Федеральное агентство железнодорожного транспорта

Омский государственный университет путей сообщения

Кафедра: «ТРСиС»

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

Доцент кафедры «ТРСиС»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_К. В. Авдеева

ПРОЕКТ МАГИСТРАЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ НА УЧАСТКЕ ЧЕЛЯБИНСК – ВЕРХНИЙ УФАЛЕЙ ЮЖНО-УРАЛЬСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту

по дисциплине «Линии связи»

Студент гр.

Руководитель

Доцент кафедры «ТРСиС»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ К. В. Авдеева

Омск 2020

Реферат

УДК 621.315.21

Курсовая работа содержит 4 страниц, 7 рисунков, 9 таблиц, 6 источников.

Линия связи, магистральный кабель, четверка, усилительный пункт, тяговая подстанция, регенерационный пункт, муфта, взаимное влияние, переходное затухание, симметрирование, контактная сеть, оптический тракт.

Курсовая работа содержит описание проектируемого участка линии связи (физико-географические данные, сведения о сближении с железными дорогами и их характеристику); произведен выбор кабельной системы, типа кабеля; определено размещение оконечных и промежуточных усилительных пунктов; произведен расчет взаимных влияний в цепях связи, описаны меры по снижению влияний; произведен расчет мешающих и опасных влияний контактной сети железной дороги на линию связи, рассмотрены меры по снижению мешающих и опасных влияний, приведено описание мер по защите аппаратуры связи, произведен расчет параметров оптического тракта.

Альбом чертежей, прилагающийся к пояснительной записке, содержит план трассы линии связи, общий вид и сечение кабеля со спецификацией, схему организации связи, скелетную схему участка трассы.

Содержание

[Введение 6](#_Toc513309520)

[1 Описание проектируемого участка линии связи 7](#_Toc513309521)

[1.1 Задачи предварительного сбора сведений о проектируемом участке 7](#_Toc513309522)

[1.2 Краткое экономико-географическое описание проектируемого участка 8](#_Toc513309523)

[1.3 Техническое описание условий работы проектируемой кабельной линии 9](#_Toc513309524)

[2 Выбор типов кабеля, систем передачи, размещение цепей по четверкам 10](#_Toc513309525)

[2.1 Выбор связевой аппаратуры 10](#_Toc513309526)

[2.2 Выбор типа и количества кабелей 11](#_Toc513309527)

[3 Размещение усилительных, регенерационных пунктов и тяговых подстанций на трассе линии связи 14](#_Toc513309528)

[3.1 Размещение усилительных пунктов 14](#_Toc513309529)

[3.2 Размещение регенерационных пунктов 14](#_Toc513309530)

[3.3 Размещение аппаратуры по трассе 15](#_Toc513309531)

[4 Разработка схемы связи согласно заданию и номеру варианта 16](#_Toc513309532)

[5 Разработка скелетной схемы связи, выбор кабелей для ответвления, составление таблиц спецификации и расчета кабелей ответвлений 16](#_Toc513309533)

[6 Расчет влияний контактной сети и ЛЭП на кабельные линии связи 22](#_Toc513309534)

[6.1 Влияние электротяги переменного тока 22](#_Toc513309535)

[6.1.2 Расчет опасных влияний в режиме короткого замыкания 22](#_Toc513309536)

[6.2 Влияние линий электропередачи 23](#_Toc513309537)

[6.2.1 Расчет опасных влияний 23](#_Toc513309538)

[6.2.2 Расчет мешающих влияний 23](#_Toc513309539)

[7 Расчет переходных влияний между цепями кабельной линии связи 24](#_Toc513309540)

[7.1 Определение собственных параметров кабеля 24](#_Toc513309541)

[7.2 Волновые параметры кабеля 27](#_Toc513309542)

[7.3 Расчет переходных затуханий 29](#_Toc513309543)

[8 Мероприятия по защите от кабеля и аппаратуры связи от опасных и мешающих влияний 34](#_Toc513309544)

[8.1 Редукционные трансформаторы 34](#_Toc513309545)

[8.2 Нейтрализующие трансформаторы 34](#_Toc513309546)

[8.3 Необслуживаемые защитные пункты 35](#_Toc513309547)

[8.4 Комбинированная защита воздушных линий связи от электрического и магнитного влияний 36](#_Toc513309548)

[8.5 Защита с помощью дренажных катушек 36](#_Toc513309549)

[9 Мероприятия по защите от переходных влияний 38](#_Toc513309550)

[9.1 Симметрирование низкочастотных цепей 38](#_Toc513309551)

[9.2 Симметрирование высокочастотных цепей 39](#_Toc513309552)

[10 Расчёт параметров оптического тракта 41](#_Toc513309553)

[Заключение 45](#_Toc513309554)

[Библиографический список 46](#_Toc513309555)

[Приложение А. План трассы проектируемой линии связи и проходящей рядом линии электропередачи 47](#_Toc513309556)

[Приложение Б. Схема связи заданного участка 48](#_Toc513309557)

[Приложение В. Монтажная схема участка кабельной магистрали 49](#_Toc513309558)

# Введение

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

Железнодорожная сеть России 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 должна быть разработана линия связи на участке железной дороги Челябинск – Верхний Уфалей, которая в должной мере отвечает приведенным выше требованиям; определены влияния высоковольтных линий на цепи проводной связи.

# 1 Описание проектируемого участка линии связи

Проектируемый участок кабельной линии представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Проектируемый участок Челябинск – Верхний Уфалей

Расстояния между станциями и остановочными пунктами определены согласно Атласу железных дорог Российской Федерации и сведены в таблицу 1.1

## 1.1 Задачи предварительного сбора сведений о проектируемом участке

Прежде чем приступить к проектированию линии связи необходимо задаться всей необходимой для этого информацией. Начальный и конечный пункты каждого участка указаны в задании. Географическое положение данных станций, а также промежуточных пунктов определяется по специальной литературе (географические атласы и атлас железных дорог).

При проектировании кабельной линии важно учесть все влияющие факторы природного и социального характера. Огромное значение имеют свойства почв, их проводимость, химическая активность, климат местности, где предполагается проложить линию связи. Немаловажны и экономические перспективы развития данного региона, расположение крупных промышленных предприятий, автомобильных дорог, рек и прочих средств коммуникации. Точные данные о расположении рек и крупных автострад необходимы для организации пересечений проектируемой лини связи с данными препятствиями. Приведём краткое описание местности, где по заданию планируется проложить проектируемые линии связи.

