

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



ТЕЛЕКОНТРОЛЬ И ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЕ ЛЕКЦИЯ №8 «Линии связи»

Лектор:
доцент каф. ЭАФУ ФТИ
Горюнов А.Г.

Томск 2012 г.

План лекции

- Классификация линий связи
- Проводные линии связи
- Каналы связи по воздушным линиям электропередач высокого напряжения
- Радиорелейные линии связи

8.1. Классификация линий связи

- I. По физической природе
- II. По назначению
- III. По характеру эксплуатации

I. По физической природе:

1. Механические.
2. Гидравлические (десятки метров, не больше).
3. Пневматические (max Гц).
4. Акустические линии связи.
 - частота сигнала в воздухе до 1 МГц;
 - частота сигнала в воде до 10 МГц.
5. Электрические проводные:
 - воздушные (до 200 кГц);
 - кабельные на симметричном кабеле (до 1 МГц);
 - коаксиальные кабели (до 15 МГц).
6. Беспроводные. Радиолинии:
 - радиосвязь ДВ, СВ, КВ, УКВ (от 10 кГц до 1 ГГц);
 - радиорелейные линии (от УКВ и выше от 30 МГц до 3 ГГц) в пределах прямой видимости;
 - космические (до 15 ГГц).
7. Оптические линии связи [1, 2]:
 - с открытым каналом (например, лазер) до $3 \cdot 10^{14}$ Гц.
 - с закрытым каналом до $8 \cdot 10^{14}$ Гц.

Недостатки воздушных линий связи – подверженность внешним помехам, малая надежность, большая утечка при ухудшении атмосферных условий (гроза, дождь, гололед), большие затраты материалов при сооружении и необходимость постоянного профилактического обслуживания.

В качестве **проводных линий** связи используются в основном телефонные линии и телевизионные кабели. Наиболее развитой является телефонная проводная связь. Но ей присущи серьезные недостатки: подверженность помехам, затухание сигналов при передаче их на значительные расстояния и низкая пропускная способность.

Оптическое волокно считается самой совершенной средой для передачи больших потоков информации на большие расстояния.

Оптоволоконные линии отличаются от традиционных проводных линий:

- очень высокая скорость передачи информации (на расстояние более 100 км без ретрансляторов);
- защищенность передаваемой информации от несанкционированного доступа;
- высокая устойчивость к электромагнитным помехам;
- стойкость к агрессивным средам;
- возможность передавать по одному волокну одновременно до 10 миллионов телефонных разговоров и одного миллиона видеосигналов;
- гибкость волокон;
- малые размеры и масса;
- искро-, взрыво- и пожаробезопасность;
- простота монтажа и укладки;
- низкая себестоимость;
- высокая долговечность оптических волокон – до 25 лет.

II. По назначению:

1. Телефонные линии связи;
2. Телеграфные;
3. Фототелеграфные;
4. Телевизионные.

III. По характеру эксплуатации:

1. Выделенные (постоянно подключённые);
2. Коммутируемые (непостоянно подключённые).

В настоящее время обмен информацией между континентами осуществляется главным образом через **подводные оптоволоконные кабели**, а не через **спутниковую связь**. При этом главной движущей силой развития подводных оптоволоконных линий связи является Интернет.

8.2. Проводные линии связи

Проводные линии (воздушные и кабельные) характеризуются **первичными** и **вторичными** параметрами.

8.2.1. Первичные параметры

- 1). Погонное активное последовательное сопротивление;
- 2). Ёмкость;
- 3). Индуктивность;
- 4). Проводимость.

Погонное активное последовательное сопротивление

Сопротивление линии постоянному току при температуре t , отличается от сопротивления при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$R_t = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (t - 20)] \quad (8.1)$$

где R_0 – сопротивление при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, Ом; α – температурный коэффициент, который для меди равен 0,0039, а для стали 0,0046.

