

Контрольная РАБОТА
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ»

Содержание

Введение

1. Задание на проектирование и исходные данные
2. Выбор трассы кабельной линии связи
3. Выбор конструкции электрического кабеля связи
 - 3.1 Определение конструкции кабеля и способа организации связи
 - 3.2 Уточнение конструктивных размеров симметричного ЭКС реконструируемой линии
4. Расчет параметров передачи кабельных цепей реконструируемой линии
 - 4.1 Общие положения по расчету параметров передачи кабельных цепей
 - 4.2 Расчет первичных параметров передачи симметричного кабеля
 - 4.3 Расчет вторичных параметров передачи симметричной кабельной цепи
 - 4.4 Размещение регенерационных пунктов по трассе кабельной линии

Введение

Наряду с перспективными волоконно-оптическими линиями передачи (ВОЛП) на магистральных и внутризоновых сетях связи России в настоящее время широко используются симметричные и коаксиальные электрические кабели связи (ЭКС), срок службы которых исчисляется десятками лет. Поэтому важной задачей является реконструкция кабельных линий связи, построенных на базе ЭКС с целью повышения эффективности использования и замены устаревших аналоговых систем передачи (АСП) на цифровые системы передачи (ЦСП), а также их сочетание с ВОЛП на этапе проектирования и строительства современных сетей связи.

Одним из основных направлений развития Взаимоувязанной сети связи (ВСС) является широкое внедрение ВОЛП с использованием кольцевых структур построения сетей и многоканальных телекоммуникационных систем на базе плезиохронной (PDH) и синхронной (SDH) цифровой иерархии. Это требует глубоких теоретических знаний, овладения навыками проектирования, реконструкции, строительства и эксплуатации линейных сооружений связи, являющихся наиболее дорогостоящими и трудоёмкими элементами сети связи.

При подготовке специалистов многоканальных телекоммуникационных систем важное место занимают вопросы выбора наиболее целесообразных технико-экономических вариантов реконструкции и проектирования линий связи, многофакторный подход к проектированию для получения максимального эффекта при минимуме затрат.

Это наиболее полно реализуется при сопоставлении в процессе проектирования традиционных электрических кабелей и перспективных оптических кабелей связи.

1. Задание на проектирование и исходные данные

В курсовом проекте необходимо произвести реконструкцию существующей линии на базе ЭКС с заменой системы передачи (СП) и выполнить проектирование вновь строящейся линии с использованием оптических кабелей связи (ОКС). Эта ВОЛП будет являться составным элементом новой телекоммуникационной сети на базе PDH и SDH.

В курсовом проекте необходимо решить следующие задачи:

1. В соответствии с исходными данными определить конструкцию и марку ЭКС, используемого в реконструируемой линии, вычертить его поперечный разрез в масштабе с указанием типа и марки ЭКС.

2. Рассчитать параметры ЭКС в диапазоне частот ЦСП, выбранной для реконструкции. Определить длину регенерационного участка (РУ) этой ЦСП на линии.

3. Определить трассу реконструируемой кабельной линии между заданными населенными пунктами и произвести размещение необслуживаемых (НРП) и обслуживаемых (ОРП) регенерационных пунктов для вновь устанавливаемой ЦСП. При этом необходимо задействовать точки установки усилительных пунктов предыдущей СП на реконструируемой линии.

4. Рассчитать параметры взаимного влияния в диапазоне частот вновь устанавливаемой ЦСП, принять необходимые меры по обеспечению заданных норм.

2. Выбор трассы кабельной линии связи

При проектировании трасса прокладки кабеля определяется расположением конечных пунктов. Все требования, учитываемые при выборе трассы, можно свести к трём: минимальные капитальные затраты на строительство, минимальные эксплуатационные расходы, удобство обслуживания.