## 1.2 Краткое экономико-географическое описание проектируемого участка

Данный участок находится в Челябинской области. Площадь Челябинской области равна 88,5 тысячам квадратных километров. Протяжённость области с севера на юг — 490 км, с запада на восток — 400 км. Челябинская область по территории занимает пятое место из восьми регионов Урала и 39 место по России. На севере граничит со Свердловской областью, на востоке — с Курганской, на юге — с Оренбургской, на западе — с Башкортостаном, на юго-востоке — с Казахстаном. Территория Челябинской области состоит из горной и равнинной частей. Горная часть расположена на восточных склонах Среднего и Южного Урала. Только небольшая часть территории области на западе, так называемая Горно-Заводская зона, заходит на западные склоны Среднего и Южного Урала. Восточную и южную часть области занимает Западно-Сибирская равнина.

Рельеф Челябинской области отличается большим разнообразием. В пределах Челябинской области имеются различные области — от низменностей и холмистых равнин до хребтов, вершины которых превышают 1000 м. Высочайшая точка области — гора Нургуш (1406 м). Поверхность равнины испещрена котловинами озёр и речными равнинами с пологими склонами.

Климат Челябинской области континентальный. Зима холодная и продолжительная, лето относительно жаркое с периодически повторяющимися засухами. Особенности климата связаны с расположением области в глубинах Евразии, на большом удалении от морей и океанов. На формирование климата существенно влияют Уральские горы, создающие препятствие на пути движения западных воздушных масс. Наибольшее годовое количество осадков (700–800 мм).

Численность населения 2662,3 тыс. чел., национальный состав: русские, украинцы, татары, башкиры, немцы, казахи и др.; городских жителей — 82,84 %. Включает 15 городов областного значения, 15 городов, 27 районов, 13 посёлков городского типа. Крупные города: Челябинск, Златоуст, Миасс. Административный центр — Челябинск. Численность населения области по данным Госкомстата России составляет 3 493 036 чел.

Челябинская область является одной из наиболее индустриально развитых территорий России. Определяют развитие области такие отраслевые комплексы, как металлургический, машиностроительный, топливно-энергетический, строительный, аграрно-промышленный. Одним из важнейших видов обрабатывающих производств для Челябинской области является металлургическое производство, производство готовых металлических изделий. В металлургическом комплексе производится более 60% объема промышленной продукции.

Южно-Уральская железная дорога, проходящая через территорию Челябинской области, пересекает территорию Европейского и Азиатского континентов. Общая протяженность железных дорог — 1733,2 км, в том числе электрифицировано — 1290 км. Количество мостов и путепроводов — 1266, из них 15 больших мостов длиной более 100 метров; железнодорожных станций - 130, количество приемоотправочных путей на станциях — 876.

## 1.3 Техническое описание условий работы проектируемой кабельной линии

Линию связи планируется полностью расположить в полосе отвода железной дороги, т.е. в зоне непосредственного действия контактной сети. Участок Челябинск – Верхний Уфалей электрифицирован на переменном токе. Параллельно проектируемой линии связи крупные ЛЭП не располагаются.

Таблица 1.1 – Расстояния между станциями

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Название станции | Расстояние между станциями, км | Расстояние по трассе, км |
| Участок Челябинск – Верхний Уфалей | | |
| Челябинск - Главный | 0 | 0 |
| Электростанция | 6 | 6 |
| Шагол | 9 | 15 |
| Ессаульская | 6 | 21 |
| О.п. Касарги | 8 | 29 |
| Ишалино | 8 | 37 |
| Аргаяш | 13 | 50 |
| Рзд. Бижеляк | 15 | 65 |
| О.п. Татыш | 9 | 74 |
| Кыштым | 7 | 81 |
| О.п. Кувалжиха | 6 | 87 |
| О.п. Тюбук | 7 | 94 |
| Окончание таблицы 1.1 | | |
| Маук | 10 | 104 |
| О.п. Силач | 10 | 114 |
| Рзд. Иткуль | 12 | 126 |
| Верхний Уфалей | 8 | 134 |

План трассы проектируемой линии связи и проходящей рядом линии электропередачи представлен в приложении А.

2 Выбор типов кабеля, систем передачи, размещение цепей по четверкам

2.1 Выбор связевой аппаратуры

Согласно заданию на курсовое проектирование, нам необходимо обеспечить 440 каналов магистральной связи, 220 каналов дорожной связи и все виды оперативно технологической связи (ОТС). При определении требуемого числа систем передачи необходимо руководствоваться следующими принципами:

а) кабель должен использоваться наиболее эффективно, резерв по физическим цепям должен составлять примерно 10% –15 % (практически, это означает, что одна из четвёрок кабеля должна быть резервной);

б) резерв по каналам связи должен составлять не более 15% – 20%.

Определим необходимое число систем передачи данных для обеспечения работы магистральной связи. Используем аппаратуру типа ИКМ-120. Данная система способна обеспечить работу 120 каналов связи. Используем следующую зависимость:

,

где N – требуемое число систем передачи,

Nk – число каналов, которое необходимо обеспечить,

Nc – число каналов, на которое рассчитана используемая система связи.

В данном случае:



Для организации магистральной связи достаточно четырех систем ИКМ-120. Определим число резервных каналов связи:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2.2) |

где  – резерв.

.

Таким образом, для магистральной связи



.

Определим необходимое число систем передачи данных для обеспечения работы дорожной связи. Используем выше приведённый метод расчёта.



Необходимо использовать две системы ИКМ-120.

Определим резерв по каналам:



Таким образом, для дорожной связи:



Итого общее количество четверок 3.

При организации ОТС необходимо учесть, что некоторые виды связи, такие как перегонная и межстанционная не подлежат частотному или временному уплотнению и могут быть реализованы только по физическим цепям (обусловлено устройством оконечных абонентских аппаратов, назначением, соображениями безопасности и надёжности).

Организуем оперативно-технологическую связь по физическим цепям.

Данное техническое решение незначительно превышает нормы по числу резервных четверок, а следствием является дополнительный резерв, который может быть использован для дальнейшей модернизации связи.

Определим необходимое число физических цепей:

– магистральная связь – по четыре пары на одно направление передачи;

– дорожная связь – по две паре на одно направление передачи;

– ОТС – 16 пар.

Всего: не менее 22-х пар для двухсторонней связи. Число используемых пар будет уточнено в дальнейшем, после проведения распределения по физическим цепям.

2.2 Выбор типа и количества кабелей

Кабельная магистраль может быть организована по одно-, двух-, или трех кабельной системе. При одно-кабельной системе все виды связи и цепи СЦБ организуются по одному кабелю. Одно-кабельная система наиболее дешёвая, однако, обладает ограниченной дальностью передачи (до 1500 км) и допускает относительно небольшое развитие числа телефонных каналов. Поэтому эта система рекомендуется для организации дорожной и отделенческой связи лишь на второстепенных участках железных дорог, не имеющих перспектив развития.

