яковлева. Электрические кабели, провода и шнуры. Справочник. М., Энергоатомиздат, 1988.
3. Справочник строителя кабельных сооружений связи. М.,. “Связь”, 1977.
4. Задания и методические указания к выполнению курсового проекта по курсу ЛИНИИ СВЯЗИ для студентов 5 курса заочного обучения (специальность 2306). Ю. М. Ежов, С. Ф. Глаголев, Г. М. Смирнов; ГУТ. СПб, 1993.

Прохоренко И. В. Гр. М-35з