ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

(ОмГУПС (ОмИИТ))

Кафедра «Телекоммуникационные, радиотехнические системы и сети»

ПРОЕКТ МАГИСТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ БАРНАУЛ – КУЛУНДА - КАРАСУК ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Пояснительная записка к курсовой работе

по дисциплине «Линии связи»

ИНМВ. 400012. 000 ПЗ

Студент гр. 26 Б

Ю.Э. Прилепова

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

Руководитель –

профессор кафедры «ТРСиС»

В.Е. Митрохин

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2019 г.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(оценка)

Омск 2019

Реферат

УДК 621.315.2

Курсовая работа содержит 43 страницы, 22 рисунка, 11 таблиц, 10 источников.

Линия связи, уплотняющая аппаратура, усилительный пункт, схема связи, скелетная схема, муфта, строительная длина, взаимное влияние, переходное затухание, оптический тракт.

Пояснительная записка содержит описание проектируемого участка линии связи (физико-географические данные, сведения о сближении с железными дорогами и их характеристику, описание административно-хозяйственной структуры участка); произведен выбор кабельной системы, типа кабеля; определено размещение оконечных и промежуточных усилительных пунктов; описан монтаж кабельной магистрали; произведен расчет взаимных влияний в цепях связи, произведен расчет опасных влияний контактной сети железной дороги на линию связи.

В процессе выполнения курсовой работы были использованы программы Microsoft Office Word 2010, Microsoft Office Excel 2010, Microsoft Office Visio 2013, MathType.

Содержание

[Введение 4](#_Toc5741602)

[1 Описание проектируемого участка линии связи 5](#_Toc5741603)

[1.1 Общая информация 5](#_Toc5741604)

[1.2 Алтайский край 5](#_Toc5741605)

[2 Выбор типов кабеля, систем передачи, размещения цепей по четвёркам 8](#_Toc5741608)

[2.1 Система передачи 8](#_Toc5741609)

[2.2 Выбор типа кабеля 8](#_Toc5741610)

[2.3 Распределение цепей по кабелям и четверкам 9](#_Toc5741611)

[3 Размещение усилительных, регенерационных пунктов и тяговых подстанций на трассе линии связи 11](#_Toc5741612)

[4 Разработка схемы связи 13](#_Toc5741613)

[5 Разработка скелетной схемы участка. Выбор кабелей для ответвлений. Составление таблиц спецификации и расчета кабелей ответвлений 14](#_Toc5741614)

[6 Расчет переходных влияний между цепями кабельной линии связи 17](#_Toc5741615)

[6.1 Определение собственных параметров кабеля 17](#_Toc5741616)

[6.2 Волновые параметры кабеля 20](#_Toc5741617)

[6.3 Расчет переходных влияний между цепями кабельной линии связи 24](#_Toc5741630)

[7 Мероприятия по защите от переходных влияний 29](#_Toc5741631)

[7.1 Симметрирование кабелей 29](#_Toc5741632)

[7.2 Расчёт элементов контура противосвязи 31](#_Toc5741633)

[8 Расчет влияний контактной сети и ЛЭП на линию связи 33](#_Toc5741634)

[8.1 Расчет мешающих влияний контактной сети переменного тока на кабельную линию связи 33](#_Toc5741635)

[8.2 Расчет опасных влияний контактной сети постоянного тока в режиме короткого замыкания на кабельную линию связи 34](#_Toc5741636)

[9 Мероприятия по защите кабеля и аппаратуры связи от опасных и мешающих влияний 36](#_Toc5741637)

[9.1 Защита кабеля от опасных влияний 36](#_Toc5741638)

[9.2 Защита аппаратуры связи и автоматики от перенапряжений 36](#_Toc5741639)

[10 Расчет параметров оптического тракта 39](#_Toc5741640)

[Заключение 42](#_Toc5741641)

[Библиографический список 43](#_Toc5741642)

Введение

Главная задача, поставленная перед железнодорожным транспортом, обеспечение всевозрастающей потребности народного хозяйства в перевозках, повышение скоростей и безопасности движения поездов.

Железнодорожная сеть нашей страны представляет собой единую, работающую по общему плану систему, все части которой взаимодействуют друг с другом. Работа всех звеньев железнодорожной сети не может осуществляться без широкого использования разнообразных видов связей, организуемых по воздушным, кабельным и радиорелейным линиям.

Кабельные линии отличаются высокой эксплуатационной надежностью и дают возможность осуществления всех видов связи и каналов передачи информации, необходимых для управления перевозочным процессом железных дорог. Строительство магистральных кабельных линий позволяет резко увеличить количество каналов связи управлениями железных дорог, отделениями и станциями, дает возможность автоматизации телефонной и телеграфной связи.

Кабельные линии связи строят: при электрификации железных дорог по системе тока в качестве основной меры защиты цепей связи, автоматики и телемеханики от влияния тяговой сети; взамен воздушной линии связи при строительстве автоматической блокировки и диспетчерской централизации; при электрификации железных дорог по системе постоянного тока и строительстве главных дополнительных путей, когда конструкция воздушной линии экономически нецелесообразна; на вновь строящихся железных дорогах магистрального значения; в районах, подверженных сильным гололедом; также в районах, намеченных к электрификации по системе переменного тока на ближайшие годы.

В данной курсовой работе необходимо спроектировать линию связи на участке железной дороги, которая должна отвечать приведенным выше требованиям; определить влияния высоковольтных линий на цепи проводной связи.

1 Описание проектируемого участка линии связи

1.1 Общая информация

Проектируемый участок линии связи между станциями Барнаул – Кулунда - Карасук имеет общую протяженность 503 км и содержит в себе 32 станций. Дорога проходит по территории Алтайского края.

На рисунке 1.1 представлена карта проектируемого участка Барнаул – Кулунда - Карасук.

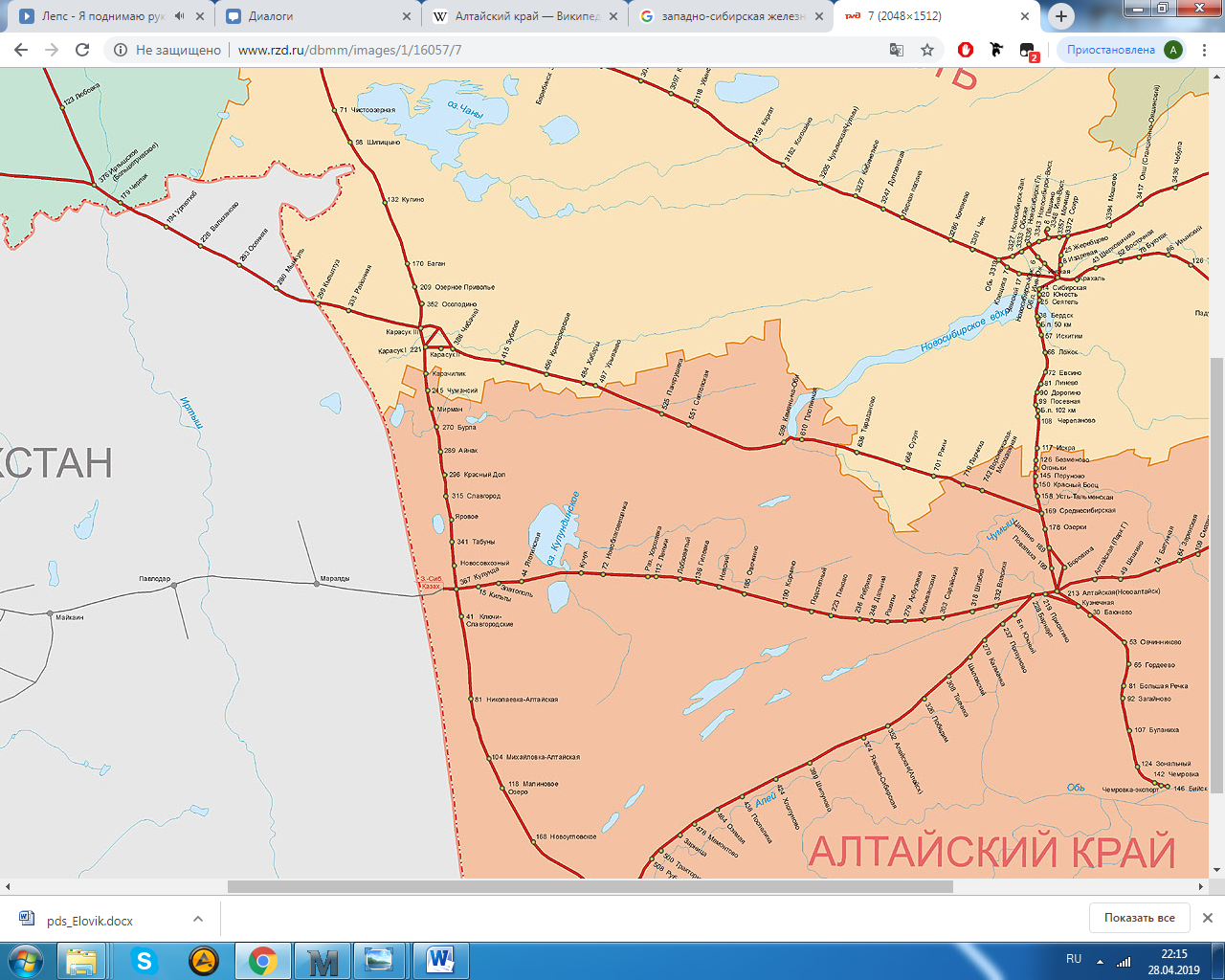


Рисунок 1.1 – Карта проектируемого участка Барнаул – Кулунда – Карасук.

## 1.2 Алтайский край

Алтайский край расположен на юго-востоке [Западной Сибири](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D1%80%D1%8C) между 50 и 55 градусами северной широты и 77 и 87 градусами восточной долготы. Протяжённость территории с запада на восток около 600 км, с севера на юг около 400 км. Расстояние от [Барнаула](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BB) до [Москвы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%B2%D0%B0) по прямой около 2940 км, по автомобильным дорогам около 3600 км.

Граничит на юге и западес [Восточно-Казахстанской](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C) и [Павлодарской](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C) областями [Казахстана](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%85%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD), на севере и северо-востоке с [Новосибирской](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C) и [Кемеровской](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C) областями, на юго-востоке — с [Республикой Алтай](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%81%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%90%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B9).