При двух кабельной системе для организации всех видов связи и СЦБ прокладывается два кабеля, при этом для цепей дальней связи (магистральной и дорожной) используется цифровая система передачи, например, ИКМ-120, со скоростью передачи информации 8448 Кбит/с. Данная система требует две кабельные пары. Пары располагаются в разных кабелях в целях обеспечения защищённости от переходных токов.

В ответственных случаях применяют трех кабельную 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 двух кабельную систему. В связи с тем, что почвы на данном участке не относятся к агрессивным, выберем магистральный кабель МКПАБ – 14×4×1.05+5×2×0.7+1×0.7. – для прокладки в почве. Сечение выбранного кабеля представлено на   
рисунке 1.1.

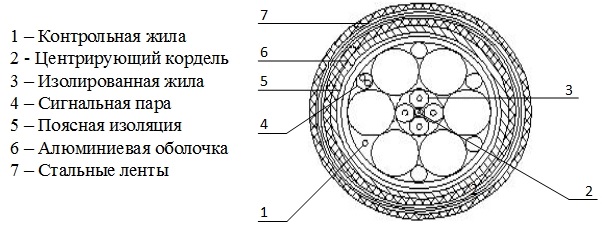


Рисунок 1.1 – Сечение кабеля МКПАБ 7×4×1,05+5×2×0,7+1×0,7

2.3 Распределение цепей по четверкам симметричного кабеля

Прокладка кабельной линии связи невозможна без точных данных о использовании различных физических цепей кабеля. При распределении учтем проведенные ранее расчеты. Приведём таблицу распределения (таблица 2.1). Для уменьшения числа отпаек от второго кабеля, все сигнальные пары располагаем в первом кабеле. Сигнальные пары второго кабеля оставим в резерве.

Таблица 2.1 – Распределение цепей по четверкам кабеля

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номера четверок и сигнальных пар | Тип  Четверок | Цепи связи и СЦБ | | | |
| Кабель 1 | | Кабель 2 | |
| 1 пара | 2 пара | 1 пара | 2 пара |
| 1 | ВЧ | Маг. 120 передача | Маг.120 передача | Маг. 120 прием | Маг. 120 прием |
| 2 | ВЧ | Дор. 120 передача | Дор. 100 резерв 20 передача | Дор. 120 прием | Дор. 100 резерв 20 прием |
| 3 | ВЧ | Маг. 120 передача | Маг.80  резерв 40 передача | Маг. 120 прием | Маг.80  резерв 40 прием |
| 4 | ВЧ | Резерв 120 передача | Резерв 120 передача | Резерв 120 прием | Резерв 120 прием |
| 5 | НЧ | ПДС | ЛПС | ТУ | ТС |
| 6 | ВЧ | Резерв 120 передача | Резерв 120 передача | Резерв 120 прием | Резерв 120 прием |
| 7 | НЧ | ЭДС | ПС | ВДС | «Экспресс» |
| 8 | НЧ | ПГС | ПГС | ПРС | ПРС |
| Окончание таблицы 2.1 | | | | | |
| 9 | НЧ | СЭМ | МЖС | Пр-зд | СЦБ-ДК |
| 10 | НЧ | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв |
| 11 | НЧ | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв |
| 12 | НЧ | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв |
| 13 | НЧ | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв |
| 14 | НЧ | Резерв | Резерв | Резерв | Резерв |
| Сигнальные пары | | | | | |
| 1 | ⎯ | СЦБ | | Резерв | |
| 2 | ⎯ | СЦБ | | Резерв | |
| 3 | ⎯ | СЦБ | | Резерв | |
| 4 | ⎯ | СЦБ | | Резерв | |
| 5 | ⎯ | СЦБ | | Резерв | |
| Контрольная жила | ⎯ | ⎯ | | ⎯ | |

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

Проектируемая связевая магистраль передает как высокочастотные, так и низкочастотные сигналы. По мере прохождения через канал связи они искажаются, затухают и смешиваются с помехами. Для восстановления сигналов используются усилительные и регенерационные устройства.

3.1 Размещение усилительных пунктов

По методу использования аппаратура ВЧ телефонирования подразделяется на промежуточную и оконечную. Оконечная аппаратура содержит приборы и устройства, необходимые для передачи в линию модулированных сигналов высокой частоты и для выделения исходных сигналов тональной частоты из приходящих с линии модулированных сигналов высокой частоты. Промежуточная аппаратура представляет собой систему усилителей и фильтров.

Пункты, в которых устанавливается промежуточная аппаратура, называются усилительными (УП).

Дистанционное питание УП осуществляется из опорных или питающих обслуживаемых усилительных пунктов (ОУП), имеющих электроустановку и обслуживающий персонал.

Питаемые дистанционно УП, не имеющие энергоустановок и постоянно находящегося в них персонала, носят название необслуживаемых усилительных пунктов (НУП).

Оконечные пункты размещаются на станциях, где расположены отделения или управления дорог. УП располагаются по трассе в зависимости от систем уплотнения.

Если расстояние меньше нормы, то ставится специальное устройство – «искусственная линия», которая удлиняет линию связи (ИЛ-3, ИЛ-6; цифра обозначает количество километров, на которое увеличивается линия).

Для НЧ сигналов местной связи оконечная аппаратура устанавливается в местах назначения (релейные шкафы, посты централизации и т. д.), а усилители располагаются через каждые 25 – 30 км. Если расстояние меньше нормы, то также устанавливаются «искусственные линии».

3.2 Размещение регенерационных пунктов

При использовании ВЧ системы ИКМ-120 возникает задача восстановления сигналов (импульсы, проходя по каналу, теряют свою форму, сливаются и т. д.).

Для восстановления формы сигнала используется специальная регенерационная аппаратура. Она размещается в обслуживаемых и необслуживаемых регенерационных пунктах (ОРП, НРП). РП размещаются по трассе через каждые 5 – 8 км.

