

Министерство РФ по связи и информатизации

ПОВОЛЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ

Кафедра ЛС и ИТС

Одобрено Советом ФЭС 19.04.00

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА
К лабораторной работе № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМНЫХ ВЛИЯНИЙ В
КАБЕЛЯХ СВЯЗИ

Составитель: доц., к.т.н. Воронков А.А.
Редактор: проф., д.т.н. Андреев В.А.
Рецензент: доц., к.т.н. Корнилов И.И.

Самара 2000

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Исследование взаимных влияний между цепями симметричных и коаксиальных кабелей связи в их зависимости от частоты сигнала и длины исследуемой линии. Оценка полученных результатов по нормируемым параметрам помехозащищённости в заданном диапазоне частот.

II. ЛИТЕРАТУРА.

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. – М.: Радио и связь, 1995.
2. Строительство кабельных сооружений связи. Справочник. – М.: Радио и связь, 1995.

III. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.

1. По рекомендуемой литературе изучить теорию взаимных влияний между цепями симметричных и коаксиальных кабелей связи.
2. Изучить закономерности изменения переходных затуханий на ближнем и дальних концах в зависимости от частоты сигнала и длины линии.
3. Ознакомиться с принципом нормирования и нормами на параметры взаимных влияний.
4. Изучить методику измерений взаимных влияний и ознакомиться с комплектом измерительной аппаратуры.

IV. СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ.

1. Макет измеряемой линии.
2. Комплект измерительной аппаратуры.
3. Нагрузочные сопротивления.
4. Комплект соединительных шнуров и дужек.
5. ПЭВМ.

V. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

1. Ознакомиться с макетом измеряемой линии, состоящим из трёх или четырёх участков симметричного кабеля. Путём соединения с помощью шнуров или короткозамкнутых дужек измеряемых участков можно последовательно увеличивать длину кабельной линии и исследовать закономерность изменения переходного затухания от длины линии. Начало и конец каждого участка симметричного или коаксиального кабеля в зависимости от варианта макета могут быть выведены на гнезда или плиты кабельных боксов и отмечены на макете.
2. Ознакомиться с комплектом измерительной аппаратуры и произвести её настройку. В качестве измерительной аппаратуры может быть использован комплект аппаратуры для измерения переходного затухания и защищённости, например ВИЗ-600, или измерительный генератор и указатель уровня.
3. Измерить величину переходного затухания на ближнем конце и защищённости на дальнем конце в заданном преподавателем диапазоне частот

для одного участка симметричного и коаксиального кабеля и построить графики частотной зависимости этих параметров.

4. Произвести измерения величин переходного затухания на ближнем конце и защищённости на дальнем конце в зависимости от длины линии путём последовательного увеличения длины кабеля, соединяя шлейфом два, три и т.д. участка на макете. Измерения проводятся на одной из заданных преподавателем частот.

5. Измерения проводятся по схемам рис.1 и рис.2. Результаты измерений представляются в таблицах и на графиках, сравниваются с действующими нормами, по работе должны быть сделаны выводы.