Территория края относится к двум физическим странам: [Западно-Сибирской равнине](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%BE-%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B0) и [Алтай](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%8B) — [Саяны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D1%8F%D0%BD%D1%8B). Горная часть охватывает равнину с восточной и южной сторон — [Салаирский кряж](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D0%B8%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D1%80%D1%8F%D0%B6) и предгорья Алтая. Западная и центральная части преимущественно равнинного характера: [Приобское плато](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%B1%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%BE), [Бийско-Чумышская возвышенность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%BE-%D0%A7%D1%83%D0%BC%D1%8B%D1%88%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B2%D1%8B%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C), [Кулундинская равнина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B0). В крае присутствуют почти все природные зоны России: [степь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BF%D1%8C) и [лесостепь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BF%D1%8C), [тайга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B9%D0%B3%D0%B0) и [горы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B0). Равнинная часть края характеризуется развитием степной и лесостепной природных зон, с [ленточными борами](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D0%BE%D1%80%D1%8B), развитой балочно-овражной сетью, озёрами и колками

[Климат](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D1%82) существенно неоднородный, что обусловлено многообразием географических условий. Предгорная и приобская части края имеют умеренный климат, переходный к резко континентальному, который формируется в результате частой смены воздушных масс, поступающих из [Атлантики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [Арктики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), [Восточной Сибири](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%A1%D0%B8%D0%B1%D0%B8%D1%80%D1%8C) и [Средней Азии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8F%D1%8F_%D0%90%D0%B7%D0%B8%D1%8F). Абсолютная годовая [амплитуда](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B8%D1%82%D1%83%D0%B4%D0%B0) температуры воздуха достигает 90—95 °C. Среднегодовые температуры — положительные, от +0,5 до +2,1 °С. Средние максимальные температуры июля +26…+28 °C, экстремальные достигают +40…+42 °C. Средние минимальные температуры января −20… −24 °C, абсолютный зимний минимум −50… −55 °C. Безморозный период продолжается около 120 дней. Наиболее сухой и жаркой является западная равнинная часть. Здесь климат местами резко континентальный. К востоку и юго-востоку происходит увеличение осадков от 230 мм до 600—700 мм в год. Среднегодовая [температура](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0) повышается к юго-западу края. Благодаря наличию горного барьера на юго-востоке региона господствующий западно-восточный перенос воздушных масс приобретает юго-западное направление. В летние месяцы часты северные [ветры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80). В 20—45 % случаев скорость ветров юго-западного и западного направлений превышает 6 м/с. В степных районах края с усилением ветра связано возникновение [суховеев](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%85%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B9). В зимние месяцы в периоды с активной циклонической деятельностью в крае повсеместно отмечаются [метели](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), повторяемость которых 30—50 дней в году

Наиболее мягким климатом характеризуются Алтайский и [Смоленский](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD_(%D0%90%D0%BB%D1%82%D0%B0%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B9)) районы, а наиболее резким — [Кулундинский](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD) и Ключевской районы. Наибольшие температуры воздуха в летний период наблюдаются в Угловском и Михайловском районах, наименьшие в зимний период — в Ельцовском, Залесовском, Заринском. Наибольшее количество осадков выпадает в Красногорском, Алтайском и Солонешенском районах, наименьшее — в Угловском районе и западной части Рубцовского района. Наибольшая среднегодовая скорость ветра наблюдается в Благовещенском районе, наименьшая — в Бийском.

[Снежный покров](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BD%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B2) устанавливается в среднем во второй [декаде](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D0%B4%D0%B0) ноября, разрушается в первой декаде апреля. Высота снежного покрова составляет в среднем 40—60 см, в западных районах уменьшается до 20—30 см. Глубина промерзания почвы 50—80 см, на оголённых от снега степных участках возможно промерзание на глубину 2—2,5 м

Водные ресурсы Алтайского края представлены поверхностными и подземными водами. Наиболее крупные реки (из 17 тысяч): [Обь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8C_(%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B0)), [Бия](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D1%8F_(%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B0)), [Катунь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%BD%D1%8C_(%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B0)), [Чумыш](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D1%83%D0%BC%D1%8B%D1%88_(%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B0)), [Алей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%B9_(%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B0)) и [Чарыш](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%80%D1%8B%D1%88_(%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B0)). Из 13 тысяч озёр самое большое: [Кулундинское озеро](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D1%80%D0%BE), его площадь 728 км². Главная водная артерия края: река [Обь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%8C) длиной в пределах края 493 км, образуется от слияния рек Бии и Катуни. Бассейн Оби занимает 70 % территории края [9].

2 Выбор типов кабеля, систем передачи, размещения цепей по четвёркам

2.1 Система передачи

Согласно заданию, проектируемая линия связи состоит из 220 каналов магистральной связи и 120 каналов дорожной связи (в соответствии с заданием). Для ее организации используется аппаратура уплотнения ИКМ-120. Аппаратура типа ИКМ-120 является 120 канальной аппаратурой высокочастотного уплотнения. Она предназначена для организации 120 двухсторонних телефонных каналов тональной частоты по двум однотипным симметричным кабелям. В системе связи ИКМ-120 группа каналов прямого и обратного направлений имеет одинаковую скорость передачи цифровой информации (8,448 Мбит/c).

Система ИКМ-120 является четырехпроводной, поэтому на каждую систему отводится две пары жил. Так как аппаратура уплотнения требует разнесения уплотняемых пар, то система будет двухкабельной.

Двухкабельная система по требуемому количеству каналов и двухпроводных цепей в большинстве случаев удовлетворяет требованиям, предъявляемым к магистральным линиям связи, и является в настоящее время основной системой кабельной магистрали. Однако объединение в одних кабелях всех видов связи, а также цепей СЦБ, требующих частых отпаев от магистрального кабеля к перегонным и станционным объектам, вызывает определённые трудности при монтаже и эксплуатации кабельной магистрали, снижает устойчивость и качество дальней связи, что является недостатком двухкабельной магистрали. В ответственных случаях применяют трехкабельную систему. В этом случае прокладывается три кабеля, из которых первый используется для организации ОТС и цепей СЦБ, а второй и третий для цепей дальней связи. Такая система соответствует требованиям для всех участков железных дорог, включая скоростные, однако, требует больших капитальных вложений и эксплуатационных расходов.

Исходя из вышеперечисленных достоинств и недостатков приведённых систем кабельной магистрали, а также с учётом требуемого числа физических цепей, выберем для реализации проектируемой линии трехкабельную систему.

Учитывая, что в каждом кабеле необходимо иметь запас свободных жил на случай использования кабеля для других видов связи, распределим связи по четвёркам так, что в первом и во втором кабеле будет занята часть полных четверок для системы ИКМ-120, и часть четверок останется в резерве (требуемый уровень резерва от 10 до 15% от занимаемых четвёрок).

Для организации магистральной связи используем 2∙ИКМ-120, а для дорожной – 1∙ИКМ-120.

2.2 Выбор типа кабеля

Для магистральной и дорожной связи будет использоваться кабель типа МКПАБ (магистральный кабель, полиэтиленовая изоляцией жил, алюминиевая оболочка, броня из плоских лент) для прокладки в грунте, исходя из описания проектируемого участка линии связи и данных задания для организации магистральных, дорожных и оперативно технологических связей.

В курсовой работе выбраны кабели МКПАБ 7х4х1.05+1х2х0.7+1х0.7. Предназначены для прокладки в земле, в грунтах, не отличающихся химической агрессивностью. Все жилы кабеля из меди. Диаметр жил всех четверок 1,05 мм, сигнальных пар и контрольной жилы – 0,7 мм. Чертеж сечения данных кабелей приведен в альбоме чертежей (лист 2).

Для прокладки линии связи через водные преграды используем кабель типа МКПАКп 14×4×1,05+5×2×0,7+1×0,7, имеющий проволочную броню из круглых стальных проволок с наложением поверх брони противокоррозийного покрытия. Кабель подвесим к опорам моста траверсным способом.

Для организации ответвлений от основной кабельной магистрали выбираем телефонный зоновый кабель марки ТЗПАБП 4x4x0,9. Чертеж сечения данного кабеля также приведен в альбоме чертежей.

2.3 Распределение цепей по кабелям и четверкам

Распределение пар магистральных и дорожных кабелей отражено в таблицах 2.1 и 2.2. Для уменьшения числа отпаек от второго кабеля, все сигнальные пары расположим в первом кабеле. Сигнальные пары второго кабеля служат резервом.

При определении емкости кабеля следует учитывать, что цепи перегонной связи и поездной радиосвязи четырехпроводные, т.е. требуют двух пар кабельных жил. Цепь СЦБ-ДК работает в спектре тональных частот, следовательно, ее необходимо размещать в НЧ-паре.

Отделенческая связь предназначена для оперативной работы дороги и обеспечивает постоянную телефонную связь со всеми раздельными пунктами и жилыми зданиями линейных работников. Проектируемая линия оснащена такими видами отделенческой связи:

Поездная диспетчерская (ПДС) – связь между поездным диспетчером (ДНЦ) и дежурным по станции (ДСП);

Энергодиспетчерская (ЭДС) – связь диспетчера дистанции энергоснабжения (ЭЧ) с его работниками;

Постанционная (ПС) – связь по станции с возможностью выхода на любую из связей АТС, а также на телефон АТС;

Канал «Экспресс» – для работы билетного кассира;

Вагонная диспетчерская (ВДС) – предназначена для служебных переговоров работников отделения со станциями по вопросам состояния вагонного парка.

Межстанционная (МЖС) – связь начальника опорной станции (ДС) с дежурными по станции о состоянии вагонного парка;

Перегонная (ПГС) – связь между работниками находящимися на перегоне с дежурным по станции с возможностью подключения дежурного к ПДС, ЭДС, ЛПС, СЭМ;

Связь электромехаников (СЭМ) – обеспечивает оперативное руководство линейными работниками в дистанции сигнализации и связи (ШЧ);

Линейно-путевая (ЛПС) – осуществляет оперативное руководство линейными работниками на дистанции пути;

Поездная радиосвязь (ПРС) – связь между поездным диспетчером и машинистом локомотива;

Диспетчерский контроль (ДК) – контроль поездного диспетчера над устройствами сигнализации централизации и блокировки (СЦБ);

Телеуправление (ТУ);

Телесигнализация (ТС).