3.3 Размещение аппаратуры по трассе

Размещение аппаратуры показано на схематическом плане участков в приложении А, а также в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Размещение аппаратуры по трассе связи.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Станция или перегон | Расстояние по трассе, км | Расстояние между объектами, км | Объекты | |
| ТП | Объекты связи |
| Челябинск-Главный | 0 | 0 | ТП | ОРП, ОУП |
| Ст. Электростанция | 6 | 6 |  | НРП |
| Перегон | 12 | 6 |  | НРП |
| Ст. Шагол | 15 | 3 | ТП |  |
| Перегон | 19 | 4 |  | НРП |
| Ст. Ессаульская | 21 | 3 |  | НУП |
| Перегон | 25 | 4 |  | НРП |
| О. п. Касарги | 29 | 4 | ТП |  |
| Перегон | 31 | 2 |  | НРП |
| Ст. Ишалино | 37 | 6 | ТП | ОРП |
| Перегон | 45 | 8 |  | НРП, НУП |
| Ст. Аргаяш | 50 | 5 | ТП | НРП |
| Перегон | 58 | 8 |  | НРП |
| Окончание таблицы 3.1 | | | | |
| Рзд. Бижеляк | 65 | 7 | ТП | НРП, НУП |
| О. п. Татыш | 74 | 9 | ТП | НРП |
| Ст. Кыштым | 81 | 7 |  | НУП, ОРП |
| О. п. Кувалжиха | 87 | 6 | ТП | НРП |
| О. п. Тюбук | 94 | 7 |  | НРП |
| Перегон | 101 | 7 |  | НРП |
| Ст. Маук | 104 | 3 | ТП | НУП |
| Перегон | 107 | 3 |  | НРП |
| О. п. Силач | 114 | 7 | ТП | НРП |
| Перегон | 120 | 6 |  | НРП |
| Рзд. Иткуль | 126 | 6 | ТП | НУП, ОРП |
| Ст. Верхний Уфалей | 134 | 8 |  | ОУП |

# 4 Разработка схемы связи согласно заданию и номеру варианта

Главным недостатком кабельных линий связи в настоящее время является совместное прохождение путей связи и автоматики в одних кабелях, что вызывает влияние кодовых цепей на каналы связи, требует установки фильтров и т.д., а также вызывает необходимость большого количества ответвлений.

Ответвления от магистрального кабеля делают для ввода цепей в помещения постов ЭЦ и пассажирские здания, подвода цепей автоматики и перегонной связи к сигнальным точкам автоблокировки, для включения промежуточных пунктов линейно-путевой связи на перегонах, связи объектов электрификации (тяговых подстанций и др.).

Ответвления с цепей осуществляется шлейфом или параллельно; цепи автоматики всегда ответвляют шлейфом. На станциях, где нет усилительных пунктов, все цепи отделенческой связи заводят в пассажирское здание с устройствами автоматики и пост ЭЦ шлейфом. В тех случаях, когда объекты, к которым должно быть подано ответвление, находятся на расстоянии меньше 100 метров один от другого, применяют объединенные ответвления, заканчивающиеся на ближайшем из объектов.

Для разработки схемы связи была выбрана часть трассы от О.п. Татыш до станции Караево, протяжённость которой составляет 7 км. Согласно своему варианту №3 дополнительно на данной схеме необходимо представить следующие объекты: ТП (п) – тяговая подстанция (с правой стороны), П (л) – жилое или служебное здание службы пути (с левой стороны), ПСКЦ (п) – пост секционирования контактной сети (с правой стороны), ЭЦ (п) – пост ЭЦ (с правой стороны. Схема по организации связи представлена в альбоме чертежей.

# 5 Разработка скелетной схемы связи, выбор кабелей для ответвления, составление таблиц спецификации и расчета кабелей ответвлений

Основным документом для монтажа магистрального кабеля является скелетная схема участка связи, представленная в альбоме чертежей. 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 на кабелях ответвлений:

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.

В пояснении к скелетной схеме кабельной линии произвели расчет емкости и длины кабелей ответвлений и вторичной коммутации.

Расчёт расстояния по трассе до объекта

Расчётная формула для релейного шкафа слева:

, (5.1)

Расчётная формула для релейного шкафа справа:

, (5.2)

где lтр – расстояние от кабеля связи до головки рельса,

∆l – ширина колеи,

lр – расстояние от головки рельса до РШ.

Произведём расчёт по формулам для РШ-Вх, в нашем случае ∆l = 1,52м,

lр= 3 м, lтр = 50 м:

.

Дополнительного расхода кабеля при укладке принимается в размере 2,2% (1,6% на изгибы при укладке в траншеях и котлованах, 0,6% - отходы при оконечных работах). Расход кабеля на устройства ввода для различных объектов: ОУП, пост ЭЦ, пассажирского здания, ТП – 20м. Расход кабеля на остановочные пункты, пункт будки на переезде, линейно-путевого здания, квартиру электромеханика, дежурный пост контактной сети – 5м. Для РШ постоянного секционирования контактной сети – 3м.

Дополнительный расход считается по формуле:

, (5.3)

где lустр.ввода – табличная величина, м.

В нашем случае:



Для РШ-Вх общий расход кабеля:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5.4) |

В нашем случае:

.

Результаты расчета длин кабелей ответвлений и вторичной коммутации представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчетная таблица кабелей ответвлений и вторичной коммутации

19

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ордината объекта, км | Тип ответвления | Цепь ответвления | | Число пар | Емкость и марка кабеля | Расстояние по трассе, lтр, м | Доп.расстояние, lдоп, м | Общая длина, lобщ, м |
| Шлейфом | Параллельно |
| 0 км | НРП | ВЧ,ПДС,ЭДС,ПС,Экспресс,ВДС,МЖС,ПГС,  ПРС,ЛПС,СЭМ,ТУ,ТС,СЦБ-ДК,Пр-зд,СЦБ | - | - | - | - | - | - |
| 0,5 км | ТП | ТУ, ТС | ЭДС, ПС | 4 | ТЗБ3х4 | 101,52 | 22,2 | 123,72 |
| 1,5 км | РШ-Вх | ПГС, СЦБ | ПДС | 3 | ТЗБ3х4 | 54,52 | 4,2 | 58,72 |
| 2 км | РШ | МЖС,ПГС,СЦБ | - | 3 | ТЗБ3х4 | 47 | 4,034 | 51,034 |
| 3 км | ПБ | ПГС | ЛПС | 2 | ТЗБ3х4 | 151,52 | 8,333 | 159,853 |
| 3,815 км | РШ-АПС | МЖС,ПГС,СЦБ, Пр-зд | ЛПС, ПДС | 6 | ТЗБ3х4 | 54,52 | 4,2 | 58,72 |
| 4,5 км | РШ | МЖС,ПГС,СЦБ | - | 3 | ТЗБ3х4 | 47 | 4,034 | 51,034 |
| 5 км | РШ-Вх | ПГС, СЦБ | ПДС | 3 | ТЗБ3х4 | 54,52 | 4,2 | 58,72 |
| 6,8 км | ШН | ПГС | СЭМ | 2 | ТЗБ3х4 | 45 | 3,99 | 48,99 |
| 7 км | ОРП | ВЧ,ПДС,ЭДС,ПС,Экспресс,ВДС,МЖС,ПГС,  ПРС,ЛПС,СЭМ,ТУ,ТС,СЦБ-ДК,Пр-зд,СЦБ | - | - | - | - | - | - |
| 7 км | НУП | ВЧ,ПДС,ЭДС,ПС,Экспресс,ВДС,МЖС,ПГС,  ПРС,ЛПС,СЭМ,ТУ,ТС,СЦБ-ДК,Пр-зд,СЦБ | - | - | - | - | - | - |
| 7 км | ЭЦ | ПДС,ЭДС,ПС,ВДС,МЖС,ПГС,ПРС,ЛПС,  СЭМ,ТУ,ТС,СЦБ-ДК,Пр-зд,СЦБ | - | 15 | 2ТЗБ4х4 | 15 | 20,33 | 35,33 |