Таким образом, сопротивление линии существенно зависит от температуры. Так, при изменении температуры стальной цепи от -40 до $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ её сопротивление согласно выражению (8.1) изменяется на 37%.

Активное сопротивление линии переменному току возрастает с частотой, что связано в первую очередь с поверхностным эффектом (см. рисунок 8.1).

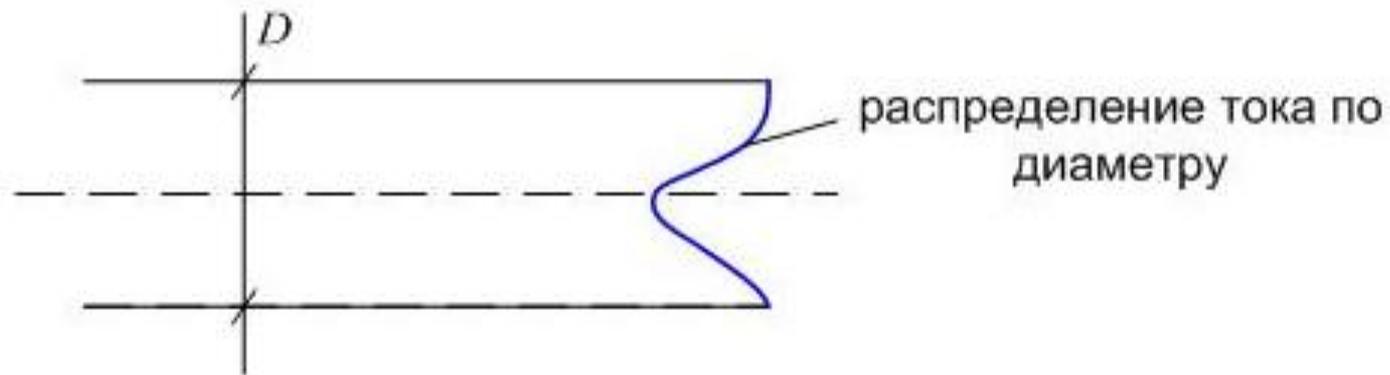


Рисунок 8.1 Распределение тока по диаметру (D)

Индуктивность

Индуктивность двухпроводной цепи из однородных (не биметаллических) проводов определяется выражением:

$$L = \left[4 \cdot \ln \left(a/r \right) + k_{\Pi} \mu \right] \cdot 10^{-4}, \quad \text{мГн/км} \quad (8.2)$$

где a – расстояние между центрами проводов, см; r – радиус проводов, см;
 μ – относительная магнитная проницаемость материала провода (для меди $\mu_{\text{м}} = 1$, для стали $\mu_{\text{с}} = 140$); k_{Π} – табличный коэффициент, учитывающий поверхностный эффект.

Емкость

Ёмкость двухпроводной цепи определяется по формуле:

$$C = \varepsilon \cdot 10^{-6} / 36 \cdot \ln \left(a/r \right), \quad (8.3)$$

где ε – относительная диэлектрическая постоянная (для воздуха $\varepsilon = 1$).

Ёмкость однопроводной цепи:

$$C = \varepsilon \cdot 10^{-6} / 18 \cdot \ln \left(2h/r \right), \quad (8.4)$$

где h – расстояние от поверхности земли до провода, м.

8.2.2. Вторичные параметры

- 1). Волновое сопротивление;
- 2). Коэффициент распространения;
- 3). Затухание, вносимое линией.

Волновое сопротивление

Определяется выражением:

$$Z = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}, \quad (8.5)$$

где G – активная составляющая проводимости.

На высоких частотах или при малых потерях $R \ll \omega L$ и $G \ll \omega C$:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (8.6)$$

При нагрузке однородной линии на резистор, сопротивление которого равно её волновому сопротивлению, отражения в линии отсутствуют и её пропускная способность резко возрастает.