Таблица 2.1 – Распределение цепей по четверкам кабеля

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера четверок и сигнальных пар | Тип  четверок | Цепи связи и СЦБ | | | |
| Кабель 1 | | Кабель 2 | |
| Пара 1 | Пара 2 | Пара 1 | Пара 2 |
| 1 | ВЧ | ТУ | ТС | СЭМ | ЛПС |
| 2 | ВЧ | Магистральная ИКМ-120  (передача) | Магистральная  ИКМ-120 (100 к. передача, 20 к. резерв) | Магистральная ИКМ-120  (прием) | Магистральная  ИКМ-120 (100 к. прием, 20 к. резерв) |
| 3 | НЧ | ЭДС | ПС | «Экспресс» | ВДС |
| 4 | ВЧ | Дорожная ИКМ-120  (передача) | ИКМ-120  (резерв) | Дорожная ИКМ-120  (прием) | ИКМ-120  (резерв) |
| 5 | НЧ | ПГС | ПГС | ПРС | ПРС |
| 6 | ВЧ | ИКМ-120  (резерв) | ИКМ-120  (резерв) | ИКМ-120  (резерв) | ИКМ-120  (резерв) |
| 7 | НЧ | ПДС | МЖС | Пр-зд | СЦБ-ДК |

Окончание таблицы 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сигнальные пары | | |
| 1 | – | СЦБ |
| 2 | – | СЦБ |
| 3 | – | СЦБ |
| 4 | – | СЦБ |
| 5 | – | СЦБ |
| Контрольная жила | |  |

3 Размещение усилительных, регенерационных пунктов и тяговых подстанций на трассе линии связи

Вследствие затухания сигнала и искажения формы прямоугольных импульсов при прохождении через кабель требуется устанавливать регенерационные (для цифровых систем) и усилительные (для аналоговых систем) пункты. Они бывают двух категорий: обслуживаемые и необслуживаемые. Обслуживаемые регенерационные и усилительные пункты (ОРП и ОУП) устанавливаются на крупных станциях в линейных аппаратных залах (ЛАЗах). Необслуживаемые регенерационные и усилительные пункты (НРП и НУП) устанавливаются на перегонах. Согласно заданию на курсовую работу на участке Кулунда – Карасук проходит контактная сеть переменного тока, поэтому расстояние между тяговыми подстанциями (ТП) не должно превышать 50 км, участок Барнаул – Кулунда оборудован электротягой постоянного тока, поэтому расстояние между ТП не должно превышать 20 км. ОУП устанавливают каждые 100 – 150 км, НУП – каждые 20 – 25 км. ОРП размещаются каждые 50 км, НРП – 5 – 8 км. Размещение ТП, ОРП, ОУП, НРП и НУП на проектируемом участке показано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Размещение усилительных и регенерационных пунктов на участке Барнаул – Кулунда

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название станции | Расстояние от Барнаула, км | Расстояние между станциями, км | Наличие усилительных пунктов и тяговых подстанций |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Барнаул | 0 | – | ОУП, ТП, ОРП |
| Перегон | 8 | – | НРП |
| Перегон | 15 | – | НРП, ТП |
| Власиха | 23 | 23 | НРП, НУП |
| Перегон | 30 | – | ТП, НРП |
| Перегон | 35 | – | НРП |
| Штабка | 41 | 18 | ТП, ОРП |
| Перегон | 48 | – | НРП, НУП |
| Сарайский | 54 | 17 | ТП, НРП |
| Перегон | 59 | – | НРП |
| Колыанский | 66 | 12 | ТП, НРП |
| Перегон | 71 | – | НРП, НУП |
| Арбузовка | 77 | 11 | ОРП,ТП |
| Перегон | 86 | – | НРП |
| Перегон | 91 | – | ТП, НРП,НУП |
| Ракиты | 99 | 22 | НРП |
| Перегон | 105 | – | ТП, НРП |
| Дальний | 111 | 12 | НРП, ОУП |
| Перегон | 116 | – | ТП, НРП |
| Ребриха | 121 | 10 | ОРП |
| Перегон | 126 | – | ТП, НРП, НУП |
| Паново | 134 | – | НРП |
| Перегон | 141 | – | НРП,ТП |
| Подстельный | 149 | 28 | НУП, НРП |
| Перегон | 156 | – | НРП,ТП |
| Перегон | 161 | – | НРП |
| Корчино | 167 | 18 | ОРП, НУП, ТП |
| Перегон | 175 | – | НРП |

Окончание таблицы 3.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Перегон | 180 | – | НРП, ТП |
| Перегон | 187 | – | НУП, НРП |
| Овечкино | 192 | 25 | ТП, НРП |
| Новая | 200 | 8 | ОРП |
| Перегон | 207 | – | НРП,НУП,ТП |
| Перегон | 215 | – | НРП |
| Гилевка | 221 | 21 | НРП, ТП |
| Перегон | 227 | – | НРП,НУП |
| Лобоватый | 232 | 11 | НРП, ТП |
| Перегон | 240 | – | НРП |
| Леньки | 245 | 13 | ТП, НРП, ОУП |
| Хорошовка | 250 | 5 | ОРП |
| Перегон | 258 | – | НРП, ТП |
| Перегон | 265 | – | НРП, НУП |
| Перегон | 271 | – | НРП, ТП |
| Перегон | 279 | – | НРП |
| Новоблаговещенка | 285 | 35 | НРП, НУП, ТП |
| Кучук | 292 | 7 | ОРП |
| Перегон | 300 | – | ТП, НРП |
| Перегон | 305 | – | НРП, НУП |
| Яготинская | 313 | – | НРП, ТП |
| Перегон | 320 | – | НРП |
| Златополь | 328 | 36 | НРП, ОУП,ТП |
| Перегон | 336 | – | НРП |
| Кильты | 342 | 14 | ОРП, ТП |
| Перегон | 350 | – | НРП, НУП |
| Кулунда | 357 | 15 | НРП,ТП |

Таблица 3.2 – Размещение усилительных и регенерационных пунктов на участке Кулунда – Карасук

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Название станции | Расстояние от Новгорода, км | Расстояние между станциями, км | Наличие усилительных пунктов и тяговых подстанций |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кулунда | 0 | 0 | ТП, ОУП, ОРП |
| Перегон | 6 | – | НРП |
| Перегон | 12 | – | НРП |
| Перегон | 20 | – | НРП, НУП |
| Табуны | 26 | 26 | НРП |
| Перегон | 31 | – | НРП |
| Перегон | 39 | – | НРП, НУП |
| Перегон | 46 | – | НРП |
| Славгород | 52 | 26 | ТП, ОРП |
| Перегон | 57 | – | НРП |
| Перегон | 64 | – | НРП, НУП |
| Красный дол | 71 | 19 | НРП |
| Перегон | 79 | – | НРП |
| Перегон | 87 | – | НРП, НУП |

Окончание таблицы 3.2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Перегон | 92 | – | НРП |
| Бурла | 97 | 26 | ТП, ОРП |
| Перегон | 102 | – | НРП |
| Мирный | 108 | 11 | НРП, НУП |
| Перегон | 114 | – | НРП |
| Чуманский | 122 | 14 | НРП |
| Перегон | 130 | – | НРП, НУП |
| Перегон | 141 | – | НРП |
| Карасук | 146 | 24 | ТП, ОРП, ОУП |

Трасса кабельной магистрали выбирается по наиболее короткому пути с учетом выполнения минимального объема земляных работ. Линия электропередачи (ЛЭП) и трасса кабельной линии располагаются по разным сторонам железной дороги. План трассы приведен в альбоме чертежей.

4 Разработка схемы связи

При разработке схемы организации связи необходимо учитывать, что цепи дальней связи (магистральная и дорожная, ВЧ) вводятся лишь в оконечные и усилительные пункты кабельной магистрали. В промежуточные пункты цепи отделенческих видов связи вводятся либо шлейфом (с разрезом линейных проводов), либо параллельно (параллельным подключением к линии установок связи). Отдельные ответвления не делаются в тех случаях, когда линейные объекты располагаются друг от друга на расстоянии менее 100 метров.

Для разработки схемы связи была выбрана часть трассы от станции Новоблаговещенка до станции Кучук, протяжённость которого составляет 7 км. Согласно своему варианту №2 дополнительно на данной схеме необходимо представить следующие объекты: ОУП (л) – обслуживаемый усилительный пункт (с левой стороны), ТП (п) – тяговая подстанция (с правой стороны), РШ-Вх (л) – релейный шкаф входного светофора (с левой стороны), РШ-С (л) – релейный шкаф проходного светофора (с левой стороны), П (л) – жилое или служебное здание службы пути (с левой стороны), РШ-Вх (п) – релейный шкаф входного светофора (с правой стороны), ПСКЦ (п) – пост секционирования контактной сети (с правой стороны), ЭЦ (п) – пост эц (с правой стороны). Все представленные на схеме объекты приведены в таблице 4.1. Схема организации цепей связи и СЦБ представлена в альбоме чертежей.

Таблица 4.1 – Размещение объектов связи и СЦБ на участке Оросительный – Тигей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименования объектов | Удаление от ближайшего рельса, м | Цепи связи и СЦБ, вводимые | |
| шлейфом | параллельно |
| ОУП | 125 | ВЧ, ПДС, ЭДС, ПС, «Экспресс», ВГС, МЖС, ПГС,  ПРС, ЛПС, СЭМ, ТУ, ТС, СЦБ-ДК, Пр-зд, СЦБ | – |
| ТП | 50 | ТУ, ТС | ЭДС, ПС |
| РШ входного светофора | 3 | ПГС, СЦБ | ПДС |
| РШ проходного светофора | 3 | МЖС, ПГС, СЦБ | – |
| П | 100 | ПГС | ЛПС |
| ПСКЦ | 5 | ТУ, ТС | ЭДС |
| ЭЦ | 35 | ВЧ, ПДС, ЭДС, ПС, «Экспресс», ВГС, МЖС, ПГС,  ПРС, ЛПС, СЭМ, ТУ, ТС, СЦБ–ДК, Пр-зд, СЦБ | – |

5 Разработка скелетной схемы участка. Выбор кабелей для ответвлений. Составление таблиц спецификации и расчета кабелей ответвлений

Основным документом для монтажа магистрального кабеля является скелетная схема участка связи. При определении необходимого количества кабеля учитывают запас в размере 2,2%: 1,6% на укладку кабеля в траншеях, котлованах и 0,6% на отходы при спаечных работах. При прокладке кабеля в грунт, подверженный смещению или выпучиванию, запас в траншее и котлованах увеличивают до 4%, при прокладке через водоемы принимают запас 14%. Для монтажа муфт и раскладки кабеля в котлованах концы строительных длин должны перекрывать друг друга. Кроме того, необходимо учитывать, что на ввод кабеля в ОУП требуется запас 20 м, в НУП – 10 м, в релейный шкаф сигнальной установки автоблокировки – 3 м. В помещении усилительного пункта кабель по скелетной схеме прокладывают от ввода до газонепроницаемой муфты, во всех остальных случаях – до бокса.

Для ответвления от магистрального кабеля применяют разветвительные муфты. Это сросток, в котором четверки и пары одного кабеля распределяются между двумя и более ответвляющимися кабелями разной емкости. Разветвительные муфты монтируют на ответвлениях от магистрального кабеля к различным объектам на перегонах (а иногда и на станциях), в усилительных и оконечных пунктах в тех случаях, когда емкость магистрального кабеля превышает емкость оконечного кабельного оборудования. Следует стремиться к тому, чтобы место ответвления совпадало с прямой муфтой. Разветвительные муфты, устанавливаемые не на стыке строительных длин, называются врезными; их монтируют в том случае, когда место ответвления удалено более чем на 100 м от ближайшего стыка строительных длин магистрального кабеля. От механических повреждений прямые и разветвительные муфты защищают чугунными соединительными или тройниковыми муфтами.

Для герметизации кабеля при содержании его под постоянным избыточным давлением устанавливают газонепроницаемые муфты типа ГМС-4, ГМСМ-40 или ГМСМ-60 – перед оконечными вводными устройствами в усилительных пунктах и в начале каждого ответвления от магистрального кабеля. Эти муфты монтируют на 4 – 5-метровом отрезке кабеля той же марки, что и кабель ответвления. Для муфты ГМС от механических повреждений ее помещают в чугунную муфту и заливают битумной массой. Газонепроницаемые муфты, устанавливаемые в помещениях, естественно, в защите чугунными муфтами не нуждаются.