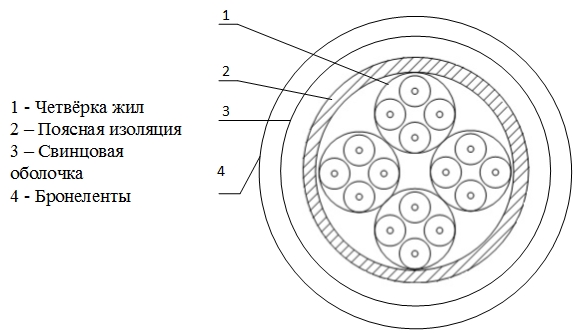
Выбираем кабель ТЗБ4х4, который удовлетворяет требованиям данного участка.

Рисунок 5.1 – Сечение кабеля ТЗБ 4х4х1,2

6 Расчет влияний контактной сети и ЛЭП на кабельные линии связи

Произведем расчет для участка железной дороги: О.п. Татыш – ст. Кыштым, длиной 7 км.

## 6.1 Влияние электротяги переменного тока

6.1.1 Расчет мешающих влияний

Мешающее напряжение рассчитывается по формуле 6.1:

,

где Mk – взаимная индуктивность;

ηk – коэффициент чувствительности;

sk – коэффициент экранирования;

lэ – длина рассматриваемого участка;

pk – коэффициент акустического воздействия.



Величина напряжений шума меньше нормы, составляющей 1 мВ, значит, дополнительные меры защиты не нужны.

### 6.1.2 Расчет опасных влияний в режиме короткого замыкания

Опасные влияния в цепях связи следует вычислять на частоте рабочего тока 50 Гц при условии заземления провода на противоположном конце, так как в этом случае напряжение относительно земли максимально. Для режима короткого замыкания опасные напряжения на проводах связи относительно земли вычисляют, предполагая, что контактная сеть имеет одностороннее питание.

Так как длина усилительного участка кабельной цепи в нашем случае менее 40 км, расчет производится по формуле



где Iкз – ток короткого замыкания.

Согласно варианту Iкз = 23000 А.



Как видно из вышеприведенных расчетов опасное напряжение при коротком замыкании превышает допустимую норму (для большинства магистральных железнодорожных кабелей – 300 В), поэтому требуются дополнительные средства применяемые в качестве защиты.

## 6.2 Влияние линий электропередачи

### 6.2.1 Расчет опасных влияний

ЭДС при коротком замыкании фазового провода определяется по формуле



где i’ – количество участков косого или параллельного сближения до предполагаемого места к.з;

Iкз – ток к.з., определяемый по диаграмме, в зависимости от места аварии.



Значение продольной ЭДС не превышает норму, поэтом дополнительные средства защиты не требуются.

### 6.2.2 Расчет мешающих влияний

Напряжение шума в приемнике вычисляется по формуле



где k10 – поправочный коэффициент;

Z(1-A)ср = ωМср – модуль взаимного сопротивления между однопроводными ЛЭП и ЛС для частоты 800Гц;

lэ – общая длина сближения в пределах усилительного участка;

l – длина усилительного участка.





7 Расчет переходных влияний между цепями кабельной линии связи

## 7.1 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 длинны [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.

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. Воспользуемся данным способом расчёта. Зависимость функций от частоты приведена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Специальные вспомогательные функции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| f, кГц | F(f) | G(f) | H(f) | Q(f) |
| 50 | 0,934 | 0,707 | 0,5138 | 0,706 |
| 100 | 1,63 | 0,8466 | 0,584 | 0,423 |
| 150 | 2,169 | 1,3237 | 0,6113 | 0,3523 |
| 200 | 2,9977 | 1,5489 | 0,6343 | 0,3024 |
| 250 | 3,1 | 1,7488 | 0,75 | 0,2668 |
| 300 | 3,3554 | 1,9277 | 0,75 | 0,2436 |
| 350 | 3,6843 | 1,0922 | 0,76 | 0,2255 |
| 400 | 3,9905 | 2,2752 | 0,76 | 0,2109 |
| 450 | 4,278 | 2,389 | 0,77 | 0,1988 |
| 500 | 4,55 | 2,549 | 0,77 | 0,1886 |

Для расчёта первичных параметров можно воспользоваться следующими зависимостями:

,

где R0 – удельное сопротивление постоянному току [Ом/км], для кабеля

МКПАБ данная величина составляет 31,7 Ом/км;

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 (2,6 мм):

ΔR – дополнительное сопротивление за счёт потерь энергии на вихревые токи. Данная величина является функцией частоты и зависит от материала оболочки кабеля:

.

Удельная индуктивность определяется по следующей зависимости:



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

χ – коэффициент скрутки. Для кабеля МКПАБ χ = 1,02.

Емкость кабельной линии определяется по следующее зависимости:

,

где ϕ – коэффициент увеличения ёмкости за счёт эффекта близости. Для

используемого кабеля ϕ = 0,644;

εр – диэлектрическая проницаемость изоляции. В данном случае εр= 2.

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

,

где tgδp – результирующий тангенс угла потерь изоляции. Для воздушно-

полистироловой (кордельно-стирофлексной) и всех разновидностей полиэтиленовой (кордельно-трубчатой, пористо-полиэтиленовой) изоляции тангенс угла диэлектрических потерь имеет малые значения.

Примем тангенс угла диэлектрических потерь равным 12·10-4.

Произведём расчёт первичных параметров для кабеля МКПАБ в спектре частот, используемом аппаратурой связи, применённой в данном проекте. Полученные данные занесём в таблицу 7.2.