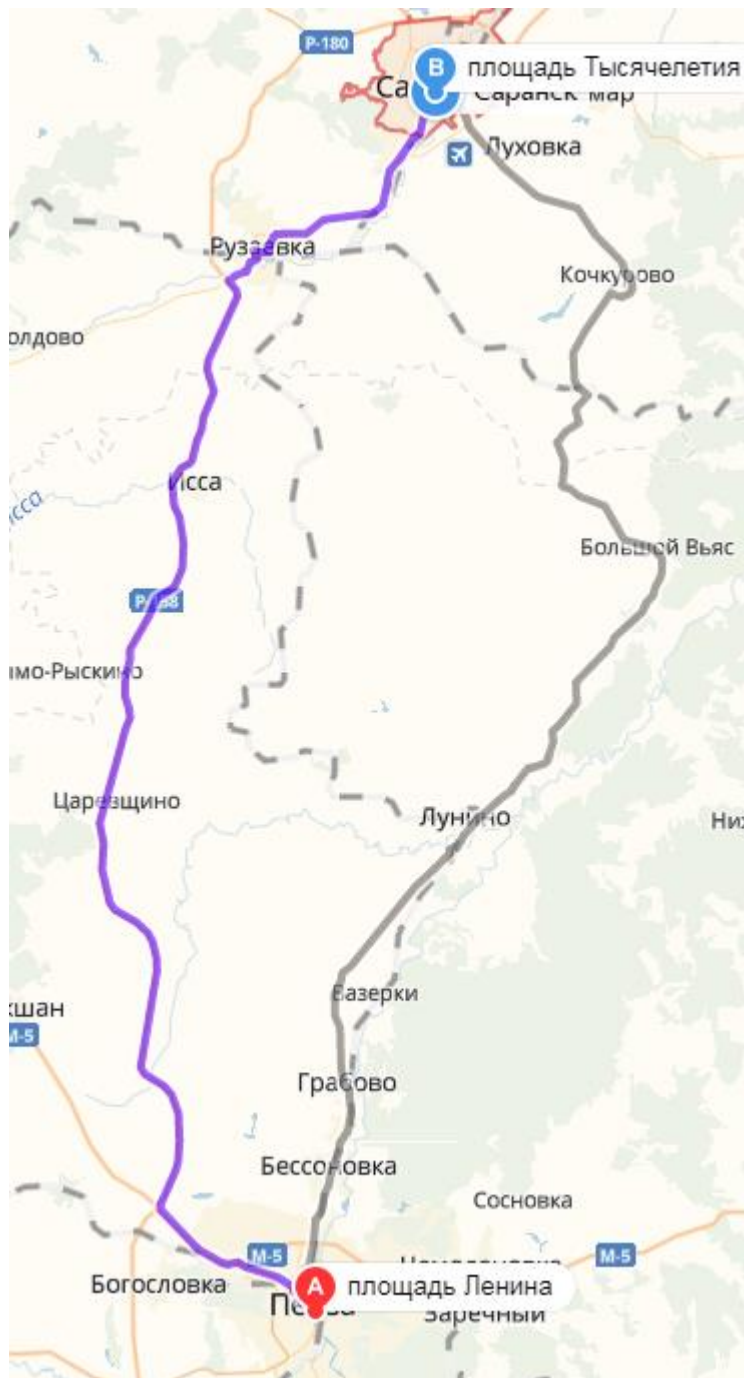
Для соблюдения указанных требований трасса должна иметь наикратчайшее расстояние между заданными пунктами и наименьшее количество препятствий. При выборе варианта трассы используется карта местности (в данном случае атлас автомобильных дорог).

В данном курсовом проекте реконструкция линии связи осуществляется между городами Саранск и Пенза, проектирование ВОЛП производится на участке Пенза—Рязань.

В таблице 1. представлены три варианта прокладки ВОЛП.

Таблица.1.

Характеристика трассы	Ед. изм.	Количество единиц по вариантам		
		вариант №1	вариант №2	вариант №3
1. Общая протяженность трассы:	км			
– вдоль шоссейных дорог;		450	510	580
– вдоль железных дорог;		–	–	–
– вдоль грунтовых дорог;		–	–	–
– по бездорожью		–	–	–
2. Способы прокладки кабеля:	км			
– кабелеукладчиком;		430	490	560
– вручную;		12	10	10
– канализации;		8	10	10
– подвеска;		–	–	–
3. Количество переходов:	1 пер.			
– через судоходные и сплавные реки;		-	-	-
– через несудоходные реки;		3	2	2
– через шоссейные дороги;		14	15	21
4. Число обслуживаемых регенерационных пунктов.	–	4	4	5