Нумерация магистральных кабелей:

при двухкабельной системе кабель, от которого делаются все основные ответвления на перегонах, получает наименование К1, второй кабель – К2.

Нумерация кабелей ответвлений и боксов:

Кабели, ответвляющиеся от магистрального кабеля К1, получают номера 3 и 5. В том случае, когда от кабеля К1 ответвляется больше двух кабелей, их обозначают 3а, 5а, 3б, 5б. От кабеля К2 ответвляются кабели 4 и 6.

Боксам, которыми заканчиваются кабели ответвлений, присваивают двузначные номера, первая цифра которых соответствует номеру кабеля ответвления, вторая – 1, например, 31, 41 и т. д.

Нумерация муфт:

Соединительные муфты на кабелях ответвлений имеют двузначный номер, первая цифра которого являются номером кабеля, вторая – 2, например, 32, 42 и т. д.

Газонепроницаемые муфты нумеруют по такому же принципу – 33, 43 и т. д. Разветвительные муфты имеют номера 34 и 54 на ответвлении от кабеля К1, 44 и 64 на ответвлении от кабеля К2. В том случае, когда ответвление имеет более двух разветвительных муфт на одном кабеле, их нумеруют 34а, 34б, 54а (для К1) и т. д.

Скелетная схема рассматриваемого участка приведена в альбоме чертежей.

Длина кабеля рассчитывается исходя из расстояния между объектами по трассе, прокладке кабельной линии и учёта дополнительного расхода кабеля на изгибе при укладке в траншеях и котлованах.

Расчётная формула длины кабеля для объектов, находящихся слева от пути:



где *lтр* – расстояние от линии прокладки кабеля до правой головки рельса, равное 50 м;

Δ*l* – расстояние между головками рельс, равное 1,52 м;

*lp* – расстояние от головки рельса до объекта, м.

Расчётная формула длины кабеля для объектов, находящихся справа от пути:



Произведём расчёт по формулам (5.1) и (5.2) для РШ, учитывая, что расстояние до головки рельса составляет 3 м:





Дополнительный расход кабеля, м:



где *lк* – длина кабеля, полученная по формуле (5.1) или (5.2), м;

*lввода* – расход кабеля на устройства ввода, м.

Произведем расчет дополнительного расхода кабеля для РШ, учитывая, что расход на устройства ввода составляет 3 м:





Общий расход кабеля, м:



Произведем расчет общей длины кабеля для РШ:





Согласно заданию на перегоне помимо РШ размещены: ОУП (л), ТП (л), П (л), ПСКЦ (п), ЭЦ (п). Рассчитаем длину кабелей ответвления и вторичной коммутации для объектов связи, расчет сведем в таблицу 5.1. При расчете учитываем, что расход кабеля на устройства ввода в ОУП, ПЗ и ТП составляет 20 м, ОП, П, ДПКС и ШН – 5 м.

Количество требуемых пар кабеля рассчитывается по формуле:



где *Nш* – количество цепей, вводимых шлейфом;

*Nп* – количество цепей, вводимых параллельно;

*NСЦБ* – количество цепей СЦБ, если они вводятся.

Произведем расчет количества требуемых пар кабеля для РШ-Вх:



Требуемый тип кабеля ответвлений выбирается исходя из количества четверок, которое определяется по формуле:



Произведем расчет количества требуемых четверок кабеля для РШ-Вх:



Следовательно, необходимо использовать кабель типа ТЗБ 7×4×0,9. Для других объектов расчет аналогичен.

Таблица 5.1 – Расчетная таблица кабелей ответвлений и вторичной коммутации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ордина-ты объек-тов, км | Тип | Цепи ответвления, вводимые | | Число пар кабеля | Тип кабеля | Расстоя-ние до объекта, м | Доп. расход, м | Об-щая длина, м |
| Шлейфом | Парал-лельно |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0,0 | ОУП п | Все | – | 42 | ТЗБ 27×4 | 75 | 21,65 | 96,65 |
| 0,9 | ТП л | ТУ, ТС | ЭДС, ПС | 6 | ТЗБ 3×4 | 0 | 20 | 20 |
| 1,5 | РШ-Вх л | ПГС, СЦБ | ПДС | 13 | ТЗБ 7×4 | 54,52 | 4,20 | 58,72 |
| 3,01 | РШ-С л | МЖС, ПГС, СЦБ | – | 14 | ТЗБ 7×4 | 54,52 | 4,20 | 58,72 |
| 3,800 | П л | ПГС | ЛПС | 3 | ТЗБ 3×4 | 151,52 | 8,33 | 159,85 |
| 4,0 | РШ-С п | МЖС, ПГС, СЦБ | – | 14 | ТЗБ 7×4 | 47 | 4,03 | 51,03 |
| 5,0 | ПСКЦ п | ТУ,ТС | ЭДС | 5 | ТЗБ 3×4 | 45 | 3,096 | 48,096 |
| 5,5 | РШ-Вх  п | ПГС, СЦБ | ПДС | 13 | ТЗБ 7×4 | 47 | 4,03 | 51,03 |
| 7,0 | ЭЦ п | Все | – | 42 | ТЗБ 27×4 | 15 | 20,33 | 35,33 |

6 Расчет переходных влияний между цепями кабельной линии связи

6.1 Определение собственных параметров кабеля

Кабельную линию связи можно представить в виде четырёхполюсника, обладающего рядом параметров. Составляется расчётная схема замещения линии связи, на которой распределённые параметры заменены эквивалентными сосредоточенными. Номиналы расчётной схемы замещения получили название первичных параметров. К ним относят:

– R – удельное сопротивление на единицу длины [Ом/км];

– L – удельная индуктивность [Гн/км];

– G – проводимость изоляции [См/км];

– С – удельная ёмкость [Ф/км].

Данные величины являются специфическими свойствами каждого отдельного типа кабеля, используемого для прокладки проектируемой линии связи, и определяются геометрическими размерами отдельных элементов кабеля, их электрическими свойствами, частотой сигнала. При расчёте первичных параметров необходимо учитывать влияние поверхностного эффекта и эффекта близости близко расположенных цепей.

Определим значения первичных параметров для кабеля МКПАБ. Существует множество методов проведения подобных расчётов. Большинство из них основано на использовании специальных вспомогательных функций, значения которых протабулированы с точностью, достаточной для инженерных расчётов.

Удельное сопротивление на единицу длины, Ом/км:



где χ – коэффициент скрутки, для данного кабеля равный 1,016;

*R0*– удельное сопротивление постоянному току [Ом/км], определяется площадью поперечного сечения жилы кабеля и материалом, из которого она была изготовлена. Для кабеля МКПАБ данная величина составляет 31,9 Ом/км;

*F(f), G(f), H(f), Q(f)* ­– специальные вспомогательные функции, полученные с использованием видоизмененных функций Бесселя;

*Р* – коэффициент, характеризующий близость с соседними жилами, в данном случае *Р=*5 («звёздная» скрутка жил);

*d* – диаметр жилы (1,05 мм);

*а* – расстояние между осями проводников (1,85 мм).

Удельная индуктивность определяется по следующей зависимости, Гн/км:



где *μr*– коэффициент магнитной проницаемости. Для меди: *μr=*1.

Емкость кабельной линии определяется по следующее зависимости, Ф/км:



где *ϕ* – поправочный коэффициент близости проводов в заземленной изоляции. Для используемого кабеля ϕ = 0,644;

*εр* – диэлектрическая проницаемость изоляции. В данном случае *εр*= 1,4.

Проводимость изоляции, как правило, не велика. При ее определении можно использовать следующее выражение, См/км:



где *tgδp* – результирующий тангенс угла потерь изоляции.

Произведём расчёт первичных параметров для кабеля МКПАБ в спектре частот, используемом аппаратурой связи применённой в данном проекте. Полученные данные занесём в таблицу 6.1. Приведем пример расчета на частоте 250 кГц:





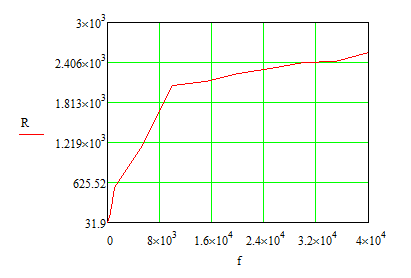




Таблица 6.1 – Частотная зависимость первичных параметров кабельной линии

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| f, кГц | R, Ом/км | L, мГн/км | С, нФ/км | G, мкСм/км |
| 3,4 | 21,37 | 0,96 | 24,6 | 2,92 |
| 20 | 34,16 | 0,85 | 3,52 |
| 50 | 42,66 | 0,81 | 4,32 |
| 100 | 64,27 | 0,8 | 7,31 |
| 150 | 78,45 | 0,78 | 12,59 |
| 250 | 108,43 | 0,74 | 23,49 |
| 350 | 134,97 | 0,65 | 25,42 |
| 400 | 155,14 | 0,64 | 26,11 |
| 450 | 196,43 | 0,64 | 27,97 |
| 550 | 253,29 | 0,63 | 30,38 |
| 1000 | 553,62 | 0,45 | 59,16 |
| 5000 | 1131,15 | 0,35 | 65,54 |
| 10000 | 2064,34 | 0,31 | 67,23 |
| 15000 | 2123,78 | 0,3 | 76,72 |
| 20000 | 2245,31 | 0,28 | 79,63 |
| 25000 | 2317,73 | 0,26 | 83,24 |
| 30000 | 2399,71 | 0,22 | 85,65 |
| 35000 | 2422,98 | 0,21 | 90,13 |
| 40000 | 2551,91 | 0,20 | 91,66 |

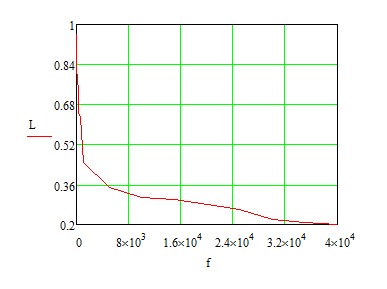
Построим по полученным данным графики частотных зависимостей первичных параметров:



Ом/км

кГц

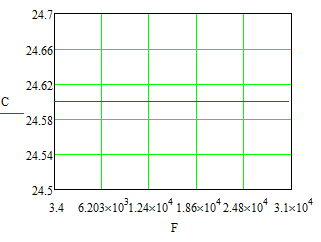
Рисунок 6.1 – Зависимость сопротивления от частоты



мГн/км

кГц

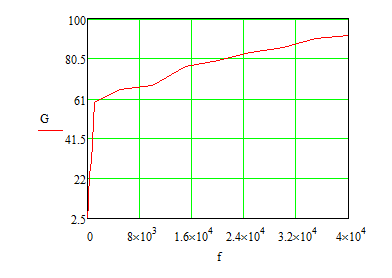
Рисунок 6.2 – Зависимость индуктивности от частоты



нФ/км

кГц

Рисунок 6.3 – Зависимость емкости от частоты



мкСм/км

кГц

Рисунок 6.4 – Зависимость проводимости от частоты

6.2 Волновые параметры кабеля

Основной характеристикой любого кабеля являются его волновое сопротивление *ZВ* и коэффициент распространения γ. Данные параметры значительно более удобны для практических расчётов, чем первичные. Волновое сопротивление определяет собой отношение напряжения к току бегущей по цепи волны в любой точке кабеля. Коэффициент распространения – комплексная величина. Действительная составляющая γ – километрический коэффициент затухания (α) – показывает степень убывания амплитуды напряжения или тока бегущей волны на расстоянии 1 км. α можно определить как:



где *L* – длина линии;

где *UH* и *UK* – напряжения в начале и конце лини соответственно.

