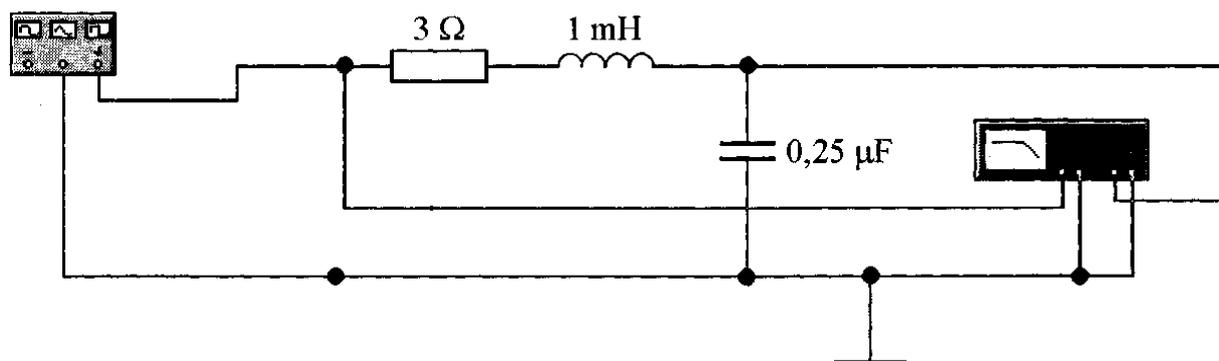


А.П. Кулинич, А.С. Шостак

ПРОХОЖДЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО И ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ ЛИ- НИЮ ЗАДЕРЖКИ

Часть 1. Прохождение импульсного сигнала
Часть 2. Прохождение гармонического сигнала

Руководство к лабораторной работе



ТОМСК 2012

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....	3
2 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА.....	3
3 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	4
4 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
4.1 Цепи с сосредоточенными и с распределенными параметрами.....	4
4.2 Длинные линии передачи.....	4
5 ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ	5
5.1 Часть 1. Прохождение импульсного сигнала.....	6
5.2 Часть 2. Прохождение гармонического сигнала.....	8
6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ	9
7 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	9

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является:

-исследование прохождения гармонического и импульсного сигналов через линию задержки в согласованном режиме, в режимах короткого замыкания и холостого хода.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика
ДЛ – длинная линия
ГПИ – генератор прямоугольных импульсов
ЛЗ – линия задержки
МВ – милливольтметр
ОСЦ - осциллограф
Ф – фазометр
УМ -16 – универсальный макет
ХХ – холостой ход
КЗ – короткое замыкание
СР – согласованный режим
ЭМВ – электромагнитные волны
ЭМК – электромагнитные колебания

2 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

2. 1. Ознакомиться с принципом действия радиоизмерительных приборов: милливольтметра, осциллографа, измерителя АЧХ, генератора синусоидальных сигналов.

2.2. Изучить распространение ЭМВ длинной линии в режимах СР (бегущие волны), ХХ и КЗ (стоячие волны) [1-4].

2. 3. Изучить свойства четырехполюсников, фильтров и линий задержки на сосредоточенных элементах [2-4]

2.4. Изучить свойства амплитудно-модулированных колебаний при тональной модуляции.

2.5. Изучить переходные процессы в линиях с распределенными параметрами [2-3]

2.6. Выполнить расчет параметров ЛЗ по заданию преподавателя.

2.7. Ознакомиться с программой лабораторной работы.

2.8. Начертить схемы подключения приборов к ЛЗ для выполнения измерений согласно п.5.

3 ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из универсального макета УМ-16 со съемной печатной платой (СПП) и комплекта радиоизмерительных приборов: милливольтметра, осциллографа, генератора синусоидальных сигналов, генератора прямоугольных импульсов, измерителя АЧХ и частотомера. На СПП расположена ЛЗ с входным и выходным переменными резисторами. ЛЗ представляет собой цепочечное соединение П – образных LC – фильтров нижних частот. Последовательные элементы фильтров – катушки индуктивности – имеют друг с другом магнитную связь. Коммутация элементов, расположенных на СПП, выполняется замыканием соответствующих гнезд макета проволочными перемычками со штекерами на концах.