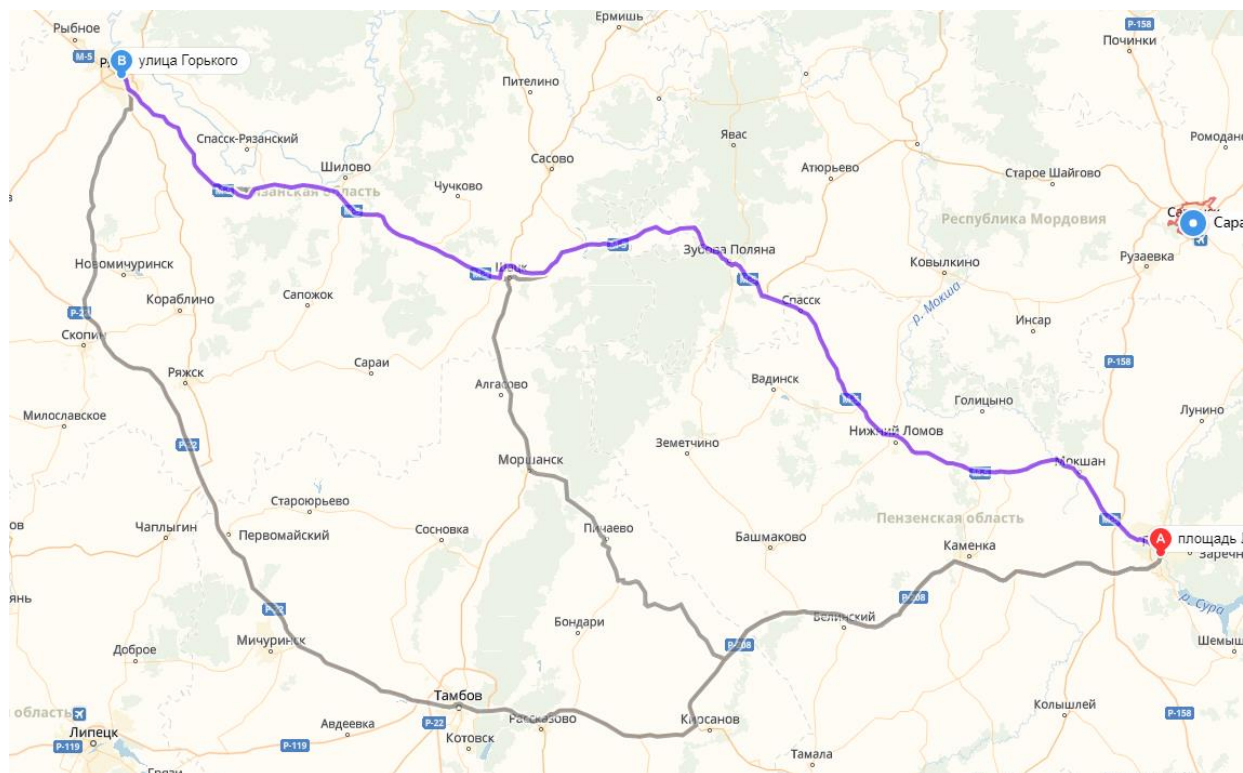


Рисунок.1. – Маршруты трасс реконструируемой (Саранск-Пенза) и проектируемой линий (Пенза-Рязань).

По данным таблицы можно сделать вывод, что в качестве оптимального целесообразно выбрать трассу №1, так как она имеет наикратчайшее расстояние между заданными пунктами и минимальное количество переходов.

3. Выбор конструкции электрического кабеля связи

3.1 Определение конструкции кабеля и способа организации связи

Конструкция ЭКС реконструируемой линии определяется индивидуальным заданием.

Исходные данные представлены в таблице 2.

Таблица.2.

СП до реконструкции	К- 60
СП после реконструкции	ИКМ-120х2
Число каналов после реконструкции ЭКС	400
Тип и емкость ЭКС	СК 4х4
Диаметр жил СК, мм	1,19
Тип изоляции ЭКС	КС
Толщина сплошной изоляции, мм	0,2
Диаметр корделя, мм	0,7
Материал оболочки ЭКС	Fe

Примечание: СК - симметричный кабель; КС–кордельно-стирофлексная изоляция; Fe-железо

Способ организации связи по симметричному кабелю – двухкабельный, при котором цепи каждого направления передачи расположены в отдельном кабеле. По данным из таблице определяем маркировку кабеля:

МКСГ 4Ч4Ч1,19;

МК – кабель симметричный магистральный;

С– изоляция стирофлексная полиэстирольная;

Г– защитная оболочка изсвинца;

4х4 – кабель четырехчетверочный;

1,19 – диаметр голой жилы (мм).

Учитывая исходные данные и требования к симметричному кабелю, и

то, что в грунт прокладывается ЭКС с ленточной бронёй, под воду - с круглопроволочной бронёй, в канализацию - без брони, выберем кабели марок МКСГБ, МКСГК, МКСГ. Поперечное сечение кабеля показано на рисунке 3.

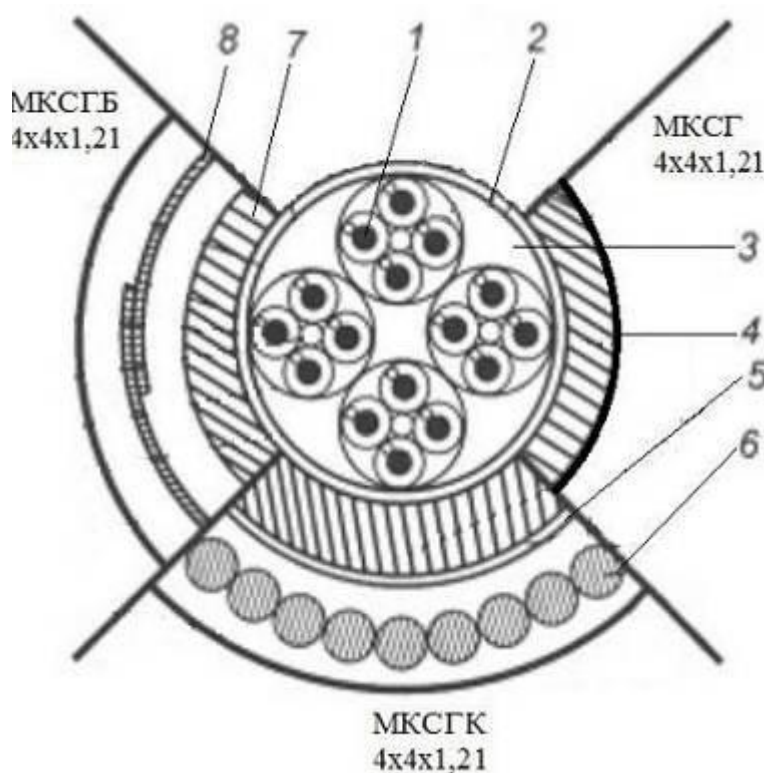


Рисунок 2. Поперечное сечение кабелей используемых в проекте: 1 – жила диаметром 1,19 мм; 2 – изоляция сплошная полиэтиленовая; 3 – заполнение из композиции; 4 – подушка; наружный покров (джут); 5 – две ленты крепированной бумаги; 6 – бронепроволока; 7 – железная оболочка; 8 – две бронеленты.