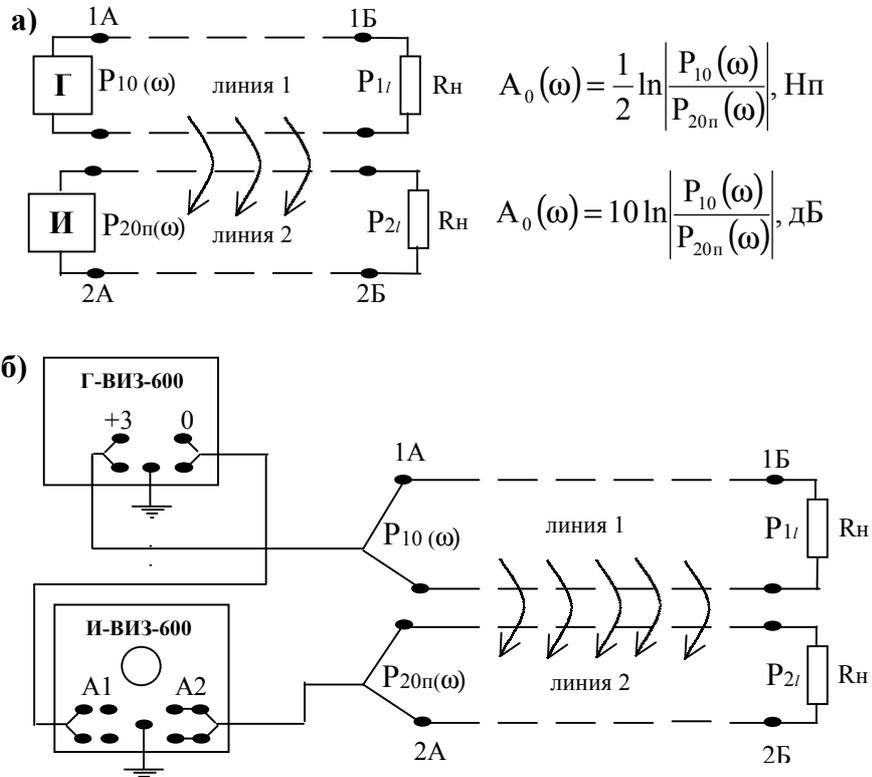


Рис.1. Схема измерения переходного затухания на ближнем конце A_0

- а) при измерении уровней $P_{10}(\omega)$ и $P_{20п}(\omega)$
- б) прибором ВИЗ-600

VI. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Собрать схему измерения переходного затухания на ближнем конце, измерить его для одного участка симметричного кабеля и одного участка коаксиального кабеля на заданных частотах. Результаты измерения занести в табл.1.

2. Собрать схему измерения защищённости на дальнем конце, провести аналогичные измерения ближнему концу и занести результаты в табл.1.

3. Произвести измерения A_0 и A_3 в зависимости от длины линии симметричного кабеля на одной из заданных частот и занести результаты в табл.2. Измерения выполняются по тем же схемам, что и для частотной зависимости последовательно для одного участка, затем двух участков, соединённых шлейфом, затем для трёх и т.д.

Во всех комбинациях и случаях измерений следует помнить, что сопротивления нагрузок к линиям должны быть согласованными, т.е. должны быть равны волновому сопротивлению линии. Для симметричной цепи волновое сопротивление равно 170 Ом, для коаксиальной – 75 Ом.