4 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 Цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Настоящая работа посвящена исследованию процессов передачи гармонического и импульсного сигналов по ЛЗ, которая представляет собой каскадное (цепочечное) соединение П – образных звеньев ФНЧ на сосредоточенных LC – элементах. Такая ЛЗ имеет АЧХ ФНЧ и, являясь цепью с сосредоточенными параметрами, обладает свойствами длинной линии – цепи с распределенными параметрами, поэтому её называют искусственной линией. Строго говоря, все радиоэлектронные цепи являются цепями с распределенными параметрами, поскольку энергия Е- и Н – полей в них распределена в некотором, хотя и малом, но конечном объеме. Однако, если размеры элементов цепи много меньше длины волны МЭВ, то токи в этих элементах, являясь функциями времени, имеют одинаковые мгновенные значения по всей длине элемента – т.е. не зависят от пространственных координат. В этом случае в радиоэлектронных элементах преобладает какой-либо один из физических эффектов – запасание энергии Е- или Н- полей, преобразование электрической энергии в другие виды энергии или преобразование энергии сторонних сил в электрическую энергию. Это позволяет представить указанные элементы в виде идеализированных пассивных или активных элементов – конденсаторов, катушек индуктивности, резисторов, генераторов, элементов питания. Процессы в цепях из таких идеализированных элементов описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, а сами цепи называются цепями с сосредоточенными параметрами. Если же длина волны ЭМК соизмерима с размерами элемента, то в каждом его элементарном объеме одновременно сосредоточено энергия и Е- и Н- полей. Процессы в таких цепях описываются дифференциальными уравнениями в частных производных, где учитывается зависимость Е- и Н- полей как от времени, так и от пространственных координат. Эти цепи называются цепями с распределенными параметрами. Примерами таких цепей являются

длинная двухпроводная линия, волновод, волоконно оптическая линия, микро полосковая линия.

4.2 Длинные линии передачи

Передача сигнала в радиоэлектронных системах осуществляется с помощью передающих линий различных конструкций. Для теоретического рассмотрения все линии передачи условно разбивают на две группы. К первой группе относят линии, подчиняющиеся телеграфным уравнениям. Это коаксиальная и двухпроводная линии и различные их модификации, например, двухпроводная экранированная линия, спиральная линия задержки. Ко второй группе относят линии не подчиняющиеся телеграфным уравнениям и рассчитываемые электродинамическими методами. К таким линиям принадлежат прямоугольный и круглый волноводы, спиральный волновод. Особую группу составляют полосковые линии, поперечные размеры которых малы по сравнению с длиной волны (эти линии являются конструктивным развитием длинных линий). К этой группе относятся микрополосковая, копланарная, щелевая линии и ряд других линий, изготавливаемых в составе гибридных и полупроводниковых СВЧ схем на подложке с высокой диэлектрической проницаемостью.

Длинной линией называют цепь, составленную из двух проводников, если длина проводников во много раз превышает длину ЭМК, а расстояние между проводниками значительно меньше длины волны.

Теория длинных линий передачи, электрических фильтров и линий задержки изложена в литературе, минимальный которой список прилагается (см. п. 7).

5 ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Изучить порядок выполнения лабораторных работ и правила техники безопасности.

Пользуясь техническими описаниями, изучить:

- принцип действия и технические характеристики приборов;
- расположение и назначение органов управления;
- подготовку к работе, калибровку, балансировку и настройку приборов;
- порядок подключения приборов к измеряемым цепям;
- порядок проведения основных измерений для каждого прибора.

Подготовить к работе генератор сигналов, осциллограф, милливольтметр.

Подключить выход генератора ко входу вольтметра и осциллографа, подать сигнал и получить устойчивое изображение колебаний на экране.

Сравнить значение выходного напряжения генератора с показаниями милливольтметра и значением напряжения, измеренным на экране осциллографа.

ЧАСТЬ 1. ПРОХОЖДЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА

5.1. Выбор и измерение параметров измерительного сигнала.

5.1.1. В качестве измерительного сигнала для измерения параметров ЛЗ используем последовательность прямоугольных импульсов, вырабатываемую ГПИ (например, Г5-60). Для удобства измерений параметры последовательности следует выбрать такими, чтобы на экране ОСЦ было видно два импульса, периоды повторения которых $T_{II} = (5 \div 6)t_3$, длительность импульса - $\tau_{II} < \tau_3$, время задержки синхроимпульса, поступающего от ГПИ на синхровход ОСЦ для запуска развертки по горизонтали - $t_{СИНХР} = (0,5 \dots 1)t_3$, размер отклонения развертки по горизонтали - $1 \dots 2$ мкс/дел. Исходя из вышесказанного, оптимальны следующие параметры импульсной последовательности:

$T_{II} = 8 \dots 15$ мкс; $\tau_{II} = 2$ мкс; $t_{СИНХР} = 1$ мкс; $U_Y = 1 \dots 5$ В.

5.1.2. Установить на лимбах ГПИ выбранные значения параметров, подсоединить вход ОСЦ к выходу ГПИ, подать синхроимпульс от ГПИ на вход ОСЦ “ВНЕШ. СИНХР.”, развертку ОСЦ установить в режим внешней синхронизации, развертку по горизонтали установить $1 - 2$ мкс/дел, вращая ручку “УРОВЕНЬ” блока синхронизации, получить устойчивое изображение импульсов на экране. Измерить параметры импульсной последовательности и сравнить со значениями, установленными на лимбах ГПИ.