Таблица 7.2 – Частотная зависимость первичных параметров кабельной линии

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| f, кГц | R, Ом/км | L, мГн/км | С, нФ/км | G, мкСм/км |
| 50 | 49.244 | 0,672 | 54,98 | 20,72 |
| 100 | 65.502 | 0,643 | 54,98 | 41,43 |
| 150 | 83.522 | 0,636 | 54,98 | 62,15 |
| 200 | 103.398 | 0,63 | 54,98 | 82,87 |
| 250 | 109.148 | 0,627 | 54,98 | 103,6 |
| 300 | 117.102 | 0,624 | 54,98 | 124,3 |
| 350 | 124.775 | 0,623 | 54,98 | 145 |
| 400 | 135.277 | 0,621 | 54,98 | 165,7 |
| 450 | 142.87 | 0,620 | 54,98 | 186,5 |
| 500 | 150.803 | 0,619 | 54,98 | 207,2 |

Приведём пример расчёта на частоте f = 50 кГц:











Построим по полученным данным графики частотных зависимостей первичных параметров (рисунок 7.1).



a



б



в



г

Рисунок 7.1 – Функции частотных зависимостей первичных параметров:

а – сопротивления; б – индуктивности; в – емкости; г – проводимости

## 

## 7.2 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. 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 7.3.

Таблица 7.3 – Волновые параметры кабеля МКПАБ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Re (ZВ(f)) | Im(ZВ(f)) | Re(γ(f)) | Im(γ(f)) |
| 111,3 | -12,74 | 0,22 | 1,92 |
| 108,52 | -8,67 | 0,30 | 3,74 |
| 107,81 | -7,41 | 0,39 | 5,58 |
| 107,35 | -6,91 | 0,48 | 7,41 |
| 106,98 | -5,84 | 0,51 | 9,23 |
| 106,75 | -5,23 | 0,55 | 11,05 |
| 106,57 | -4,78 | 0,59 | 12,87 |
| 106,43 | -4,54 | 0,64 | 14,69 |
| 106,31 | -4,26 | 0,68 | 16,51 |
| 106,22 | -4,04 | 0,72 | 18,33 |

Приведём пример расчёта на частоте 50 кГц:





Графические зависимости представлены на рисунке 7.2.

Рисунок 7.2 – Волновые параметры кабеля:  
а – реальная часть волнового сопротивления; б – мнимая часть волнового сопротивления; в – реальная часть коэффициента распространения; г – мнимая часть коэффициента распространения

## 7.3 Расчет переходных затуханий

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. Стандартная строительная длина (850 ±10) м. Примем для расчета значение, равное 850 м.

В курсовой работе задан коэффициент емкостной связи  и следующие соотношения:



Активная составляющая электрической связи g12 и активная составляющая магнитной связи r12 определяются по формулам:





Коэффициент индуктивной связи определяется по формуле



Комплексные вектора электромагнитной связи определяются по формулам





где – 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 формулам





Приведем примеры расчетов всех величин на частоте 50кГц.















Результаты расчетов для остальных частот сведены в таблицу 7.4.

Таблица 7.4 – Параметры, характеризующие влияние на кабельные линии

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| K12∙10-6, См/км | М12∙10-3,Ом/км | N12∙10-3 | F12∙10-6 |
| 1,372+j5,96 | 41+j67 | 0,52+j1 | -66,41 + j7,6 |
| 2,74+j11,93 | 69+j132 | 0,93+j3 | –129,5+ j10,35 |
| 4,117+j17,9 | 97+j198 | 1+j4 | -193+ j13,27 |
| 5,48+j23,86 | 126+j262 | 2+j5 | -256,2+ j16,49 |
| 6,86+j29,83 | 150+j328 | 2+j6 | –319,1+ j17,44 |
| 8,23+j35,8 | 174+j394 | 3+j8 | –382,1+ j18,73 |
| 9,6+j41,76 | 199+j459 | 3+j9 | –445,1+ j19,96 |
| 10,98+j47,73 | 224+j524 | 3+j10 | –508+ j21,66 |
| 12,35+j53,69 | 249+j590 | 4+j11 | –570,8+ j22,88 |
| 13,72+j59,66 | 273+j655 | 4+j13 | –633,7+ j24,15 |

Переходные затухания на одну строительную длину можно определить по следующим формулам:







где – переходное затухание в начале строительной длины, дБ,

 – переходное затухание в конце строительной длины, дБ,

 – защищенность строительной длины, дБ,

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

S – строительная длина, км (S = 0,85 км).

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







где *п –* количество строительных длин на усилительном участке.

Приведем примеры расчетов всех величин на частоте 50кГц.













Расчет на остальных частотах аналогичен. По результатам расчета заполняем таблицу 7.5, на основании которой после построим графики.

Таблица 7.5 – Величина рассчитанных переходных затуханий

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| f, кГц | A0(СД), дБ | AL(СД), дБ | АЗ(СД), дБ | A0, дБ | AL, дБ | AЗ, дБ |
| 50 | 63,17 | 89,7 | 89,52 | 61,96 | 81,67 | 79,97 |
| 100 | 57,4 | 84 | 83,75 | 57,54 | 76,53 | 74,2 |
| 150 | 53,94 | 80,62 | 80,29 | 55,17 | 73,73 | 70,75 |
| 200 | 51,48 | 78,24 | 77,83 | 53,66 | 72 | 68,29 |
| 250 | 49,58 | 76,36 | 75,92 | 52,01 | 70,33 | 66,38 |
| 300 | 48,01 | 74,83 | 74,36 | 50,77 | 69,07 | 64,82 |
| 350 | 46,69 | 73,55 | 73,04 | 49,74 | 68,04 | 63,5 |
| 400 | 45,54 | 72,44 | 71,89 | 48,95 | 67,28 | 62,35 |
| 450 | 44,53 | 71,46 | 70,88 | 48,18 | 66,55 | 61,34 |
| 500 | 43,62 | 70,6 | 69,97 | 47,52 | 65,95 | 60,43 |



Рисунок 7.3 – Зависимости переходных затуханий на одну строительную длину от частоты



Рисунок 7.4 – Зависимости переходных затуханий на длине усилительного участка от частоты

Рассчитанные результаты находятся в пределах нормы, поэтому защитные мероприятия проводить не нужно.

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

## 8.1 Редукционные трансформаторы

У некоторых кабелей, например, одно- и четырёхчетвёрочных типов МКСАШп, МКССШп, КСПП и др., коэффициент защитного действия металлических покровов имеет большую величину, что во многих случаях не позволяет снизить индуцируемые в жилах кабеля напряжения и токи в требуемое количество раз. Увеличение реального экранирующего действия металлических покровов таких кабелей для цепи «жила-земля» может быть достигнуто путём искусственного увеличения сопротивления связи между цепями «металлические покровы - земля» и «жила-земля». Осуществить это можно путём включения в разрез кабеля на длине сближения ЛВН в одном или нескольких пунктах редукционных трансформаторов (РТ). Первичная обмотка РТ состоит из 30-60 витков медного изолированного провода, сечение которого не должно быть меньше сечения металлических покровов защищаемого кабеля. Вторичная обмотка трансформатора, имеющая такое же количество витков, что и первичная, выполняется таким же кабелем, как и защищаемый, но без металлических покровов. Обе обмотки РТ навиваются на замкнутый магнитопровод из трансформаторной стали. Редукционный трансформатор даёт наибольший защитный эффект при включении его в кабель, у которого металлические покровы изолированы от земли.