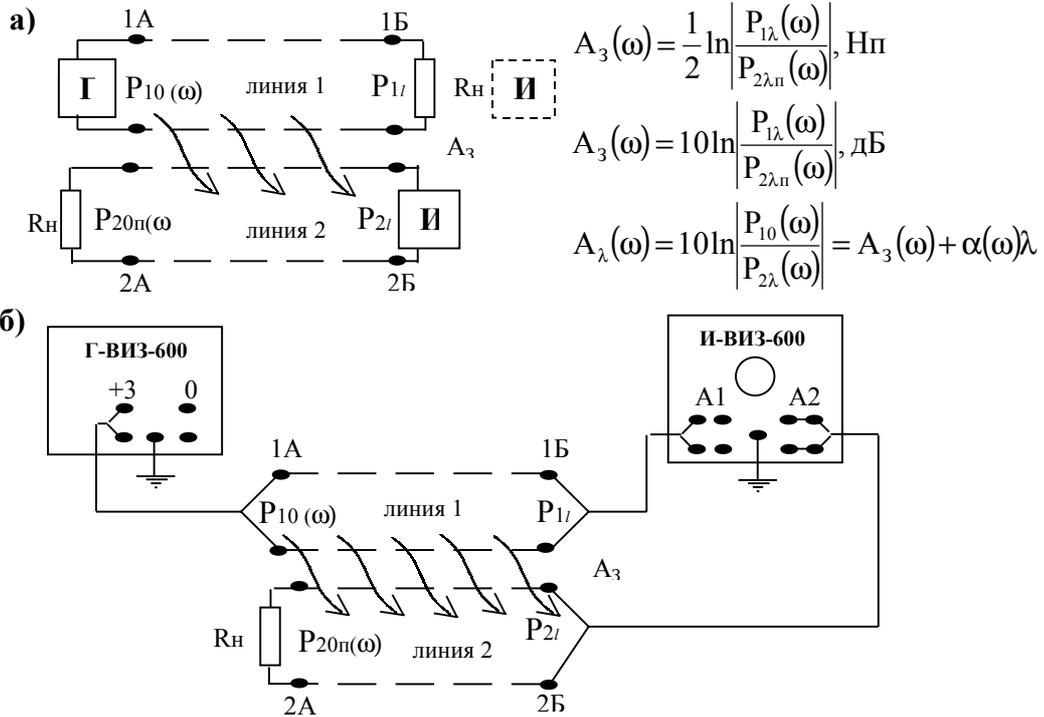


Рис.2. Схема измерения защищённости на дальнем конце A_3
 а) при измерении уровней $P_{10}(\omega)$, $P_{1\lambda}$ и $P_{2\lambda}$
 б) прибором ВИЗ-600

VII. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯНИЯ НА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЭВМ.

1. Включите питание ПЭВМ и загрузите компьютер. Данная лабораторная работа находится на диске С ПК (персонального компьютера). Включив компьютер, два раза щёлкните «мышкой» на иконке **disc (c)**. В развернувшемся перед вами окне найдите каталог **Basic** и войдите в него. Затем откройте каталог **LS**. Здесь нужно запустить программу **LB.bat** (щёлкните на ней «мышкой» и нажмите клавишу **ENTER**). Теперь чтобы приступить к выполнению нажмите на клавишу **F5**.

2. По заданию преподавателя выберите тип кабеля и не менее 5 частот исследуемого диапазона. Введите исходные данные и получив результаты частотной зависимости параметров влияния оформите их в виде таблицы.

3. По заданию преподавателя выберите тип кабеля и не менее 5 исследуемых длин линии. Введите исходные данные и получив результаты зависимости параметров влияния от длины линии оформите их в виде таблицы.

4. По окончании работы наведите «мышь» на надпись в левом верхнем углу **File** и щёлкните левой кнопкой. В появившемся меню выберите команду **Exit** и нажмите левую кнопку «мыши».

Примечание:

При выполнении работы следует учесть, что диапазон частот, на котором проводятся исследования составляет:

- для симметричных кабелей – от 12 кГц до 1МГц;
- для коаксиальных кабелей – от 60 кГц до 10 МГц;
- длина линии λ от 0 до 10 км.

VIII. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА.

1. Отчёт должен содержать схемы измерений для заданных комбинаций цепей переходного затухания на ближнем конце и защищённости на дальнем конце, а также таблицы результатов измерений и исследований на ПЭВМ переходного затухания и защищённости в зависимости от частоты и длины линии.

2. По данным таблиц построить графики и сделать выводы о результатах исследований, в которых обосновать полученные зависимости, их соответствие теории взаимных влияний, а при отклонении от теоретических указать возможные причины этих различий.

3. Сравнить результаты с нормами и дать заключение о возможности использования исследуемых кабелей.

Таблица 1.

Результаты измерений переходного затухания на ближнем конце и защищённости на дальнем конце на различных частотах.

Комбинации взаимовлияющих цепей	Измеряемый параметр	Частота, кГц		
		110	250	550
Между симметричными цепями в одном участке кабеля	A_0			
	A_3			
Между коаксиальными цепями в одном участке кабеля	A_0			
	A_3			

Таблица 2.