Мнимая составляющая γ – километрический коэффициент фазы (*β*) – представляет собой разность фаз векторов напряжений или токов в точках цепи, отстоящих одна от другой на расстояние 1 км. Коэффициент затухания определяет максимально возможную дальность передачи сигнала.

Волновые параметры непосредственно связаны с первичными следующими зависимостями:





Определим, используя выше приведённые зависимости волновые параметры кабеля МКПАБ. Полученные данные занесём в таблицу 6.2.

Приведем пример расчета волновых параметров на частоте 250 кГц:



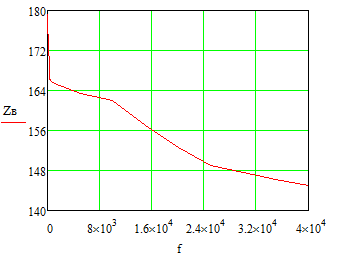




Таблица 6.2 – Волновые параметры кабеля

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *f*, кГц | ⏐Zв⏐, Ом | -φв, град | α, дБ/км | β, рад/км |
| 3,4 | 179,24 | 6,9 | 1,113 | 1,77 |
| 20 | 177,91 | 6,2 | 1,191 | 1,84 |
| 50 | 176,67 | 5,8 | 1,256 | 2,33 |
| 100 | 174,25 | 4,2 | 1,588 | 2,62 |
| 150 | 172,62 | 3,25 | 1,932 | 3,89 |
| 250 | 169,16 | 2,65 | 2,41 | 6,72 |
| 350 | 166,15 | 2,31 | 2,83 | 8,23 |
| 400 | 166,15 | 2,23 | 3,11 | 10,32 |
| 450 | 166,05 | 2,1 | 3,41 | 11,47 |
| 550 | 165,81 | 1,8 | 3,53 | 12,15 |
| 1000 | 165,39 | 1,79 | 3,62 | 14,52 |
| 5000 | 163,49 | 1,77 | 3,76 | 14,59 |
| 10000 | 161,92 | 1,6 | 3,82 | 15,63 |
| 15000 | 156,96 | 1,51 | 4,2 | 15,94 |
| 20000 | 152,53 | 1,45 | 4,74 | 16,74 |
| 25000 | 149,09 | 1,39 | 5,14 | 17,19 |
| 30000 | 147,63 | 1,37 | 5,55 | 17,69 |
| 35000 | 146,11 | 1,35 | 6,50 | 18,96 |
| 40000 | 145,01 | 1,24 | 6,62 | 19,78 |

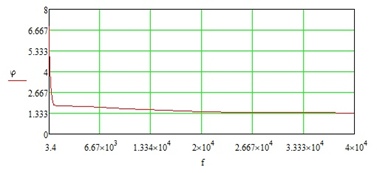
Построим графики зависимости волнового сопротивления и коэффициента распространения от частоты.



Ом

кГц

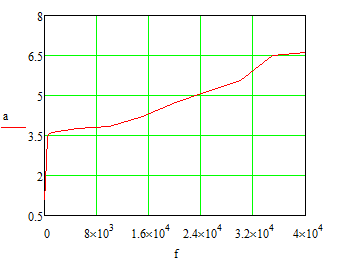
Рисунок 6.5 – График зависимости модуля волнового сопротивления от частоты



Град.

кГц

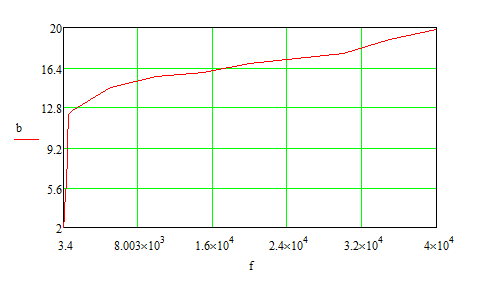
Рисунок 6.6 – График зависимости фазы волнового сопротивления от частоты



Дб/км

кГц

Рисунок 6.7 – График зависимости километрического коэффициента затухания от частоты



Рад./км

кГц

Рисунок 6.8 – График зависимости километрического коэффициента фазы от частоты

Амплитуда тока и напряжения в кабельной линии зависит от километрического коэффициента затухания, который объединяет в себе все четыре первичных параметра. Факт роста коэффициента с частотой сказывается на расстановке активного оборудования – чем выше частота, тем чаще необходимо устанавливать усилительное и регенерационное оборудование. для обеспечения требуемого качества передаваемой информации и ее достоверности. Построим графики изменения амплитуды тока и напряжения при прохождении вдоль трассы, в случае согласованной нагрузки. Тогда ток в линии, А:



где *х* – расстояние, км;

*α* – километрический коэффициент затухания на данной частоте, дБ/км;

*I0* – амплитуда тока, равная 26 мА.

Напряжение, В:



где *U0* – амплитуда напряжения, равная 0,775 В.



Рисунок 6.9 – График изменения амплитуды тока при распространении вдоль трассы



Рисунок 6.10 – График изменения амплитуды напряжения при распространении вдоль трассы

6.3 Расчет переходных влияний между цепями кабельной линии связи

Переходное затухание – это параметр, характеризующий взаимные влияния между цепями.

Кабельные линии монтируют из отдельных отрезков кабеля (строительных длин). Взаимные влияния возникают в результате наличия между цепями электромагнитных связей. Строительная длина – это элементарный участок кабельной линии. Примем для расчета значение, равное 850м.

В курсовой работе задан коэффициент емкостной связи  и следующие соотношения .

Активная составляющая электрической связи *g* и активная составляющая магнитной связи *r* определяются по формулам:





Коэффициент индуктивной связи *m12* определяется по формуле:



где *Zв* – волновое сопротивление цепи, Ом.

Комплексные вектора электромагнитной связи определяются по следующим формулам:





где *N12*, *F12* – коэффициенты электромагнитной связи соответственно ближнего конца и дальнего конца. Токи электрических и магнитных влияний через волновое сопротивление ближнего конца складываются, дальнего – вычитаются.

Коэффициенты электрической *К12* и магнитной *М12* определяются по следующим формулам:





Переходные затухания на одну строительную длину можно определить по следующим зависимостям, дБ:



где  – переходное затухание в начале строительной длины, дБ;

 – переходное затухание в конце строительной длины, дБ;

 – защищенность строительной длины, дБ,

*α* – километрический коэффициент затухания, дБ/км (*α* = 2 дБ/км),

*S* – строительная длина, км.

На основе полученных значений затуханий на одну строительную длину можно определить суммарное затухание на длине усилительного участка, дБ:



где *п –* количество строительных длин на усилительном участке (*n* =9).

Приведем пример расчета на частоте 250 кГц. Активная составляющая магнитной связи определяется по формуле (6.12):



Определим коэффициенты *g* и *r* соответственно по формулам (6.10) и (6.11):





Коэффициенты *К12*, *М12* определяются по формулам (6.15) и (6.16):



Коэффициенты электромагнитной связи *N12*, *F12* определяются по формулам (6.13) и (6.14):





Результаты расчета векторов электромагнитной связи на остальных частотах сведем в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Вектора электромагнитной связи

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *f*, кГц | *N12* | | *F12* | |
| Re,·10–4 | Im,·10–4 | Re,·10–4 | Im,·10–4 |
| 3,4 | 0,61 | 2,06 | 0,2 | -0,07 |
| 20 | 3,54 | 12,03 | 1,0 | -0,38 |
| 50 | 8,8 | 29,89 | 2,28 | -0,89 |
| 100 | 17,39 | 59,07 | 2,58 | -1,28 |
| 150 | 25,87 | 87,83 | 2,79 | -1,47 |
| 250 | 42,28 | 143,5 | 3,06 | -1,96 |
| 350 | 58,16 | 197,34 | 3,24 | -2,35 |
| 400 | 66,47 | 225,54 | 3,64 | -2,59 |
| 450 | 74,74 | 253,59 | 2,96 | -2,74 |
| 550 | 91,23 | 309,51 | 1,99 | -2,87 |
| 1000 | 165,46 | 561,32 | 3,51 | -5,17 |
| 5000 | 817,8 | 2774,36 | 16,36 | -25,27 |
| 10000 | 1620,01 | 5495,51 | 16,1 | -45,25 |
| 15000 | 2355,73 | 7990,78 | 10,85 | -62,12 |
| 20000 | 3052,4 | 10353,68 | 3,25 | -77,28 |
| 25000 | 3729,55 | 12650,21 | -9,26 | -90,52 |
| 30000 | 4431,67 | 15031,59 | -16,24 | -105,98 |
| 35000 | 5117,09 | 17356,29 | -24,92 | -120,63 |
| 40000 | 5804,33 | 19686,33 | -66,01 | -125,64 |

Переходное затухание в начале и в конце строительной длины, а также защищенность строительной длины определяются по формулам (6.17):



На основе полученных значений затуханий на одну строительную длину определим суммарное затухание на длине усилительного участка по формулам (6.18):



Расчет на остальных частотах аналогичен. По результатам расчета заполняем таблицу 6.4.

Таблица 6.4 – Величина рассчитанных переходных затуханий

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *f*, кГц |  |  |  |  |  |  |
| 3,4 | 79,39 | 101,27 | 99,57 | 96,04 | 105,32 | 90,02 |
| 20 | 64,05 | 87,09 | 85,39 | 80,7 | 91,15 | 75,85 |
| 50 | 56,15 | 79,93 | 78,23 | 72,8 | 83,99 | 68,69 |
| 100 | 50,23 | 77,81 | 76,11 | 66,88 | 81,87 | 66,57 |
| 150 | 46,79 | 77,75 | 76,05 | 63,44 | 81,81 | 66,51 |
| 250 | 42,52 | 76,54 | 74,84 | 59,17 | 80,59 | 65,29 |
| 350 | 39,75 | 76,06 | 74,36 | 56,4 | 80,12 | 64,82 |
| 400 | 38,59 | 75,53 | 73,83 | 55,24 | 79,59 | 64,29 |
| 450 | 37,58 | 75,61 | 73,91 | 54,23 | 79,67 | 64,37 |
| 550 | 35,85 | 76,87 | 75,17 | 52,5 | 80,93 | 65,63 |
| 1000 | 30,67 | 71,81 | 70,11 | 47,32 | 75,86 | 60,56 |
| 5000 | 16,8 | 58,15 | 56,45 | 33,45 | 62,2 | 46,9 |
| 10000 | 10,86 | 54,09 | 52,39 | 27,51 | 58,15 | 42,85 |
| 15000 | 7,61 | 51,73 | 50,03 | 24,26 | 55,78 | 40,48 |
| 20000 | 5,36 | 49,95 | 48,25 | 22,01 | 54,01 | 38,71 |
| 25000 | 3,62 | 48,54 | 46,84 | 20,27 | 52,6 | 37,3 |
| 30000 | 2,12 | 47,12 | 45,42 | 18,77 | 51,17 | 35,87 |
| 35000 | 0,87 | 45,91 | 44,21 | 17,52 | 49,97 | 34,67 |
| 40000 | -0,22 | 44,68 | 42,98 | 16,43 | 48,74 | 33,44 |

Построим графики зависимостей переходных затуханий от частоты.