Рисунок 8.1 - Схема включения редукционного трансформатора

## 8.2 Нейтрализующие трансформаторы

Нейтрализующий трансформатор представляет собой многообмоточный низкочастотный трансформатор, предназначенный для снижения индуцируемых напряжений в проводах воздушных или кабельных линий.

Для уменьшения индуцированных высоких напряжений необходимо, чтобы напряжение, наведённое в каждой жиле кабеля или в каждом проводе воздушной линии связи, равнялось по величине первичному напряжению, создаваемому обмоткой, включенной в металлический покров кабеля или в дополнительный провод (защитный) воздушной линии, заземлённый на обоих концах, но было бы противоположно по фазе для получения необходимого напряжения нейтрализации. Таким образом, требуемые напряжения нейтрализации получаются подсоединением дополнительного провода к первичной обмотке трансформатора с коэффициентом трансформации 1:1. Этот трансформатор имеет столько вторичных обмоток, сколько проводов на воздушной линии связи или жил на кабеле связи и каждая из них соединена последовательно с проводом связи и включена так, что напряжение её противоположно по фазе напряжению от высоковольтной линии, наводимому на заземлённом проводе, соединённом последовательно с первичной обмоткой трансформатора.

Нейтрализующие трансформаторы предназначены для работы только в тональном диапазоне частот. Выше 10 КГц вносимое ими затухание становится настолько высоким, что передача по цепям становится невозможной.

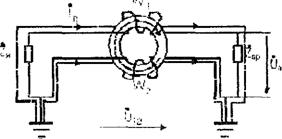


Рисунок 8.2 – Схема нейтрализующего трансформатора

## 8.3 Необслуживаемые защитные пункты

Совокупность разделительных трансформаторов и фильтров, смонтированных в общем контейнере на всё количество кабельных цепей вместе с устройством ввода кабелей и передачей воздушного давления, называют необслуживаемыми защитными пунктами (НЗП). Включение, например, двух НЗП на длине усилительного участка позволяет разделить его по частоте 50 Гц на три участка так, что норма допустимой ЭДС может быть отнесена к одному участку между НЗП.

Необслуживаемый защитный пункт как защитную меру целесообразно применять на существующих уже эксплуатируемых кабельных магистралях в случаях, если вновь строящаяся высоковольтная линия вынуждена по каким-либо причинам пройти от кабельных линий на расстояниях, при которых во время аварии могут возникнуть на жилах кабеля опасные напряжения. Включение двух-трёх НЗП на участке сближения в кабельную линию снизит наводимые напряжения соответственно в 3-4 раза. На секции дистанционного питания аппаратуры К-60п можно включить до пяти НЗП.

## 8.4 Комбинированная защита воздушных линий связи от электрического и магнитного влияний

При осуществлении электрификации железных дорог на переменном токе на проводах воздушных линий связи, проложенных в непосредственной близости вдоль полотна железной дороги (на расстоянии 15-20 м), будут индуцироваться высокие напряжения по отношению к земле от влияния электрического поля (до 1500-2500 В) и большие продольные ЭДС от влияния магнитного поля (до 3000-4000 В на длине усилительного участка). Такие линии следует заменять кабельными с хорошим коэффициентом защитного действия. Чтобы не уничтожать эти линии полностью, по предложению ЦНИИС было принято решение защитить от повышенного влияния и оставить для эксплуатации цветные цепи, уплотнённые двенадцати и трёхканальными системами передачи. С целью защиты используется комбинированное включение разделительных трансформаторов (так называемых разделительных защитных устройств РЗУ) и дренажных катушек с заземлённой через сопротивление средней точкой (так называемых ДКМ). Дренажная катушка включается в середине участка между соседними РЗУ. Расстояние между РЗУ определяется расчётом исходя из допустимой нормы ЭДС. Снижение напряжений, обусловленных электрическим влиянием, достигается заземлением средних точек ДКМ. В условиях тесного сближения линии связи с железной дорогой переменного тока снижение индуцированных ЭДС до безопасной величины (60 В) потребовало бы включения чрезмерно большого количества разделительных трансформаторов (60-70 штук на одном усилительном участке), что недопустимо по условиям передачи и надёжности работы цепи. Поэтому на указанных линиях в качестве нормы индуцируемой ЭДС принимают величину 500-1000 В. Такие воздушные линии следует отнести к высоковольтным и обслуживать их необходимо с соблюдением соответствующих мер безопасности.

## 8.5 Защита с помощью дренажных катушек

Дренажные катушки (ДК) предназначены для обеспечения одновременного срабатывания разрядников, включенных в провода телефонной цепи, снижения и уравнивания потенциалов проводов этой цепи и для создания при срабатывании разрядников большого сопротивления между проводами телефонной цепи рабочим токам передачи. В результате такого действия дренажные катушки снижают помехи во всех каналах системы передачи и в особенности в каналах тонального телеграфирования.

Пусть имеем параллельное сближение высоковольтной линии с линией связи на длине l км. При коротком замыкании одного из фазных проводов линии на землю в проводах каждой телефонной цепи могут возникнуть продольные ЭДС опасных величин. При этом напряжения на концах сближения на каждом проводе телефонной цепи по отношению к земле приблизительно будут равны половине этой ЭДС. Включив между проводами двухпроводной цепи по концам сближения две дренажные катушки (и заземлив их средние точки, можно снизить напряжения проводов цепи по отношению к земле, т.е. получить величину, не опасную ни для аппаратуры связи, ни для обслуживающего персонала.

# 9 Мероприятия по защите от переходных влияний

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 симметрирование ⎯ комплекс мероприятий, направленных на уменьшение влияний. В этот комплекс входят методы взаимной компенсации влияний с отдельных участков линии (метод скрещивания цепей) и метод ослабления влияния с помощью контуров из последовательно соединенных резисторов с активным сопротивлением и конденсаторов (контуров противосвязи).

## 9.1 Симметрирование низкочастотных цепей

Симметрирование кабельных цепей является основной мерой их защиты от внешних и взаимных помех. Оно состоит в компенсации действующих в кабеле электромагнитных связей с целью повышения защищённости цепей и переходного затухания. Симметрирование производится как в заводских условиях (скрутка жил), так и при строительстве в процессе монтажа кабельных линий.

Так как в кабелях низкой частоты преобладают ёмкостные связи, симметрирование их осуществляется скрещиванием и включением дополнительных конденсаторов.