Результаты измерений переходного затухания на ближнем конце и защищённости на дальнем конце при изменении длины линии

Измеряемый параметр	Частота, кГц	Число участков, соединённых шлейфом			
		1 участ.	2 участ.	3 участ.	4 участ.
A_0	250				
A_3	250				

IX. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Физические процессы в цепях связи и причины взаимных влияний между симметричными и коаксиальными цепями.
2. Электромагнитные связи, соотношение между составляющими связей в воздушных и кабельных линиях связи и зависимость от частоты.
3. Электромагнитные связи между цепями на ближнем и дальнем концах.
4. Непосредственное влияние между цепями, физическая сущность.
5. Косвенные влияния вследствие конструктивных неоднородностей, несогласованных нагрузок и через третьи цепи.
6. Переходное затухание на ближнем и дальнем концах, защищённость между цепями, их количественные соотношения.
7. Зависимость переходных затуханий и защищённости от частоты сигнала в симметричных и коаксиальных цепях.
8. Зависимость переходных затуханий и защищённости от длины линии.
9. Особенности изменения переходного затухания на ближнем конце от частоты сигнала и длины линии в воздушных линиях связи.
10. Нормы на величины переходных затуханий и защищённости в воздушных линиях связи, симметричных и коаксиальных кабелях.

11. Особенности взаимных влияний при совпадающем и встречном режимах передачи, однокабельной и двухкабельной системах.

12. По заданной величине ёмкостной связи K_1 определить величину электромагнитной связи на ближнем и дальнем концах цепи, используя известные соотношения между составляющими связей в симметричных кабелях в области низких и высоких частот.

13. По заданной величине электромагнитной связи определить величину переходного затухания на ближнем и дальнем концах и защищённость на дальнем конце от непосредственного влияния для одной строительной длины кабеля и участка линии заданной длины симметричного кабеля.

14. По исходным конструктивным размерам и параметрам коаксиальных пар определить переходные затухания на ближнем и дальнем концах и защищённость на дальнем конце коаксиального кабеля.

Х. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАБОТЕ.

Взаимные влияния между цепями обусловлены воздействием электромагнитного поля, создаваемого влияющей цепью, на другие цепи. Количественная мера перехода электромагнитной энергии в цепь, подверженную влиянию, оценивается величиной электромагнитной связи между двумя цепями, состоящей из электрической и магнитной связей:

$$K_{12}(i\omega, \lambda) = g_{12} + i\omega k_1 = \frac{I_2(\omega)}{U_1(\omega)}, \text{ См}$$

$$M_{12}(i\omega, \lambda) = r_{12} + i\omega m_1 = \frac{-E_2(\omega)}{I_1(\omega)}, \text{ Ом}$$

где I_2 и U_1 – соответственно ток и ЭДС, наведённые в цепи, подверженной влиянию;

U_1 и I_1 – напряжение и ток, действующие во влияющей цепи;

g_{12} и r_{12} – активные составляющие электрической и магнитной связей, представляющей собой асимметрию потерь соответственно в диэлектрике и металле проводников влияющей и подверженной влиянию цепей;

k_1 и m_1 – соответственно ёмкостная и индуктивная связи, вызванные асимметрией частично ёмкостей и индуктивностей между проводами.

Электрические и магнитные связи количественно зависят от частоты и суммируются по длине, при этом их результирующее влияние на ближнем и дальнем концах линии будет различным. В симметричных однородных кабелях, имеющих одинаковые параметры цепей, электрические и магнитные связи складываются, когда воздействуют на ближний конец, и вычитаются при влиянии на дальний конец. Устранение одной из составляющих связей приведёт к положительному эффекту на ближнем конце и увеличит влияние на дальнем конце.

$$N_{12}(i\omega) = K_{12}(i\omega)Z_B + \frac{M_{12}(i\omega)}{Z_B};$$

$$F_{12}(i\omega) = K_{12}(i\omega)Z_B - \frac{M_{12}(i\omega)}{Z_B}$$

где $N_{12}(i\omega)$ – электромагнитная связь на ближнем конце;

$F_{12}(i\omega)$ – электромагнитная связь на дальнем конце.

Взаимные влияния называются непосредственными, если они действуют при следующих условиях:

- цепи на всём протяжении однородны, электрическая и магнитная связи равномерно распределены по всей длине линии, в линии отсутствуют отражённые волны
- цепи нагружены на обоих концах согласованно, т.е.
 $Z_{10}=Z_{11}+Z_{B1}; \quad Z_{20}=Z_{21}=Z_{B2}; \quad Z_{B1}=Z_{B2}=Z_B.$
- отсутствует влияние через третьи цепи.