3.2 Уточнение конструктивных размеров симметричного ЭКС реконструируемой линии

В моем курсовом проекте рассматривается кабель кордельно-стирофлексовой изоляцией. Принцип такой изоляции представлен на рисунке 2.

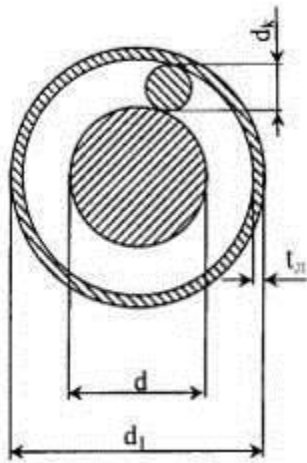


Рисунок3. Диаметр изолированной четверки

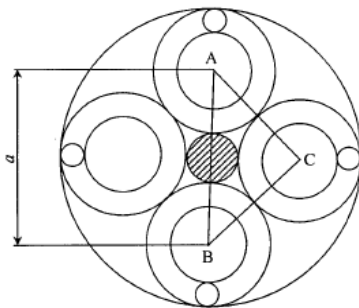


Рисунок4. Диаметр элементарной группы кабеля

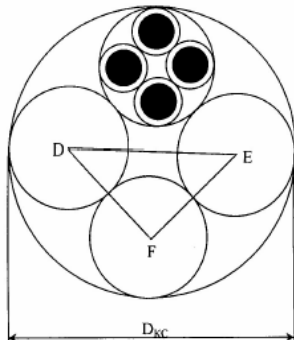


Рисунок 5. Диаметр кабельного сердечника 4x4

Диаметр изолированной жилы со сплошной изоляции (рисунок 2.) определяется по формуле:

$$d_1 = d_0 + 2d_k + 2t_{\text{л}} = 2,99 \text{ мм.}$$

где d_0 - диаметр токопроводящей жилы, мм;

d_k - диаметр корделя, мм;

t_l - радиальная толщина изоляционного слоя, мм.

Диаметр элементарной группы, скрученной в звездную четверку, определяется из выражения:

$$d_3 = d_1 + a, \text{ мм},$$

где a – расстояние между центрами жил одной пары (рисунок. 3.).

$$a = \sqrt{AC^2 + BC^2} = \sqrt{2}d_1, \text{ мм};$$

Отсюда

$$d_3 = 2,41d_1 = 7,206, \text{ мм};$$

D_{kc} – диаметр кабельного сердечника.

Для четырех четверочного кабеля (рисунок. 4.) диаметр кабельного сердечника определяется выражением:

$$D_{kc} = 2,41d_3 = 17,366, \text{ мм};$$

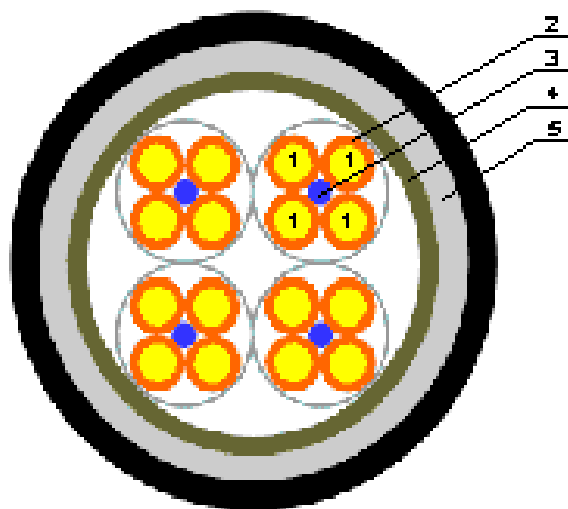


Рисунок. 6. Поперечное сечение кабеля МКПГ 4х4х1,19

1 – токонесущая жила; 2 – изоляция; 3 – кордель-заполнитель; 4 – поясная изоляция; 5 – оболочка

4. Расчет параметров передачи кабельных цепей реконструируемой линии

4.1 Общие положения по расчету параметров передачи кабельных цепей

Параметры передачи кабельных цепей рассчитываются с целью оценки электрических свойств используемого в проекте кабеля и для последующего размещения регенерационных пунктов по трассе кабельной линии.

При расчете параметров для систем ИКМ минимальную частоту положим 10 кГц, за максимальную – полутактовую частоту, соответствующую половинному значению скорости передачи (бит/с), т.е. максимальная частота будет соответствовать значению $12000/2 = 6000$ кГц.

Таблица 3.

Системы передачи по КЛС	Скорость передачи, Кбит/с	Затухание ЭКУ, дБ	Расстояние между ОРП, км	Кабель
ИКМ-120х2	12000	45..65	240	симметричный

4.2 Расчет первичных параметров передачи симметричного кабеля

Активное сопротивление цепи

Активное сопротивление цепи определяется по формуле:

$$R = R_0 \left[1 + F(kr_0) + \frac{P \cdot G(kr_0) \left(\frac{d_0}{a} \right)^2}{1 - H(kr_0) \left(\frac{d_0}{a} \right)^2} \right] + R_m, \text{ Ом/км},$$

где R_0 – сопротивление цепи на постоянном токе, рассчитываемое по формуле:

$$R_0 = \frac{8 \cdot 10^3 \chi \rho}{\pi d_0^2}, \text{ Ом/км};$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} - \text{удельное сопротивление материала жил, } \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}};$$

d_0 – диаметр жил;

χ – коэффициент укрутки, учитывающий увеличение длины за счет скрутки, принимается равным 1.01...1.02;

P – коэффициент, учитывающий потери на вихревые токи в жилах второй цепи элементарной группы;

Для звездной скрутки $P=5$;

a – расстояние между центрами жил, мм;

y_0 – радиус токопроводящей жилы, мм: $y_0 = \frac{d_0}{2}$, мм;

k – коэффициент вихревых токов: $k = \sqrt{\omega \mu_a \sigma}$, мм⁻¹.

