**Е.Ф. БАЗЛОВ, А.Ф. КАМАЕВА**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ**

***Методические*** ***указания*** ***к*** ***лабораторной*** ***работе***

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ»

Е.Ф. БАЗЛОВ. А.Ф. КАМАЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ

*Методические* *указания* *к* *лабораторной* *работе*

Казань 2017

УДК 621.373(075)

**Базлов Е.Ф., А.Ф. Камаева**

Исследование параметров четырехполюсников.

Проводятся измерения параметров четырехполюсников. Работа выполняется с использованием электронной лаборатории Multisim.

Работа предназначена для студентов очной и заочной форм обучения направлений подготовки 11.03.01 «Радиотехника», 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и специальностей 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы», 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» и 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

Цель работы:

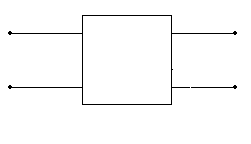
1) изучение методов расчета и измерения первичных параметров четырехполюсников,

2) расчет по первичным параметрам передаточных функций нагруженных четырехполюсников.

1. **ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

В теории цепей значительное место занимает исследование четырехполюсников, т.е. многополюсников с двумя сторонами (2×2-полюсников). Они называются проходными четырехполюсниками. Обычно интересуются прохождением сигналов через произвольную сложную электрическую цепь. При этом важно установить связь между выходными и входными значениями напряжений и токов, не рассчитывая токи и напряжения на элементах внутри цепи.

Для такого анализа цепь представляется обобщенной схемой в виде четырехполюсника (Рис.1). Анализ цепи в этом случае производится на основе классической теории четырехполюсников, которая устанавливает связь между токами и напряжениями, действующими на входных и выходных зажимах. В зависимости от того, какая пара переменных величин считается независимой, процессы в четырехполюсниках можно описать одной из шести форм уравнений. Четыре из них, наиболее распространенные, приведены в таблице 1.



1'

1

2

2'









Рис. 1.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Формы уравнений четырехполюсников | | |
| Система  параметров |  |  |
| Система  параметров |  |  |
| Система  -параметров |  |  |
| Система  -параметров |  | . |

В уравнениях для параметров выходной ток направлен в другую сторону по сравнению с током : .

В таблице все переменные и параметры представлены в комплексной форме, потому что рассматривается вариант установившегося гармонического воздействия на четырехполюсник.

Каждый коэффициент уравнения имеет конкретный физический смысл. Так из уравнений для -параметров следует, что  и можно определить в режиме холостого хода на выходе, а  и  − в режиме короткого замыкания на выходе, причем

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |
|  | (2) |

Параметры вида  называются передаточными, так как по физическому смыслу они являются передаточными сопротивлениями (проводимостями) или коэффициентами передачи по напряжению (току). Параметры вида  называются гибридными, так как они содержат входные сопротивления (проводимости) и коэффициенты передачи по напряжению (току).

По физическому смыслу -параметры являются входными или передаточными проводимостями, а -параметры − входными или передаточными сопротивлениями.

Так как любой четырехполюсник может быть описан любой системой параметров, то можно всегда перейти от одной системы к другой. Пересчитать параметры сложности не представляет, так как формулы пересчета сведены в таблицы, которые можно найти в любом учебнике по теории цепей.

Собственные параметры четырехполюсника не учитывают влияние внешних цепей (источника и нагрузки). Для расчета четырехполюсника с учетом этих цепей применяют комплексные функции, которые иногда называют вторичными или рабочими параметрами. Пусть (Рис. 2.) к входным зажимам четырехполюсника подключен источник с внутренним сопротивлением , а к выходным зажимам – сопротивление нагрузки . Отношение напряжения на выходе двусторонне нагруженного четырехполюсника  к ЭДС источника  называется *рабочим коэффициентом передачи четырехполюсника по напряжению.*

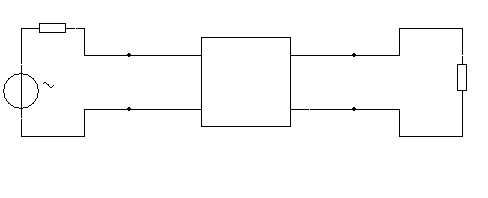


Рис. 2.





1

1'

2

2'













|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

Учитывая, что и , получаем

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Если источник задан напряжением или током на входе четырехполюсника, то при расчете необходимо учитывать только нагрузку. В этом случае передаточная функция по напряжению

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Входное сопротивление нагруженного четырехполюсника

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Можно также записать формулы для передаточной функции по току и т.д.

1. **ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА.**



Рис. 3

Для выполнения работы используется система компьютерного моделирования электрических и электронных схем Multisim. Для измерения параметров  и  используется схема рис. 3, а для измерения параметров  и  схема рис. 4.

Так как параметры четырехполюсников являются отношениями напряжений или токов, или токов и напряжений, то для их определения используются приборы **Bode plotter (XBP 1** и **XBP 2**)**,** измеряющие отношение напряжений, поданных на входы **IN** и **OUT**. К входу **IN** подключается та переменная, которая находится в знаменателе, а к входу **OUT** − та, которая в числителе формулы соответствующего параметра.

Для измерения тока используется преобразователь тока в напряжение (ИНУТ − источник напряжения, управляемого током). При этом напряжение на выходе преобразователя численно равно измеряемому току, потому что оно снимается с сопротивления в 1 Ом.