Для одинаковых цепей при непосредственном влиянии переходные затухания на ближнем и дальнем концах определяется соотношениями:

$$A_0(\omega) = 10\lg \left| \frac{P_{10}(\omega)}{P_{20п}(\omega)} \right| = 20\lg \left| \frac{I_{10}(\omega)}{I_{21п}(\omega)} \right|, \text{ дБ};$$

$$A_1(\omega) = 10\lg \left| \frac{P_{10}(\omega)}{P_{21п}(\omega)} \right| = 20\lg \left| \frac{I_{10}(\omega)}{I_{2п}(\omega)} \right|, \text{ дБ}$$

Одной из важнейших характеристик помехозащищённости в цепях связи является защищённость, характеризующая отношение собственного сигнала, передаваемого по цепи, к уровню наведённой в этой цепи помехи:

$$A_3(\omega) = 10\lg \left| \frac{P_c(\omega)}{P_n(\omega)} \right|, \text{ дБ}$$

При одинаковых уровнях передачи и приёма на концах двух взаимовлияющих цепей защищённость цепи будет количественно равна защищённости на дальнем конце, связанной с переходным затуханием на дальнем конце соотношением:

$$A_3(\omega) = 10\lg \left| \frac{P_{1п}(\omega)}{P_{2п}(\omega)} \right| = A_1(\omega) - \alpha \lambda(\omega), \text{ дБ}$$

где $\alpha \lambda$ – представляет собственное затухание линии.

Для однородных симметричных кабельных линий переходное затухание на ближнем конце и защищённость на дальнем конце определяются из выражений:

$$A_0(\omega) = 20 \lg \left| \frac{4\gamma}{N_{12}(\omega)} \cdot \frac{1}{1 - e^{-2\gamma l}} \right|, \text{ дБ}$$

$$A_3(\omega) = 10 \lg \left| \frac{2}{F_{12}(\omega)\lambda} \right|, \text{ дБ}$$

В области высоких частот в кабельных цепях $\beta \gg \alpha$ и $|\gamma| \cong \beta$

В реальных линиях связи наряду с непосредственными влияниями всегда действуют косвенные влияния вследствие конструктивных неоднородностей, несогласованных нагрузок, через третьи цепи. Результирующий ток помех определяется по закону суммирования случайных величин, поскольку амплитуды и фазы отдельных составляющих помех имеют случайный характер:

$$A_{\text{рез}}(\omega) = -10 \lg \left[10^{-0,1A_{\text{н}}(\omega)} + 10^{-0,1A_{\text{кн}}(\omega)} + 10^{-0,1A_{\text{отр}}(\omega)} + 10^{-0,1A_{\text{тр}}(\omega)} \right].$$

где $A_{\text{рез}}$ – результирующее значение переходного затухания или защищённости;

$A_{\text{н}}$ – переходное затухание или защищённость при непосредственном влиянии;

$A_{\text{кн}}$, $A_{\text{отр}}$, $A_{\text{тр}}$ – переходное затухание или защищённость вследствие влияния соответственно конструктивных неоднородностей, отражений при несогласованных нагрузках и от влияния через третьи цепи.

Косвенные влияния на ближний и дальний концы оказывают различное действие. Так, например, на ближнем конце значительное влияние оказывают конструктивные неоднородности, а на дальнем конце их влияние по сравнению с другими незначительно, зато большое влияние оказывают третьи цепи.

Во всех случаях в симметричных цепях с ростом частоты величина электромагнитных связей возрастает, а переходное затухание и защищённость уменьшается. Это и является основной причиной ограничения частотного диапазона на симметричных линиях связи.