Рисунок 6.11 – Частотная зависимость переходных затуханий на строительной длине линии



Рисунок 6.12 – Частотная зависимость переходных затуханий усилительного участка

Сравнив полученные результаты с нормами: А0=60,8 дБ; АЗ=73,8 дБ; АL=73,8+α×l можно сделать вывод, что необходимо проводить защитные мероприятия.

7 Мероприятия по защите от переходных влияний

7.1 Симметрирование кабелей

Кабельные цепи в строительных длинах одного и того же типа кабеля всегда имеют различные электрические характеристики (в пределах допустимых техническими условиями), и от того, как они будут соединены, зависит защищенность их от взаимных влияний и влияний внешних источников.

Поэтому при выполнении монтажных работ с симметричными кабелями проводят комплекс мероприятий, направленных на уменьшение влияний. Взаимные влияния возникают в результате наличия между цепями электромагнитных связей. При этом в кабелях низкочастотных (до 4 кГц) преобладают электрические (емкостные) связи, а в кабелях высокочастотных (до 252 кГц) — электромагнитные комплексные связи. Внешние влияния обусловлены связями, вызванными продольной асимметрией цепей, подверженных влиянию. Для снижения взаимных влияний уменьшают связи между цепями скрещиванием жил, включением между жилами цепей конденсаторов и контуров из последовательно соединенных резисторов с активным сопротивлением и конденсаторов.Эти контуры называют контурами противосвязи.

Сущность симметрирования скрещиванием заключается в компенсации электромагнитных связей между цепями на одном участке кабельной линии, связями другого участка, путем соединения жил без скрещивания или со скрещиванием. Компенсация объясняется тем, что при скрещивании связи изменяют свой знак.

При симметрировании конденсаторами последние устанавливают в промежуточной муфте, соединяющей два участка кабельной линии, и включается между жилами цепей.

Симметрирование контурами противосвязи заключается в том, что токи помех, вызываемые электромагнитными связями между цепями, компенсируются токами влияния противоположной фазы, создаваемыми с помощью контуров, включаемых между жилами цепей. Необходимо, чтобы контур противосвязи воспроизводил частотную зависимость естественной электромагнитной связи, которая носит комплексный характер.

На ближний конец токи влияния с различных участков приходят с разными фазами, и компенсироватьих токами противосвязи сложно. Поэтому практически симметрирование контурами противосвязи применяют только для уменьшения влияний на дальний конец. Влияние на ближний конец уменьшают скрещиванием.

В низкочастотных кабелях преобладают емкостные связии можно применять симметрирование скрещиванием, конденсаторами и контурами противосвязи; при симметрировании высокочастотных кабелей – скрещиванием и контурами противосвязи.

Применение одних конденсаторов нецелесообразно, поскольку при высоких частотах действуют электрические и магнитные связи, соизмеримые между собой. Внешние влияния уменьшают снижением продольной асимметрии путем включения конденсаторов между жилами и оболочкой (землей) и резисторов активного сопротивления в жилы кабелей.

Методика симметрирования высокочастотных и низкочастотных цепей различна. Объясняется это следующим. Высокочастотные цепи имеют большое затухание на высоких частотах и токи влияния на ближний конец с участков, расположенных на расстоянии, соответствующем затуханию 10 – 11 дБ (на верхних частотах передаваемого спектра), незначительны. Это позволяет производить симметрирование на всем усилительном участке.

Низкочастотные цепи имеют значительно меньшее затухание и, снижая влияние на дальний конец, можно увеличить влияние на ближний конец и наоборот. Поэтому симметрирование низкочастотных кабелей производят небольшими участками, называемыми шагами симметрирования. Обычно длину шага симметрирования непупинизированных кабелей принимают равной 2 км, а пупинизированных 1,7 км.

В железнодорожных кабелях дальней связи имеются как высокочастотные, так и низкочастотные четверки и приходится при симметрировании таких кабелей применять оба метода.

В кабелях со звездной скруткой жил, наибольшие влияния имеют место между цепями внутри четверок. Влияние между цепями смежных четверок меньше вследствие различных шагов их скрутки. Однако при большой длине кабеля это влияние может превысить допустимое. Уменьшают его смешиванием четверок, которое заключается в том, что на протяжении кабельной линии четверки меняются местами, то, удаляясь, друг от друга, то сближаясь. Перед началом симметрирования все ответвления и вводы должны быть замонтированы. Для симметрирования четверок сначала измеряют емкостные связи в соединяемых строительных длинах кабеля. Затем производят симметрирование, которое осуществляют в три этапа: внутри шагов симметрирования, при соединении шагов и на смонтированном усилительном участке.

Симметрирование внутри шагов симметрирования (первый этап) может выполняться в одной, трех и семи точках, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга и от концов шага симметрирования. Муфты, в которых производится симметрирование скрещиванием, называют симметрирующими; муфты, в которых производится симметрирование скрещиванием и конденсаторами, называют конденсаторными, муфты, в которых симметрирование не производится и жилы соединяются напрямую, называют прямыми муфтами.

Для удобства процедуры скрещивания (х) и прямого соединения (•) называют операторами. При одноточечной схеме сначала монтируют прямые муфты, а затем конденсаторную. В случае трехточечной и семиточечной схемы вначале осуществляют монтаж прямых муфт, затем симметрирующих и только потом конденсаторных.

Схемы скрещивания жил при соединении четверок в симметрирующих муфтах выбирают по данным измерений емкостных связей и асимметрии. Выбирают ту схему, при которой связь и асимметрия имеют наименьшие значения. Когда нельзя одновременно уменьшить связи и асимметрию, оператор выбирают исходя из задачи уменьшения связей. Если скрещиванием не удалось снизить связи и асимметрию до допустимых величин, то применяют симметрирование конденсаторами. При соединении шагов между собой (второй этап) симметрирование выполняется способом скрещивания по результатам измерений переходного затухания между цепями на частоте 800 Гц. Выбирают операторы, которые дают наибольшее переходное затухание. Наращивание шагов производят последовательно, начиная от концов усилительного участка в его середине по измерениям переходного затухания на ближний и дальний концы, добиваясь наибольшего их значения. Одновременно выравнивают рабочие емкости и сопротивления жил основных цепей в шаге симметрирования так, чтобы асимметрия не превышала 0.1 Ом. Если это не удается, то ее уменьшают включением резисторов.

Симметрирование на смонтированном усилительном участке (третий этап) производят в муфте, расположенной в середине участка. В этой муфте определяют наилучший оператор по измерениям переходного затухания на дальнем конце. В четверках, не удовлетворяющих нормам, производят дополнительно симметрирование с помощью конденсаторов.

Симметрирование ВЧ-кабелей производится по результатам измерений годографа (частотной зависимости) комплексной электромагнитной связи взаимодействующих цепей. Эта связь может иметь произвольную величину и фазу в пределах от 0 до 360° и вектор связи может находиться в любом из четырех квадрантов.

Симметрирование выполняется в два этапа:

На первом этапе при соединении строительных длин кабеля в соединительных муфтах на всем усилительном участке для уменьшения влияния через третьи цепи высокочастотные четверки соединяют по оператору х. Одновременно разделывают кабели на боксах и производят монтаж всех муфт, за исключением двух ближайших к усилительным пунктам и трех, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга и от усилительных пунктов.

На втором этапе в двух муфтах, ближайших к усилительным пунктам, выбирают наилучший оператор по измерениям переходного затухания на ближнем конце. Затем в оставшихся несмонтированных трех муфтах подбирают наилучшие операторы по результатам измерений защищенности цепей на дальнем конце. Если с помощью скрещивания не удается получить требуемые значения затухания, то производят в тех же муфтах симметрирование контурами противосвязи.

Измерения затуханий производят на наибольшей передаваемой частоте, контролируя и на более низких частотах. В результате симметрирования затухания должны удовлетворять нормам.

Кроме приведенного метода симметрирования высокочастотных цепей (кабелей) с помощью контуров противосвязи, по измерениям переходного затухания и защищенности между цепями, существуют и другие. Для кабелей низкого качества применяют метод симметрирования по результатам измерений комплексных связей. Получил распространение метод симметрирования участками большой протяженности (200 км и более)от одного обслуживаемого усилительного пунктадо другого без симметрирования по отдельным усилительным участкам.

7.2 Расчёт элементов контура противосвязи

В случае если переходные затухания не удовлетворяют нормам, необходимо применять специальные методы для их увеличения. Воспользуемся методом симметрирования при помощи контуров противосвязи. Принцип действия данных устройств основан на том, что они создают между влияющей и подверженной влиянию цепями активно-ёмкостную связь, вектор которой противоположен к вектору комплексной электромагнитной связи, обуславливающей взаимные влияния. Результирующие влияние в результате взаимной компенсации значительно уменьшается, что увеличивает переходные затухания. Для определения параметров контура противосвязи в данном курсовом проекте воспользуемся графоаналитическим методом:

а) строится график вектора комплексной электромагнитной связи – годограф. Математически, годограф представляет собой траекторию движения конца вектора электромагнитной связи на комплексной плоскости. Вид данной зависимости на дальнем и ближнем конце различен. Ввиду значительных сложностей, возникающих при определении параметров контура противосвязи на ближнем конце, как правило, рассматривается график переходного затухания на дальнем конце;

б) по виду зависимости определяется устройство контура противосвязи и жил кабеля, между которыми он будет включён;

в) на крайней частоте полосы пропускания определяются параметры элементов контура.

По данным таблицы 6.3 построим график вектора комплексной электромагнитной связи на дальнем конце *F*. На этой же координатной плоскости построим характеристику контура противосвязи *Fk*(рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – График вектора комплексной электромагнитной связи

Для создания данной формы вектора противосвязи, необходима схема, показанная на рисунке 7.2.

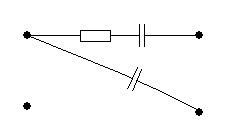


Рисунок 7.2 – Контур противосвязи

Определим номиналы элементов, входящих в схему контура. Учтём, что по оси Х графика отложена действительная часть проводимости контура, а по оси Y – мнимая часть, обусловленная наличием в схеме ёмкостей. Определим значение вектора противосвязи на граничной частоте полосы пропускания 40 МГц:

Х = 6,6 мСм,

Y = 12,57 мСм.