$F(kr_0)$, $G(kr_0)$, $H(kr_0)$ – функции, учитывающие потери на вихревые токи вследствие поверхностного эффекта и эффекта близости.

Таблица.4.

Металл	Удельное сопротивление $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$	Удельная проводимость $\frac{\text{См} \cdot \text{м}}{\text{мм}^2}$	Относительная магнитная проницаемость	Коэффициент вихревых токов
медь	0,001754	57	1	$21,2 \times 10^{-3} \sqrt{f}$

Составляющая активного сопротивления R_m , обусловленная потерями в окружающих металлических массах, определяется как сумма потерь в смежных четвёрках и оболочке. Для четырёхчетвёрочного кабеля дополнительное сопротивление в смежных четвёрках равно 7,5 Ом. А в металлической оболочке $R_{m200}=5,2$ Ом. В итоге получаем $R_m=12,7$ Ом.

Индуктивность симметричной кабельной цепи

Индуктивность симметричной кабельной цепи определяется как сумма

внешней межпроводниковой индуктивности и внутренней индуктивности самих проводников:

$$L = \chi \left[4 \ln \frac{a - r_0}{r_0} + \mu Q(kr_0) \right] \cdot 10^{-4}, \text{ Гн/км},$$

где $Q(kr_0)$ – функция поверхностного эффекта.

Ёмкость и проводимость изоляции симметричной кабельной цепи

Ёмкость симметричной кабельной цепи определяется по формуле:

$$C = \frac{\chi \varepsilon_{\text{э}} \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left(\frac{a}{r_0} \psi \right)}, \text{ Ф/км},$$

где $\varepsilon_{\text{э}}$ – эквивалентное значение диэлектрической проницаемости;

ψ – поправочный коэффициент, характеризующий близость проводов цепи к заземленной оболочке и другим проводникам, при звездной скрутке определяется по формуле:

$$\psi = \frac{(d_3 + d_1 - d_0)^2 - a^2}{(d_3 + d_1 - d_0)^2 + a^2};$$

Проводимость изоляции кабельных цепей определяется из выражения:

$$G = \omega C \operatorname{tg} \delta_{\text{э}}, \text{ См/км},$$

где $\operatorname{tg} \delta_{\text{э}}$ – тангенс угла диэлектрических потерь комбинированной изоляции.

Значения $\operatorname{tg} \delta_{\text{э}}$ и $\varepsilon_{\text{э}}$ для данного вида изоляции берутся из табл. 5

Таблица.5.

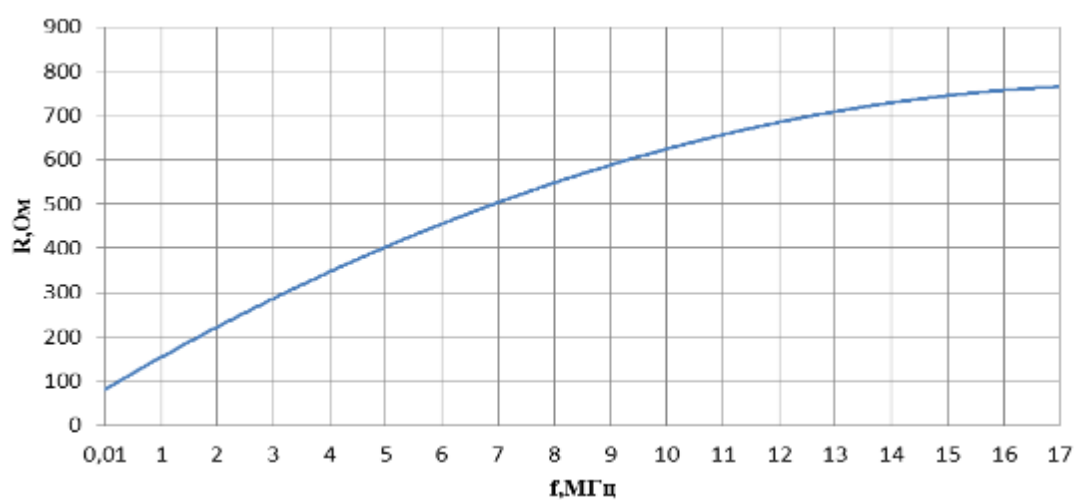
Тип изоляции	ϵ_9	$tg\delta_9 \cdot 10^{-4}$ при частотах, кГц			
		10	100	250	550
Кордельно-стерофлексная	1,2 – 1,3	3	7	12	20

Воспользуемся программой расчета первичных параметров передачи симметричной цепи, результаты расчета сведем в таблице.6.