5.1.3. Подсоединить выход ГПИ и вход ОСЦ ко входу ЛЗ через дополнительный резистор R_0 , величина которого определяется из условия согласования ЛЗ по входу с выходным сопротивлением ГПИ - $R_0 = Z_0 - R_T$ (см. рис. 7, а), и пронаблюдать форму импульсов при рассогласовании на входе и на выходе ЛЗ. На рис.7, б показан примерный вид осциллограмм при ХХ и КЗ на выходе ЛЗ.

Время задержки $2t_3$ определяется в несогласованном режиме по осциллограмме на входе ЛЗ как временной сдвиг между передними фронтами падающего и отраженного импульсов на уровне 0,5 от установившегося значения.

5.2. Измерение времени задержки ЛЗ в несогласованном и согласованном режимах.

5.2.1. Режим рассогласования на входе и на выходе.

Собрать схему согласно п.5.1.3 (подключить ОСЦ и ГПИ на вход ЛЗ и отсоединить R_0). Время задержки можно определить, измерив по осциллограмме промежуток времени $2t_3$ между передними фронтами падающего и отраженного импульсов (см. рис. 7) в режиме КЗ или ХХ на выходе ЛЗ.

При рассогласовании на входе и на выходе ЛЗ, отраженных импульсов может быть несколько.

Полученные осциллограммы зарисовать на кальку, бумагу или миллиметровку, указав масштаб по осям координат. Обратит внимание на отличие в осциллограммах, снятых при КЗ и ХХ.

В согласованном режиме время задержки t_3 определяется временному сдвигу между передними фронтами падающего и отраженного импульсов по осциллограммам по уровню 0,5 от установившегося значения на входе и выходе ЛЗ.

5.2.2. Согласованный режим. Согласовать ЛЗ на входе и на выходе, установив $R_1 = Z_0 - R_r$, а движок R_2 установить в положение, при котором на входе ЛЗ нет отраженных импульсов.

Отключить резисторы R_0 и R_H от ЛЗ и измерить их величины омметром. Сравнить полученные величины с расчетным значением Z_0 .

Измерить время задержки в согласованном режиме по временному сдвигу между импульсами на входе и на выходе ЛЗ. Для этого подключить входы Y_1 и Y_2 осциллографа соответственно к входу и к выходу ЛЗ.

Если осциллограф имеет один вход Y , то измерить время задержки можно по сдвигу между импульсами на входе и на выходе ЛЗ (подключить вход Y поочередно к входу и к выходу ЛЗ, отметить на экране положение импульсов и измерить сдвиг t_3 между передними фронтами этих импульсов).

В результате измерений по данному пункту необходимо получить четкие и ясные представления о влиянии режима нагрузки ЛЗ на передачу импульсного сигнала. Для этого следует систематизировать все результаты в виде следующих осциллограмм:

- 1 - сигнал на выходе ГПИ;
- 2,3 - сигнал на входе ЛЗ при ХХ, КЗ на выходе и рассогласованном входе ЛЗ;
- 4,5,6, - сигнал на входе ЛЗ при $R_2 = Z_0$, ХХ и КЗ на выходе ЛЗ;
- 7 - сигнал на входе ЛЗ при $R_2 = Z_0$;
- 8 - сигнал на выходе ЛЗ при $R_2 = Z_0$.

Сопоставить результаты измерения и расчета t_3 и Z_0 .

5.3. Измерение времени нарастания фронта импульса.

Подключить ГПИ ко входу, а ОСД к выходу ЛЗ, согласовать ЛЗ на входе и на выходе и измерить время нарастания фронта импульса. Сравнить с расчетным значением $t_\phi = 1,1 \cdot \sqrt[3]{n} \cdot \sqrt{LC}$.

Примечание. Время нарастания фронта импульса равно времени, в течение которого амплитуда импульса возрастает от 1,1 до 0,9 установившегося значения.

ЧАСТЬ 2. ПРОХОЖДЕНИЕ ГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА

5.4. Определение коэффициента затухания ЛЗ в согласованном режиме ($R_r = R_1 = Z_0 = R_2$).

Подключить ко входу ЛЗ генератор ИЧХ или ГЗ-118 через ослабитель, а к выходу ЛЗ подключить МВ (см. рис.8). Снять АЧХ ЛЗ в диапазоне 100...1000 кГц. Равномерность АЧХ будет свидетельствовать о согласовании ЛЗ с нагрузкой. Спад АЧХ с ростом частоты обусловлен затуханием сигнала в ЛЗ. По результатам измерения напряжения на выходе U_H и на входе U_0 ЛЗ при различных значениях частоты (100, 200, 400, 500, 800, 1000 кГц) рассчитать коэффициент затухания $\alpha = \ln(U_0/U_H)$ и коэффициент передачи $K = 20\lg(U_H/U_0)$.