В коаксиальных кабелях при идеальном концентрическом расположении проводников отсутствует внешнее как электрическое, так и магнитное поперечное поле. Поэтому непосредственная электрическая и магнитная связи равны нулю. Однако, реальные проводники коаксиального кабеля имеют конечную проводимость, т.е. $\sigma \neq \infty$ и внутри внешнего проводника образуется продольная составляющая электрического поля E_z , совпадающая по направлению с вектором плотности тока в проводнике $\bar{\delta}_{\text{пр}} = \sigma \bar{E}_z$.

E_z^c на внешней поверхности проводника возбуждает ток помех в третьей цепи, образованной из двух внешних проводников расположенных рядом коаксиальных пар, вызывая помеху в коаксиальной цепи, подверженной влиянию. Степень влияния оценивается величиной сопротивления связи Z_{12} ? Представляющим собой отношение продольной составляющей напряжённости электрического поля на внешней поверхности проводника рабочего тока в цепи:

$$Z_{12} = \frac{E_z^c}{I}$$

Увеличение частоты приводит к перемещению плотности рабочего тока вследствие поверхностного эффекта на внутреннюю поверхность проводника и E_z^c уменьшается, следовательно, Z_{12} будет также уменьшаться и взаимные влияния снижаются. Таким образом у коаксиальных кабелей на низких частотах влияния будут больше, чем на высоких. Степень влияния между коаксиальными цепями будет зависеть также от величины полного сопротивления третьей промежуточной цепи Z_3 , чем оно будет выше, тем меньше величина тока помех. С ростом частоты Z_3 возрастает, оно будет больше, если коаксиальная цепь экранирована и изолирована.

Величины переходного затухания и защищённости между коаксиальными цепями определяется по формулам:

$$A_0(\omega) = 20 \lg \left| \frac{4Z_B Z_3 \gamma}{Z_{12}^2 (1 - e^{-2\gamma l})} \right|, \text{ дБ}$$

$$A_3(\omega) = 20 \lg \left| \frac{2Z_B Z_3}{Z_{12}^2 \lambda} \right|, \text{ дБ}$$

$$A_\lambda(\omega) = A_3(\omega) + \alpha(\omega)\lambda.$$

На ближнем и дальнем концах в коаксиальном кабеле также проявляется иначе, чем в симметричном. У последнего, как правило, $N_{12} > F_{12}$ и влияние на ближнем конце коротких участков больше, чем на дальнем, т.е. $A_0 < A_3$. В коаксиальных кабелях на коротких линиях $A_0 \approx A_3$, на длинных линиях, когда $\alpha\lambda > 13$ дБ, $A_0 > A_3$, так как на дальнем конце токи с отдельных участков суммируются с одинаковыми фазами, а на ближнем конце фазы токов с отдельных участков будут разными.

Увеличение длины линии приводит как в симметричных, так и в коаксиальных кабелях к уменьшению уровня на дальнем конце влияющей цепи P_{11} , поэтому величина A_3 будет с увеличением длины линии уменьшаться. Так как собственное затухание линии с увеличением длины растёт линейно, то переходное затухание на дальнем конце вначале уменьшается по закону изменения A_3 , а затем растёт из-за увеличения собственного затухания линии.

Переходное затухание на ближнем конце симметричных и коаксиальных кабелей с увеличением длины линии сначала уменьшается из-за увеличения числа участков перехода токов влияния. Так как токи помех по мере увеличения длины на ближний конец приходят с большим затуханием, то с определённой длины линии переходное затухание на ближнем конце уже не зависит от её увеличения и остаётся постоянным.

В электросвязи взаимные влияния в значительной степени определяются режимом передачи сигналов по кабелю. При совпадающем режиме характер изменения уровня собственных сигналов будет одинаковым во всех цепях,

величина защищённости. Определяемая как разность уровней сигнала и помехи, будет равна в основном величине переходного затухания на ближнем конце. При встречном режиме передачи такого же соотношения между сигналом и помехой можно добиться лишь при увеличении переходного затухания на величину разности уровней между передаваемыми сигналами, т.е. на величину собственного затухания линии. В симметричных кабелях это условие достигается лишь разнесением цепей передачи и приёма в разные кабели при использовании четырёхпроводной схемы связи, либо использованием двухпроводной и двухполосной системы связи.