Таблица.6.

f, МГц	R, Ом/км	L, мГн/км	C, нФ/км	G, См/км
0,01	38,1	0,68	29,42	$5,54297 \cdot 10^{-7}$
1	195	0,65	29,42	$3,69647 \cdot 10^{-4}$
2	230	0,63	29,42	$1,84831 \cdot 10^{-3}$
3	298	0,62	29,42	$3,69685 \cdot 10^{-3}$
4	350	0,615	29,42	$5,3 \cdot 10^{-3}$
6	450	0,61	29,42	$6,284 \cdot 10^{-3}$

По данным из таблицы построим графики зависимости первичных параметров от частоты



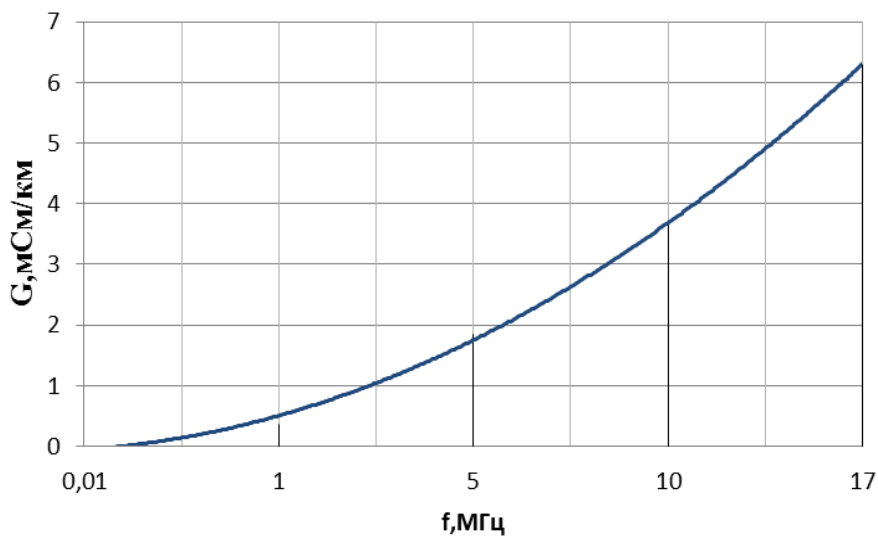
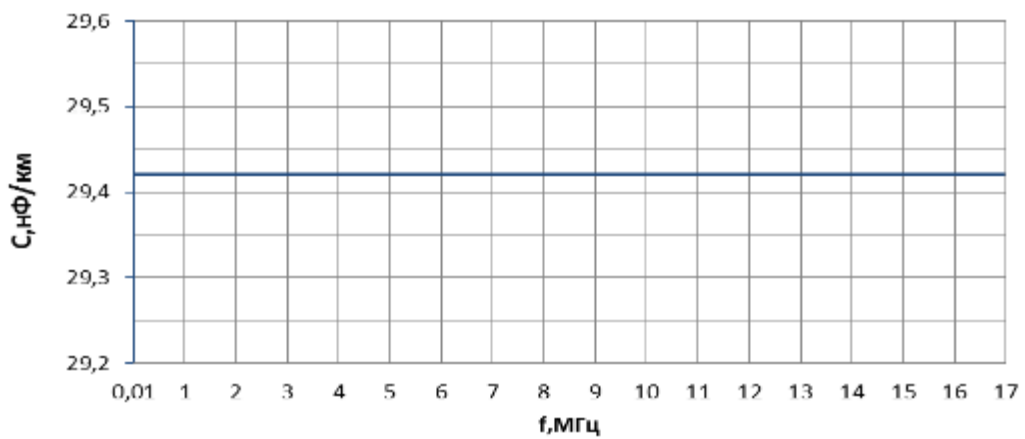
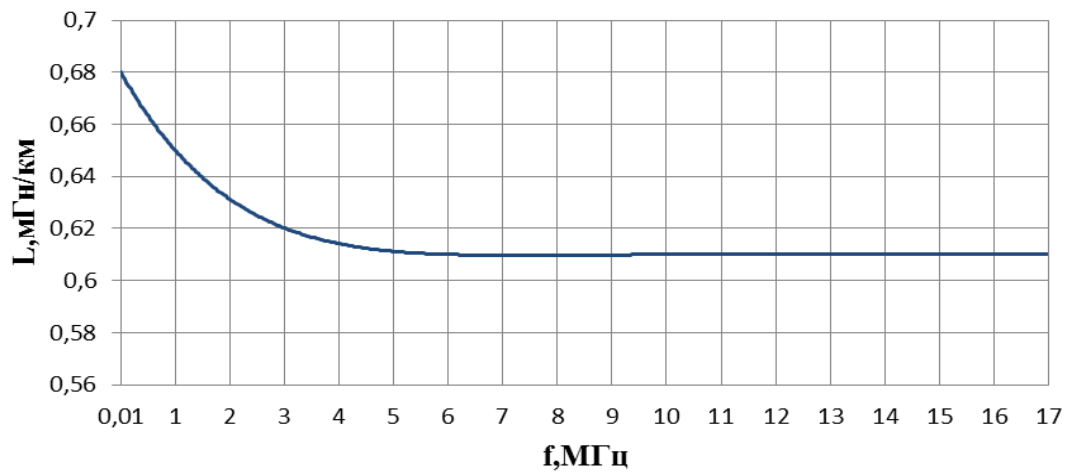


Рисунок.7. Графики зависимости первичных параметров от частоты

В реальной симметричной цепи действуют вихревые токи, приводящие к увеличению активного сопротивления и уменьшению индуктивности при возрастании частоты передаваемого сигнала. В таких цепях действуют:

- Поверхностный эффект,

- Эффект близости
- Эффект потерь окружающих масс.