Номинал сопротивления R1 определим по следующей формуле:





Выбираем по номинальному ряду Е96 R1=154 Ом.

Рассчитаем емкость С1.



С1=

По номинальному ряду Е24 С1=51 пФ. Емкость C2 принимаем равной 1 пФ.

# 8 Расчет влияний контактной сети и ЛЭП на линию связи

# 8.1 Расчет мешающих влияний ЛЭП на кабельную линию связи

По заданию участок Абакан – Кошурниково подвержен мешающему влиянию контактной сети переменного тока (*k=*25, *I=*7,9 А).

ЛЭП оказывают мешающие влияния на цепи связи вследствие искажения рабочего тока и напряжения в них дополнительных гармоник, которые появляются в процессе работы выпрямителей тяговых подстанций. Результирующее псофометрическое напряжение на ближайшем конце усилительного участка цепи рассчитывается по следующей формуле, В:



где *Uшi* – значение мешающего напряжения, индуктированного в цепи связи в пределах *i*-ого участка ЛЭП, В. Определяется по формуле (8.2);

*n* – число усилительных участков.

Псофометрическое напряжение – это характеристика помехи в линии связи, а мешающее напряжение – во влияющей линии.





где *ω=2π∙f* *=2*∙π∙1250=7850 – угловая частота k-ой гармоники, рад./с;

*М* – модуль взаимной индукции между однопроводными цепями на *i*-ом участке сближения, Гн/км;

*I* – ток k-той гармоники, А;

*р=*1,232 – коэффициент акустического воздействия k-той гармоники;

*η=*0,0058 – коэффициент чувствительности телефонной цепи к помехам;

*S=Sp·Sоб=*0,4·0,012*=*0,0048 – коэффициент экранирующего действия;

*Sp* – коэффициент экранирующего действия рельсов;

*Sоб* – коэффициент экранирующего действия оболочки кабеля;

*l* – длина усилительного участка, км;

*a* – расстояние между взаимовлияющими цепями, м;

*f* =*k∙*50*=*25∙50*=*1250 – частота k-ой гармоники, Гц;

*σ=*140 мСм/м – проводимость земли.

Подставив значения в формулы, вычислим мешающее напряжение для усилительного участка наибольшей длины 50 км, всего усилительных участков – 4, результаты расчета внесем в таблицу 8.1.

Приведем пример расчета при *а=*10 м.

;





Таблица 8.1 – Результаты расчета наведенных мешающих напряжений

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| a, м | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| М·10-4 Гн/км | 0,294 | 0,082 | 0,0373 | 0,0212 | 0,0136 | 0,0094 |
| Uш, мВ | 1,568 | 0,043 | 0,198 | 0,112 | 0,072 | 0,0504 |
| Uшр, мВ | 3,135 | 0,87 | 0,397 | 0,225 | 0,144 | 0,108 |

## Сравнив полученные значения с нормой 1 мВ, сделаем вывод о том, что требуется проводить защитные мероприятия только при полосе сжижения равной 10м, для остальных полос сближения мешающие напряжения соответствуют норме. Рассмотрим их в пункте 9. Примем ширину сближения равной 50 м.

8.2 Расчет влияний контактной сети переменного тока

Контактные сети переменного тока оказывают значительное влияние на цепи связи. Опасные влияния обусловлены рабочими токами частотой 50 Гц. Следует различать три режима работы контактной сети:

– нормальный, если тяговые токи поступают в контактную сеть от всех подстанций участка;

– вынужденный, когда одна из тяговых подстанций временной отключена и ее нагрузку воспринимают смежные с ней подстанции;

– режим короткого замыкания – аварийный режим, в этом случае контактный провод замыкается на рельсы или землю.

По заданию контактная сеть переменного тока находится в режиме короткого замыкания, следовательно оказывает на линию связи опасные влияния.

Для режима короткого замыкания опасные напряжения на проводах связи относительно земли вычисляют, предполагая, что контактная сеть имеет одностороннее питание, то есть получает его только от одной из двух смежных тяговых подстанций.

Для расчета возьмем усилительный участок Кулунда – Перегон 20км, длиной 20 км, считая, что тяговая сеть состоит из участков одностороннего питания, т.е. полное тяговое плечо разделено посередине на два плеча одностороннего питания.

Расчет при параллельной трассе сближения производится формуле (8.1):

 (8.1)

гле  *–* напряжение провода (жилы) относительно земли при заземлении противоположного конца. В:

 – модуль взаимной индуктивности между кабелем связи и контактной сетью на частоте 50 Гц

, (8.2)

где а – ширина сближения линии связи с контактной сетью, м;

 – проводимость грунта, ;

– ток короткого замыкания;

 *–* длина влияющей части электротягового плеча, то есть длина сближения от начала усилительного участка до места короткого замыкания, км;

 – коэффициент экранирующего действия рельсов

, (8.3)

где , .

Для расчёта воспользуемся диаграммой токов короткого замыкания (рисунок 8.1). Рассмотрим значения токов к.з. в точках, удалённых от начала усилительного участка на 2 км,



Рисунок 8.1 –Диаграмма токов короткого замыкания

Результаты расчётов занесём в таблицу 8.2.

Таблица 8.2 – Результаты расчётов мешающих напряжений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ширина сближения ***а***, м | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| , мкГн/км | | 860.439 | 779.369 | 721.864 | 677.277 | 640.863 | 610.092 | 583.454 | 559.976 | 538.99 | 520.024 | 502.726 |
|  |  | 546.998 | 495.46 | 458.904 | 430.559 | 407.409 | 387.848 | 370.914 | 355.988 | 342.647 | 330.59 | 319.593 |
|  | 569.478 | 515.822 | 477.763 | 448.253 | 424.152 | 403.787 | 386.157 | 370.617 | 356.728 | 344.176 | 332.727 |
|  | 584.464 | 529.396 | 490.335 | 460.049 | 435.314 | 414.413 | 396.319 | 380.37 | 366.116 | 353.233 | 341.483 |
|  | 599.45 | 542.97 | 502.908 | 471.845 | 446.476 | 425.039 | 406.481 | 390.124 | 375.503 | 362.29 | 350.239 |
|  | 621.93 | 563.332 | 521.767 | 489.539 | 463.219 | 440.978 | 421.724 | 404.753 | 389.585 | 375.876 | 363.373 |

При сравнении полученных при расчёте мешающих напряжений с нормой (160 В) получаем, что все значения  превышают норму. Следовательно, необходимо включать в цепи связи защитную аппаратуру . К мерам по защите кабелей связи от опасных напряжений можно отнести установку бариевых разрядников. Всё же выбираем ширину сближения 50 м.

## 9 Мероприятия по защите кабеля и аппаратуры связи от опасных и мешающих влияний

## 9.1 Защита кабеля от опасных влияний

Редукционные трансформаторы (РТ) являются эффективным средством защиты от влияний высоковольтных линий. Первичная I и вторичная II обмотки РТ имеют одинаковое число витков и намотаны на замкнутый железный сердечник. Первичная обмотка включается в разрез металлического покрова (оболочку, броню, экран) защищаемого кабеля, а вторичная – в разрез жил кабеля. Первичная обмотка РТ обычно выполняется из медного изолированного проводника, поперечное сечение которого не меньше общего эквивалентного поперечного сечения металлического покрова кабеля. Вторичная обмотка представляет собой пучок изолированных друг от друга жил, по конструкции одинаковых с жилами защищаемого кабеля.

РТ увеличивает магнитную связь между металлопокровами кабеля и сердечником и вызывает появление дополнительной ЭДС и компенсирующего тока.

РТ не оказывает заметного увеличения собственного затухания сигнала, так как используется сам кабель. РТ используется для защиты ВЧ каналов. РТ включается на длине усилительного участка в количестве до трёх штук.

Марка РТ – ОСГРГ – однофазный, сухой, герметизированный, редукционный.

РТ повышает экранирующее действие металлических покровов кабеля. При наличии других (третьих) цепей, например, рельсовой цепи, экранирующее действие которой повышается за счёт применения ОТ.

Экранирующий эффект (S) РТ зависит от их числа: при одном РТ S=0,3; при двух – 0,2; при трех – 0,15. Без РТ величина S составляет 0,8…0,9.

Отсюда следует, что наличие одного РТ дает снижение помех в 3 раза, а при трех РТ помехи снижаются в 6 раз. Дальнейшее увеличение числа РТ не дает существенной выгоды.

Установка отсасывающих трансформаторов является эффективным методом снижения магнитного влияния контактной сети переменного тока на линии связи. Отсасывающие трансформаторы обычно имеют коэффициент трансформации от 0,8 до 1, мощность 800 кВ∙А и более. Известны два способа включения отсасывающих трансформаторов: с обратным проводом; без обратного провода.

При установке отсасывающих трансформаторовс обратным проводом первичная обмотка трансформатора включается в контактный провод, а вторичная – в дополнительный провод, подвешенный на опорах контактной сети и периодически соединяемый с рельсами. При протекании тягового тока по первичным обмоткам трансформаторов во вторичных обмотках и обратном проводе будет протекать ток почти противоположного направления, что снижает напряженность влияющего магнитного поля. При включении вторичных обмоток в рельсы ток в них значительно увеличивается, что улучшает экранирующее действие рельсов.

Количество устанавливаемых отсасывающих трансформаторов определяется расчетами. Их защитное действие зависит от расстояний между ними, взаимного расположения линии, подверженной влиянию, и тяговой сети, сопротивления рельсов относительно земли и т. Д. Коэффициент защитного действия при включении в провод обратного тока может иметь значения 0,25..0,5, а при включении в рельсы – 0,25..0,7.

Использование отсасывающих трансформаторов в качестве меры защиты от опасных и мешающих влияний удорожает строительство тяговой сети, усложняет эксплуатацию и увеличивает потери электроэнергии, но при необходимости защиты дорогостоящих действующих сооружений (магистральных кабелей, кабельных сетей местной связи и т.д.) их применение может быть оправдано.

## 9.2 Защита аппаратуры связи и автоматики от перенапряжений

Разработка схем защиты зависит от следующих факторов:

а) элементная база аппаратуры (реле, полупроводники).

б) вид передаваемой информации – аналоговая, цифровая, уплотнённые (неуплотнённые) цепи.

в) разновидность линейного сооружения – воздушные линии, симметричный кабель, высокочастотный кабель, коаксиальная линия, волновод.

Схема защиты состоит из совокупности разрядников, плавких вставок (предохранитель), нелинейных сопротивлений, полупроводниковых элементов и заземлителей.

Рассмотрим пример схем защиты и принцип действия.

Схема защиты состоит из разрядника Р-35, сопротивления заземления, плавких вставок и линейного трансформатора.

Работа схемы: в связи с различным временем срабатывания Р-35 разрядных промежутков Р1 и Р2 вначале пробивается (срабатывает) один из них, например Р1. Через Р1 будет проходить ток, затем сработает Р2.