В железнодорожных кабелях применяют преимущественно симметрирование внутри четверок. 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.

При одноточечной схеме сначала монтируют прямые муфты, а затем конденсаторную. В случае трехточечной схемы вначале осуществляют монтаж прямых муфт, затем симметрирующих и только потом конденсаторных. При симметрировании по семиточечной схеме сначала монтируют симметрирующие муфты. Затем прямые муфты и последней – конденсаторные муфты.

Схемы скрещивания жил цепей при соединении четверок в симметрирующих муфтах выбирают по данным измерений емкостных связей и асимметрии.

Когда имеется искусственная цепь, число возможных вариантов скрещивания равно восьми.

При выполнении симметрирования скрещиванием пробуют все возможные схемы и выбирают, 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.

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.

В тех случаях, когда строительные длины кабелей имеют небольшие значения емкостных связей и асимметрии, симметрирование допустимо производить упрощенным методом в два этапа. В первом этапе во всех соединительных муфтах на усилительном участке четверки соединяют по оператору х∙∙. Во втором этапе в трех муфтах, примерно равноотстоящих друг от друга и от концов усилительного участка, производят подбор операторов по результатам измерений переходного затухания при частоте 800 Гц на ближнем конце, защищенности на дальнем конце и асимметрии цепей относительно земли. Если подбором операторов не удается достичь установленных норм, применяют симметрирование конденсаторами.

## 9.2 Симметрирование высокочастотных цепей

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 незамонтированных трех муфтах подбирают наилучшие операторы по результатам измерений защищенности цепей на дальнем конце.

Если с помощью скрещивания не удается получить требуемые значения, то производят в тех же муфтах симметрирование контурами.

Кроме 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.

# 10 Расчёт параметров оптического тракта

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

Оптическое волокно *–* тонкая стеклянная нить диаметром 0,1 мм или прозрачный полимер. Стеклянные волокна более хрупкие, чем полимерные, но стеклянные световоды могут иметь меньшее затухание.

Диэлектрический волновод составляет сердцевина и оболочка, которые выполняются из легированного присадками кварца. Основная доля передаваемого сигнала сосредоточена в сердцевине, имеющей коэффициент преломления n1. Оболочка, имеющая меньший коэффициент преломления n2 обеспечивает удержание энергии внутри сердцевины, поэтому в ней передается малая доля мощности сигнала.

Ввиду отражения энергии от границы раздела «сердечник – оболочка» электромагнитное поле внутри сердечника изменяется по закону функций Бесселя (затухающая синусоида) в радиальном и синусоидальном круговом направлениях. В волокне распространяются смешанные типы волн, имеющие продольные составляющие магнитного Н и электрического Е полей.

Для обозначения понятия «тип волны» часто применяют термин «мода».

Поле в оболочке быстро уменьшается по мере удаления от сердцевины. Оболочка должна иметь достаточную толщину, чтобы напряженность на ней резко снижалась. В противном случае поле передаваемой волны будет существовать за пределами оболочки и испытывать существенные потери. Это приведет к росту затухания сигналов в кабеле.

С точки зрения потерь сигнала достаточной является толщина оболочки 20–30 мкм, однако для придания волокну механической прочности оболочку выполняют более толстой – 125 мкм.

Дальнейшее укрепление волокна достигается за счет наличия защитного покрытия. Покрытие содержит лаковую пленку толщиной 5–10 мкм, препятствующую появлению и развитию поверхностных микротрещин; буферный слой эластичного полимера, защищающий стеклянную часть волокна от бокового сжатия; внешний слой из полимерного материала с высоким модулем упругости, работающий на сжатие и растяжение.

Параметры световода:

наибольшее значение показателя преломления сердечника, 

показатель преломления оболочки, 

диаметр сердцевины световода, 

коэффициент рассеяния энергии, 

рабочая длина волны, 

тангенс угла диэлектрических потерь в световоде, 

Важной характеристикой световода является числовая апертура NA, представляющая собой синус максимального угла падения лучей на торец световода.

Найдем значение числовой апертуры NA, по формуле:

.

При подстановке численных значений, получим:

.

Рассчитаем длину волны по формуле:

.

При подстановке численных значений, получим:



Критическая частота рассчитывается по формуле:

.

При подстановке численных значений, получим:



Критический угол рассчитывается по формуле:

.

При подстановке численных значений, получим:

.

Нормировочная частота:

,

.

Общее число переданных мод:

,

.

Расчет дисперсии

Определим дисперсию по формуле:

,

где  и ,

.

Расчет затухания поглощения

Определим затухание поглощения, связанное с потерями на диэлектрическую поляризацию по формуле:

, (10.7)

 *дБ*.

Расчет затухания рассеяния

Определим затухание рассеяния по формуле:

, (10.8)

где − коэффициент рассеяния энергии, 

 дБ.

Затухание в инфракрасной области

Затухание в инфракрасной области, расположенной в диапазоне длин волн свыше 1,6 мкм, определяется по формуле, дБ/км:

, (10.9)

где *P* и *k* – коэффициенты, равные соответственно 1,2 и .



Максимальная длина регенерационного участка

, (10.10)

где 



Получаем, что длина регенерационного участка линии связи:

, км

# Заключение

В результате проделанной работы была спроектирована двухкабельная линия связи на участке железной дороги Челябинск – Верхний Уфалей, на которой обеспечено 440 каналов магистральной связи, 220 каналов дорожной связи и различные виды отделенческой связи. При проектировании учитывались физико-географические данные участка, его административно-хозяйственная структура; выбран кабель типа МКПАБ 14×4×1,05+5×2×0,7+1×0,7 – для основной магистрали, ТЗБ4×4 – для создания ответвлений, произведена разработка схемы связи с размещением оконечных и промежуточных усилительных пунктов.

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 параметров оптического тракта.

Выполнение данного курсового проекта способствовало закреплению теоретических знаний по курсу линий железнодорожной автоматики, телемеханики и 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 IVкурса. МПС СССР. Москва, 1988. 40 с.

2 Требина, Е. Г. Электромагнитные влияния высоковольтных линий на цепи связи. Методические указания 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 продольного 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 Омская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://omskobl.ru/geo/– География и климат Омской области - (Дата обращения: 20.03.2018)

6 Митрохин, В.Е. Конструкции, измерение характеристик и методика проектирования оптических магистральных линий связи железнодорожного транспорта: учебное пособие / В.Е. Митрохин // Омская государственная академия путей сообщения, Омск, 1996. 82 с.

# Приложение А. План трассы проектируемой линии связи и проходящей рядом линии электропередачи

# Приложение Б. Схема связи заданного участка

# Приложение В. Монтажная схема участка кабельной магистрали