Емкость не зависит от частоты и поэтому она постоянна.

4.3 Расчет вторичных параметров передачи симметричной кабельной цепи

Коэффициент распространения цепи определяется по формуле:

$$\gamma = \alpha + i\beta = \sqrt{(R + i\omega L)(G + i\omega C)},$$

где α – коэффициент затухания, Нп/км;

β – коэффициент фазы, рад/км.

Расчет α и β в области высоких частот, когда $\frac{\omega L}{R} > 3,5$, можно производить по упрощенным формулам:

$$\alpha = \alpha_m + \alpha_d = \left(\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right) \cdot 8,69, \text{дБ/км},$$

$$\beta = \omega \sqrt{LC}, \text{рад/км}$$

где α_m – составляющая затухания за счет потерь в металле;

α_d – составляющая затухания за счет потерь в диэлектрике.

Волновое сопротивление цепи определяется по формуле:

$$Z_e = \sqrt{\frac{R + i\omega L}{G + i\omega C}} = |Z_e| \cdot e^{i\varphi}, \text{Ом}.$$

В области высоких частот, когда $\frac{\omega L}{R} > 3,5$ волновое сопротивление можно найти по формуле:

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ Ом}$$

Скорость распространения электромагнитной волны:

$$v = \frac{\omega}{\beta}, \text{ км/с.}$$

Если $\frac{\omega L}{R} > 3,5$, скорость распространения электромагнитной волны:

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ км/с}$$

Воспользуемся программой расчета вторичных параметров передачи симметричной цепи, результаты расчета сведем в таблица7.

Таблица7

f, МГц	α , дБ/км	β , рад/км	ZB, Ом	V, км/с
0,01	1,055	0,28	157,7	223350,9
1	5,92	26,92	152	229428,3
2	7,2	50	150	231778
3	9,5	83,27	149,1	233428,3
4	10	105	149,3	234880
6	14.8	151,3	149,6	235778

По данным из таблицы построим графики зависимости первичных параметров от частоты (рисунок 8.)