Недостаток этой схемы – не одновременность срабатывания Р1 Р2 приводит к появлению опасных волн перенапряжения в двухпроводных цепях, которые трансформируются линейным трансформатором и поступают на вход аппаратуры. Эти волны будут вызывать импульсы перенапряжений. Для устранения этого недостатка применяют дренажные и запирающие катушки. Рассмотрим такую схему (см. чертеж схем защиты).

Дренажная катушка – устраняет не одновременность срабатывания.

Запирающая катушка – препятствует проникновению в двухпроводную цепь мешающих напряжений.

Недостатки этой схемы:

а) используется дренажная и запирающая катушки для защиты высокочастотной аппаратуры приводит к изменению ёмкостной и индуктивной составляющих нагрузок кабельной линии, особенно на ВЧ;

б) применение одного газонаполненного разрядника Р-35 приводит к значительному времени запаздывания срабатывания разрядника, а это сказывается при использовании в схемных решениях автоматики и связи полупроводников и, особенно, микросхем.

Из-за этих недостатков приведённая схема используется для аппаратуры, работающей в тональном диапазоне частот.

При использовании ВЧ аппаратуры автоматики и связи в состав схем защиты должны входить полупроводниковые элементы: диодные ограничители, стабилитроны, динисторы, варисторы.

Эти элементы имеют нелинейную ВАХ и повышенное быстродействие. В качестве примера приведём схему защиты усилителя ВЧ связи с помощью динистора (т.е. динисторная защита).

Данный фрагмент схемы защиты аппаратуры позволяет обеспечить защиту ВЧ усилителя от импульсных напряжений, возникающих в двухпроводных кабельных цепях за счёт наличия газонаполненного разрядника Р-4 и встречно–параллельного включения динисторов КН102А.

Любая схема защиты должна иметь каскад, который бы защищал элементы аппаратуры от перенапряжений относительно земли.

Для этой цели используют вывод от средней точки линейного трансформатора служебной связи.

Разрядник Р-34, включается между средней точкой линейного трансформатора служебной связи и землёй. Данный разрядник одновременно защищает двухпроводную цепь, в которую включены ВЧ усилитель и аппаратуру служебной связи от перенапряжений.

В этой схеме имеются три каскада защиты:

а) самый грубый: на разрядниках Р-34, для которого *U*сраб=1500±100 В; срабатывает относительно корпуса или заземлителя. Все потенциалы обнуляются при срабатывании, все опасные токи стекают в заземлитель;

б) выполнен на разряднике Р-4, Uсраб=100±20 В. Разрядник устраняет перенапряжение между проводами («провод – ипровод»);

в) чувствительный и быстродействующий – снижает перенапряжения до десятков вольт, в зависимости от типа используемых динисторов.

Такая схема может быть использована и применяется в эксплуатации в настоящее время для ограничения перенапряжений, возникающих в кабельных линиях при использовании аппаратуры ВЧ связи;

Недостаток схемы – ограниченная пропускная способность динисторов по току. Ведутся разработки по замене динисторов на варисторы.



Рисунок 9.1 – Схема защиты линейной аппаратуры систем ИКМ-120



Рисунок 9.2 – Схема включения редукционного трансформатора



Рисунок 9.3 – Устройство грозозащитных тросов

10 Расчет параметров оптического тракта

Одним из перспективных направлений совершенствования линий проводной связи является внедрение оптических кабелей. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) обладают рядом преимуществ по сравнению с существующими кабельными линиями связи, поэтому вопросы их проектирования являются наиболее актуальными. Последовательность проектирования ВОЛС в значительной мере зависит от специфики системы связи и условий проектирования.

Важнейшим этапом проектирования на основе требований к числу каналов и дальности связи является выбор волоконно-оптической системы передачи, типа оптического кабеля и определения длины регенерационного участка.

ВОЛС в меньшей степени подвержены электромагнитным влияниям, чем медные линии, позволяют передавать тысячи каналов. В данном проекте медные кабельные линии подвержены не сильным воздействиям электромагнитных полей. Влияния удается снизить до установленных норм при помощи установки одного редукционного трансформатора. Взаимные влияния удается устранить при помощи симметрирования кабелей.

При организации ВОЛС полностью освободиться от медных кабелей не удается из-за некоторых видов оперативно-технологической связи (например, перегонной).

В виду всего вышеизложенного в данном проекте предпочтение отдано медной кабельной магистрали.

Рассчитаем характеристики волоконно-оптического кабеля марки ОКМС–С–4/2(2,4)Сп–12(2)/4(5) производства ЗАО «Трансвок».

ОКМС–С–4/2(2,4)Сп–12(2)/4(5):

ОКМС – оптоволоконный самонесущий кабель с силовыми элементами из специальных высокопрочных нитей;

С – броня из стальных гофрированных лент;

4/2 – 4 оптических и 2 заполняющих модулей;

(2,4) – номинальный наружный диаметр модулей, мм;

Сп – центральный силовой элемент стеклопластиковый пруток;

12(2)/4(5) – 12 ОВ типа G.652 и 4 ОВ типа G.655.

В кабеле используется оптическое волокно ступенчатого профиля производства фирмы LucentTechnologies. Сердцевина ОВ кварцевая, легированная германием, с показателем преломления *n1*. Оболочка одинарная из чистого кварца с показателем преломления *n2*. Защитное покрытие ОВ – двойное из акрила ультрафиолетовой вулканизации: внутреннее – низкомодульное, наружное – высокомодульное.

Исходные данные:

*n1* – показатель преломления сердцевины *n1=*1,7;

*n2* – показатель преломления оболочки, *n2=*1,65;

*d* – диаметр сердцевины световода, *d=*10±0,1 мкм;

*λ*– рабочая длина волны, *λ=*1,3 мкм;

*Kp* – коэффициент рассеяния энергии, *Kp=*1 (дБ/км)/мкм4;

*С’* – 0,6 (дБ∙мкм4)/км;

*tgδ* – тангенс угла диэлектрических потерь в световоде, *tgδ=*10-10.

Определим числовую апертуру по формуле:





Определим критическую длину волны по формуле, м:





Определим критическую частоту по формуле, Гц:



где *с* – скорость света в вакууме, *с=*3∙108 м/с.



Определим критический угол по формуле:





Определим нормированную частоту по формуле:





Определим число мод, передаваемых по волокну по формуле:



.

Определим затухание поглощения, связанное с Рэлеевским рассеянием по формуле, дБ/км:





Затухание в инфракрасной области, дБ:



.

Определим затухание в УФ-области по формуле, дБ/км:





Определим длину регенерационного участка по затуханию по следующей формуле, км:



где *Э* – энергетический потенциал, равный 34,4 дБ;

*М* – энергетический запас, равный 4 дБ;

*n* – количество разъемных соединений, равное 2 (прием, передача);

*αp*– коэффициент затухания n разъемных соединений, равный 0,4 дБ/км;

*m* – количество неразъемных соединений, определяемое по формуле (10.11);

*αнр* – коэффициент затухания m неразъемных соединений, равный 0,1 дБ/км;

*αс* – коэффициент затухания на данной длине волны, равный 0,19 дБ/км;

∆α – увеличение затухания оптического волокна при t<−40°С, 0,05 дБ/км;

*Lсд* – строительная длина кабеля, равная 6 км.



где *L* – длина проектируемого участка сети, составляющая 503 км.





Теперь необходимо осуществить проверку правильности расчетов. Для этого вычислим общее затухание по всей длине регенерационного участка для магистральной связи, а затем полученные значения сравним с заданными в курсовой работе.





Затухания, полученные при проверке для рассчитанных регенерационных участков, меньше заданных значений, следовательно, рассчитанные длины удовлетворяют заданию.

Произведем расчет длины регенерационного участка по дисперсии:



где *β* – скорость передачи информации, равная 622 Мбит/с для магистральной связи;

*Δλ* – длина волны излучения, равная 1 нм;

*δн* – хроматическая дисперсия, равная 4,52 пс/(нм∙км).



Очевидно, что ВОЛС более приемлема для проектируемой линии связи, т.к. оптический кабель более дешевый и не требует специальных мер защиты от мешающих и опасных влияний, позволяет передать большее число каналов в широком спектре частот, а также увеличивается промежуток между усилительными участками. Недостатком ВОЛС является то, что она не приемлема для НЧ-цепей. Для этого параллельно ВОЛС прокладывают НЧ-кабель, от которого делаются отпаи на аппаратуру СЦБ.

Заключение

В результате проделанной курсовой работы была спроектирована линия связи на участках Красноярской железной дороги Барнаул – Кулунда и Кулунда – Карасук, где обеспечено 220 каналов магистральной связи, 120 каналов дорожной связи и различные виды отделенческой оперативно-технологической связи. При проектировании учитывались физико-географические данные участка, его административно-хозяйственная структура; выбрана трехкабельная система с использованием кабеля типа МКПАБ 7х4х1.05+1х2х0.7+1х0.7 для основной магистрали, ТЗБ с различным числом четвёрок – для создания ответвлений. Произведена разработка схемы связи с размещением оконечных и промежуточных усилительных пунктов и скелетной схемы участка. Также были произведены расчеты мешающих и опасных влияний от контактных сетей железных дорог, приведены описания методов защиты от влияний, приведены схемы защиты аппаратуры связи. Приведена методика симметрирования, целью которой является уменьшение взаимных влияний. Произведен расчёт длины регенерационного участка для волоконно-оптической системы передачи информации, которая составила 82,59 км.

Выполнение данной курсовой работы способствовало закреплению теоретических знаний по курсу линий связи, и появлению практических навыков, необходимых при эксплуатации, проектировании, разработке и усовершенствовании устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.

Библиографический список

1 Линии железнодорожной автоматики, телемеханики и связи.– Задание на курсовой проект с методическими указаниями для студентов IV курса. МПС СССР. Москва, 1988. 40 с.

2 Требина, Е.Г. Электромагнитные влияния высоковольтных линий на цепи связи. Методические указание к дипломному и курсовому проектированию / Е.Г. Требина, В.У. Костиков// Омский институт инженеров железнодорожного транспорта. Омск, 1980. 34 с.

3 Правила защиты устройств проводной связи и проводного вещания от влияния тяговой сети электрифицированных железных дорог переменного тока. М.: Издательство «Транспорт», 1989. 134 с.

4 Стандарт предприятия. СТП ОмГУПС 1.2-2005, 29 с.

5 Гроднев И. И., Верник С. М. Линии связи: Учебник для вузов.– М.: Радио и связь.

6 Правила защиты устройств проводной связи и проводного вещания от влияния тяговой сети электрических железных дорог переменного тока.– М.: Транспорт, 1973.

7 Советский энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1980.

8 Гроднев И.И. Инженерно-технический справочник по электросвязи. Кабельные и воздушные линии/ И.И. Гроднев, А.Н. Гумель.

9 https://ru.wikipedia.org/wiki/Алтайский\_край