5.5. Исследование распределения напряжения вдоль ЛЗ в зависимости от нагрузки на её выходе.

При помощи МВ измерить распределение напряжения вдоль ЛЗ (см, рис.8), измеряя его величину на отводах ЛЗ на фиксированных частотах в режиме $R_2 = Z_0$, КЗ, ХХ (режим КЗ и ХХ устанавливать при отсоединенном резисторе R_2). Результаты измерений свести в таблицу и изобразить графически в виде зависимости $U_H = F(n)$, где “n” - номер звена ЛЗ.

Примечание. В согласованном, режиме напряжение на нагрузке определяется выражением $U_H = U_0 \cdot e^{-\alpha n}$, а напряжение вдоль линии уменьшается пропорционально $e^{-\alpha n}$, где “n” - номер звена ЛЗ.

При КЗ и ХХ в ЛЗ устанавливается режим стоячей волны, как результат суперпозиции падающей и отраженной волн напряжения. В том звене ЛЗ, где падающая и отраженная волны противофазны, $U_H = 0$, а там, где волны синфазны, $U_H = 2 \cdot U_0$. При этом в первом случае, имеет место последовательный резонанс, а во втором - параллельный. Описанное явление в ЛЗ эквивалентно механизму интерференции падающей и отраженной электромагнитных волн в ДЛ (длинной линии) в несогласованном режиме. Соответственно, если в ДЛ, являющейся цепью с распределенными параметрами, имеет место пространственная суперпозиция электромагнитных волн, то в ЛЗ, являющейся цепью с сосредоточенными параметрами, наблюдается фазовая (временная) суперпозиция волн напряжения.

5.6. Измерение распределения фазового сдвига напряжения вдоль ЛЗ.

5.6.1. Установить $R_2 = Z_0$, на вход ЛЗ подсоединить генератор ГЗ-118 и один вход Ф, второй вход Ф поочередно подсоединять к отводам ЛЗ. Измерения произвести при $f = 100, 200$ кГц. Результаты свести в таблицу.

Рассчитать время задержки $\tau_3 = \varphi/(360\dots)$, где $\varphi = n \cdot \varphi_i$ - полный фазовый сдвиг; φ_i - фазовый сдвиг одного звена.

5.6.2. Убедиться, что в режиме стоячих волн напряжения фазовый сдвиг вдоль ЛЗ постоянен, а в узлах ($U = 0$) или пучностях $U = 2U_0$ происходит, скачок фазы.

5.7. Измерение частотной зависимости входного сопротивления. Подсоединить ко входу ЛЗ ИЧХ и в режимах КЗ и ХХ по характеристике на экране прибора измерить резонансные частоты f_{PM} и f_{P0} , на которых наблюдаются соответственно максимумы и минимумы характеристики (пучности и узлы напряжения). По разности двух соседних резонансных частот

$$\Delta f_0 = f_{P02} - f_{P01} \text{ или } \Delta f_M = f_{PM2} - f_{PM1}$$

рассчитать время задержки $t_3 = 1/(2\Delta f_0)$ или $t_3 = 1/(2\Delta f_M)$.

Примечания.

1. Резонансные частоты минимумов соответствуют последовательному резонансу, а резонансные частоты максимумов - параллельному.

2. Ожидаемый вид экспериментальных характеристик по п.п. 5.4 - 5.7 приведен на рис.9.

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Как измерить время задержки импульсного сигнала в ЛЗ?

6.2. Как влияет режим нагрузки на форму импульсного сигнала на входе и на выходе ЛЗ?

6.3. Чем объяснить образование узлов и пучностей вдоль ЛЗ в режимах "ХХ" и "КЗ"?

6.4. Каковы причины затухания сигналов при распространении в длинных линиях и в линиях задержки на сосредоточенных элементах?

6.5. При какой форме АЧХ и ФЧХ импульсы в ДЛ распространяются без искажений?

6.6. Привести условие, при котором в ДЛ с потерями импульсы распространяются без искажения формы.

6.7. На вход ЛЗ подан идеальный прямоугольный импульс, на выходе ЛЗ режим КЗ (ХХ). Показать форму отраженного импульса на входе ЛЗ, если:

а) - ЛЗ без потерь;

б) - ЛЗ с потерями, но без дисперсии;

в) - ЛЗ с дисперсией и с потерями.

7 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов. - 5-е изд., - М.: Высш. шк., 2005. - 462с.: ил.; -304экз

2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: Учебник для вузов. - 2 - е изд., - М.: Высш. шк., 2002. - 512 с.; ил.; -151 экз.

3. Денисов Н.П., Попов А.И., Шibaев А.А. Основы электроники и электронные устройства. Часть 1 / Под ред. А.И.Попова. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1992.