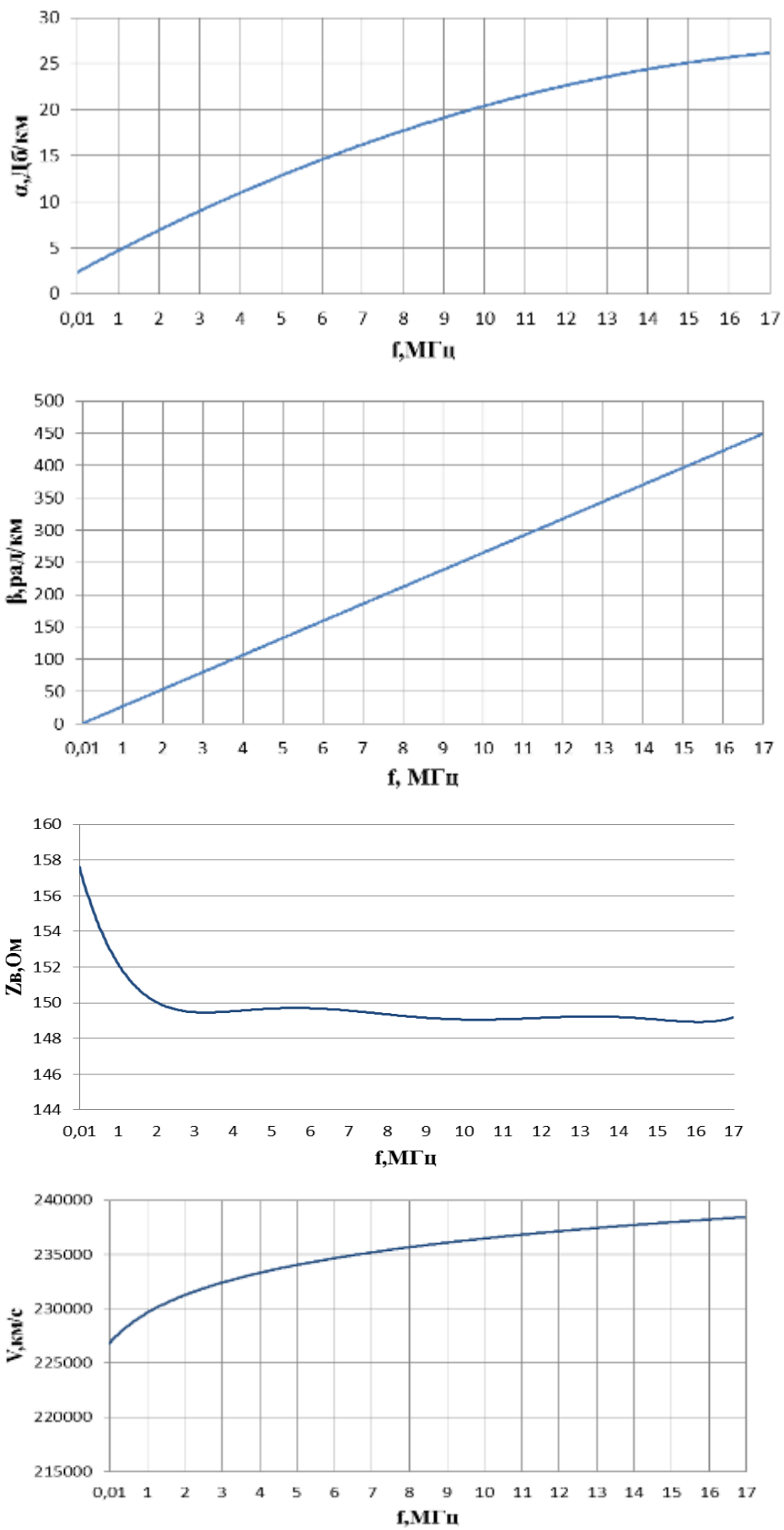


Рисунок 8. Графики зависимости вторичных параметров от частоты

Коэффициент затухания, равный при постоянном токе $\sqrt{RG}$, вначале резко растет, а затем более плавно.

Коэффициент β растет от нуля почти по прямолинейному закону.

Волновое сопротивление с ростом частоты уменьшается от значения $\sqrt{R/G}$ до $\sqrt{L/C}$ и сохраняет эту величину во всей области высоких частот.

С возрастанием частоты скорость распространения электромагнитной энергии по кабельным линиям возрастает.

4.4 Размещение регенерационных пунктов по трассе кабельной линии

Размещение регенерационных пунктов производится исходя из допустимого затухания на элементарном кабельном участке (ЭКУ) или кабельной секции (КС). ЭКУ представляет собой участок кабельной линии совместно со смонтированными по концам кабельными оконечными устройствами. КС представляет собой совокупность электрических цепей, соединенных последовательно на нескольких соседних ЭКУ для организации регенерационного участка одной или нескольких систем передачи с одинаковым расстоянием между регенераторами, большим, чем на ЭКУ данной линии. При применении на кабельной линии одних и тех же систем передачи на всех цепях длины ЭКУ и КС одинаковы.

Расстояние между необслуживаемыми регенерационными пунктами (НРП) может быть определено из выражения:

$$l_{\text{ку}} = \frac{(a_{\text{ном}} - 0,9)}{a_{\text{мак}}}, \text{ км};$$

где $a_{\text{ном}}$ – номинальное значение затухания регенерационного участка, [дБ]. (45...65);

0,9 – затухание оконечных устройств;

$a_{\text{мак}}$ – коэффициент затухания кабельной цепи на наивысшей частоте при максимальной температуре грунта на глубине прокладки кабеля, [дБ/км].

Определённые по расчетным формулам параметры кабеля справедливы для температуры $t=20^{\circ}\text{C}$. При другой температуре коэффициент затухания может быть определен по формуле:

$$a_{\text{мак}} = a(1 + a_a(t - 20)), \text{дБ},$$

где a – коэффициент затухания, определенный расчетом на полутактовой частоте, дБ/км;

a_a – температурный коэффициент затухания цепей кабеля на полутактовой частоте, определяемой по таблицам;

t – максимальная температура грунта на глубине прокладки кабеля (для средней полосы 6°C).

При расчетах принимаем его равным $a_a = 2 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{град}}$;

$$a_{\text{мак}} = a(1 + a_a(t - 20)) = 14.8(1 + 2 \cdot 10^{-3}(6 - 20)) = 14.386 \text{ Дб}$$

$$l_{\text{ку}} = \frac{(a_{\text{ном}} - 0.9)}{a_{\text{мак}}}, \text{ км} = 4,45 \text{ км}$$

Получив длину ЭКУ, составим структурную схему кабельной линии. При этом оборудование ИКМ-120х2 требует расстояние между обслуживаемыми регенерационными пунктами (ОРП) 240 км. Так как в данном случае расстояние от Саранска до Пензы составляет 140 км, то потребуется 31 НРП.

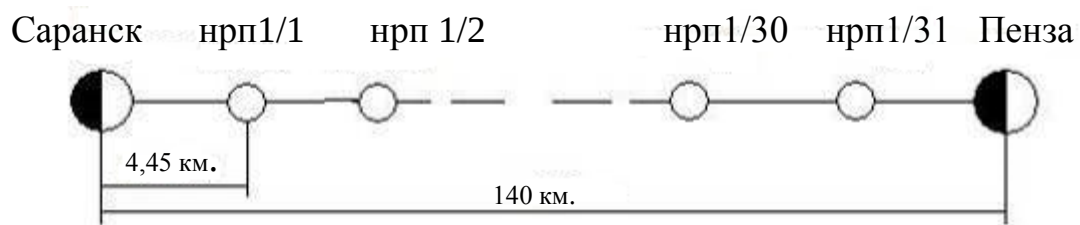


Рисунок.9. Структурная схема ЭКС

Нумерация НРП производится дробью: в числителе указывается номер секции, в знаменателе – порядковый номер НРП в секции.