Коэффициент распространения

Постоянная передачи линии, называемая также коэффициентом распространения, определяется выражением:

$$\gamma = \alpha + j\varphi = \sqrt{(R + j\omega L) \cdot (G + j\omega C)}, \quad (8.7)$$

где α – постоянная (коэффициент) затухания линии; φ – коэффициент сдвига фаз между напряжением и током в линии.

Затухание, вносимое линией

Затухание электромагнитной энергии в линии, нагруженной на волновое сопротивление, происходит по экспоненциальному закону: ток I_1 и напряжение U_1 в начале линии всегда больше тока I_2 и напряжения U_2 в конце линии.

Поэтому :

$$I_2 = I_1 \cdot e^{-\alpha z}, \quad U_2 = U_1 \cdot e^{-\alpha z} \quad (8.8)$$

где z – длина линии. Из чего получаем:

$$\alpha z = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (8.9)$$

Если $z = 1$ км, то километрическое затухание в линии, согласованной с нагрузкой, определяется выражением:

$$\alpha = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \quad (8.10)$$

Затухание выражается в неперах.

Непер – натуральный логарифм отношения двух напряжений, токов или половина натурального логарифма отношения мощностей на входе и выходе.

Если линия обладает затуханием в 1 Нп, то это значит, что ток и напряжение в конце линии уменьшаются в $e = 2,718$ раза, а мощность – в $e^2 = 7,39$ раза.

Затухание также выражают и в децибелах:

$$\alpha = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} = 20 \cdot \lg \frac{I_1}{I_2} = 20 \cdot \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (8.11)$$

Чтобы затухание, выраженное в неперах, перевести в децибелы, число неперов нужно умножить на коэффициент 8,686, а для обратного перевода – на 0,1151.

8.3. Каналы связи по воздушным линиям электропередач высокого напряжения

Каналы связи по воздушным линиям (ВЛ) электропередач высокого напряжения широко применяются в энергосистемах для связи и передачи телемеханических сообщений.

Линии электропередачи 35, 110, 220, 400 кВ имеют высокую электрическую и механическую прочность, поэтому каналы связи по ВЛ осуществляются токами высокой частоты в диапазоне от 300 до 500 кГц, а по некоторым воздушным линиям – и до 1000 кГц.

Каналы связи по ВЛ имеют сравнительно высокий уровень помех, поэтому для получения достаточного для нормальной работы отношения сигнал/помеха применяются специальная аппаратура каналов со сравнительно высокой выходной мощностью сигналов и качественные фильтры для разделения сигналов и уменьшения перекрёстных помех.

Уровень сигнала на линиях 35 – 220 кВ составляет примерно +4,5 Нп (10 Вт) при входном сопротивлении линии 400 – 600 Ом.

Затухание на километр длины в диапазоне частот 50 – 300 кГц для ВЛ длиной до 300 км определяется выражением:

$$\alpha = \kappa \sqrt{f}, \quad (8.12)$$

где f – частота, кГц.

Для линий 35 кВ $\rightarrow k = 1,4$; для 110 кВ $\rightarrow k = 1,0$; для 220 кВ $\rightarrow k = 0,75$.

Для высокочастотной обработки и присоединения используются выпускаемые промышленностью высокочастотные заградители, конденсаторы связи и фильтры присоединения, включаемые по схеме фаза-земля (см. рисунок 8.2), фаза-фаза и др.

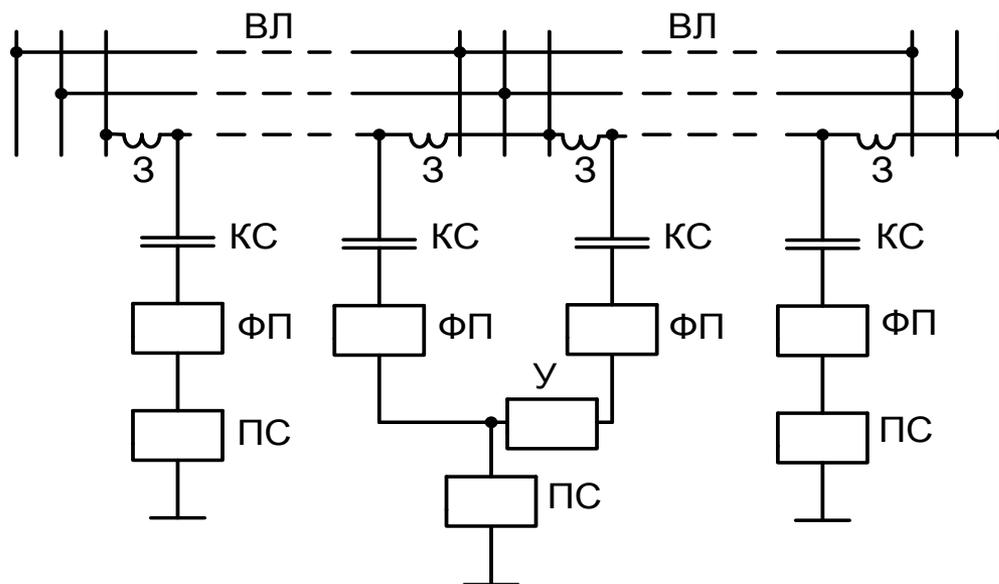


Рисунок 8.2 Схема фаза – земля:

З – заградитель; КС – конденсатор связи; ФП – фильтр присоединения; ПС – пост связи, У – усилитель.

8.4. Радиорелейные линии связи

Волны УКВ-диапазона в отличие от длинных и коротких волн могут распространяться только в пределах прямой геометрической видимости, что ограничивает дальность передачи на УКВ [1, 2].

При высоте антенных опор до 100 м дальность прямого распространения радиоволн не превышает 40 – 70 км. Это означает, что связь на большие расстояния возможна лишь при использовании радиолиний с ретрансляцией (см. рисунок 8.3), так называемых радиорелейных линий (РРЛ).

РРЛ осуществляют передачу на волнах 75; 15; 7; 5; 3,75; 2,73 см.

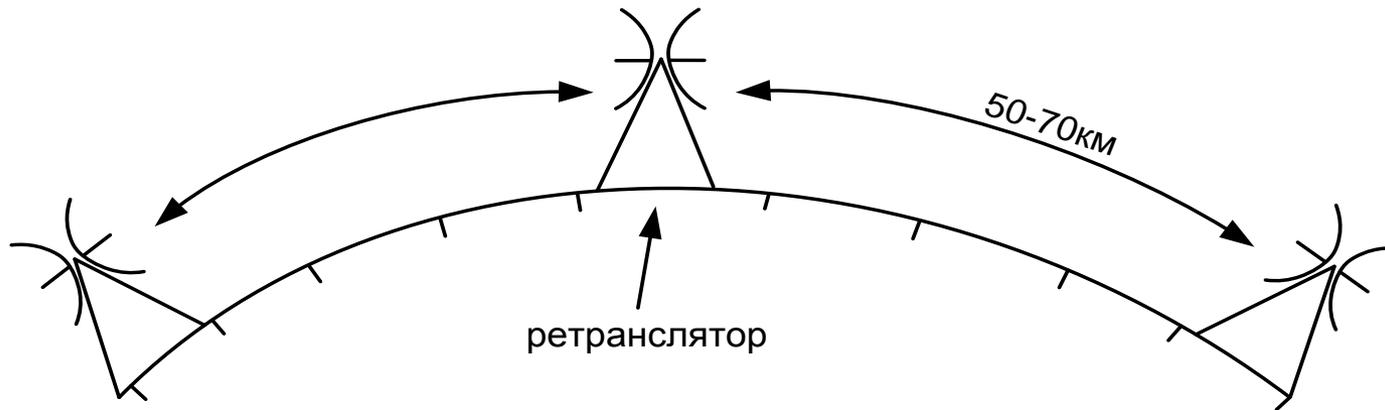


Рисунок 8.3 Радиорелейная линия связи с ретрансляцией