Рис. 4

Чтобы найти этот преобразователь, надо на панели «Реальные компоненты» (Рис. 5) щелкнуть мышью по кнопке «Источники». При этом откроется окно, показанное на рисунке 6. Далее надо выбрать позиции, обведенные красной рамкой. После этого щелкнуть «OK». На экран будет выведен ИНУТ.

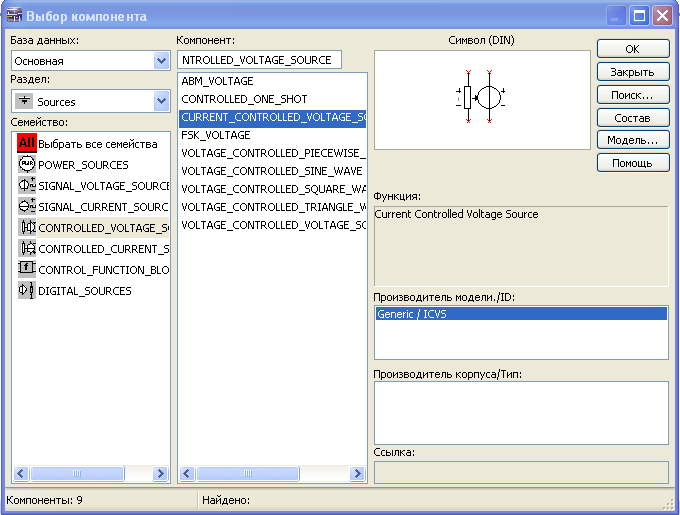


Рис. 5

Источники

К входу исследуемого четырехполюсника подключается источник напряже ния. При использовании **Bode plotter** нет необходимости устанавливать величину напряжения и частоту этого напряжения. **Bode plotter** производит измерение отношения напряжений на выходе и входе в том частотном диапазоне, который указан на передней панели прибора.

Рис. 6



**OK**

**ИНУТ**

В таблице 1 представлены схемы четырехполюсников, предлагаемых для исследования. Номер варианта задает преподаватель.

Таблица 1

|  |  |
| --- | --- |
| №  варианта | Схема четырехполюсника |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |
| 6 |  |

Все четырехполюсники являются колебательными контурами: последовательными (варианты 1 и 2), параллельными (варианты 3,4 и 5) и связанными (вариант 6). Все они имеют добротность гораздо больше единицы.

1. **ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

Включить Multisim.

Собрать схему четырехполюсника.

Рассчитать резонансную частоту четырехполюсника . по формулам, приведенным в табл. 2. Значение резонансной частоты записать и указать в отчете. Измерение параметров производить на резонансной частоте.

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Четырехполюсник |  |
| 1 | Поз. 1 таблица 2 |  |
| 2 | Поз. 2 таблица 2 |  |
| 3 | Поз. 3 таблица 2 |  |
| 4 | Поз. 4 таблица 2 |  |
| 5 | Поз. 5 таблица 2 |  |
| 6 | Поз. 6 таблица 2 |  |

**ЗАДАНИЕ 1.** Используя режим холостого хода на выходе четырехполюсника произвести измерение параметров  и 

1.1. Собрать схему рис. 3.

1.2. Измерить параметр 

На **Bode plotter (XBP1)** установить

− линейный режим по горизонтали и вертикали;

− по горизонтали установить пределы изменения частоты: начальное значение (**I)** и конечное (**F**)**.** Пределы должны быть заданы так, чтобы резонансная частота была примерно в середине этого диапазона.

1.3. Запустить режим моделирования.

1.4. Измерить величину параметра . Для этого щелкнуть по кнопке «Амплитуда», перемещая визирную линию на экране **Bode plotter,** установить ее на резонансную частоту и записать величину измеряемого параметра , подобрав предварительно усиление по вертикали. Значение частоты и величину параметра можно прочесть на табло под экраном.

1.5. Щелкнуть по кнопке «Фаза», установить опять визирную линию на резонансную частоту и записать значение фазы параметра .

1.6. Записать параметр в показательной форме 

1.7.Испльзуя **Bode plotter (XBP2), п**овторить пункты 1.2 -1.6 для измерения параметра .

**ЗАДАНИЕ 2.** Используя режим короткого замыкания на выходе четырехполюсника произвести измерение параметров  и  и .

2.1. Собрать схему рис. 4.

Повторяя пункты **ЗАДАНИЯ 1** измерить параметры.

**ЗАДАНИЕ 3.** Измерить передаточную функцию нагруженного четырехполюсника.

3.1. К выходу четырехполюсника подключить сопротивление нагрузки  и собрать схему

3.2. По **Bode plotter** измерить передаточную функцию .

3.3. По формуле (5) рассчитать передаточную функцию.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | измеренная | рассчитанная |

1. **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА.**

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием названия работы, фамилий исполнителей и номера группы.

2. Задания.

3. Схемы исследуемых устройств.

4. Таблицы, содержащие результаты измерений параметров и передаточной функции нагруженного четырехполюсника.

5. Выводы по выполненной работе.

**5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Записать уравнения четырехполюсника в системе  параметров.

2. Записать уравнения четырехполюсника в системе  параметров

3. Записать уравнения четырехполюсника в системе  параметров

4. Записать уравнения четырехполюсника в системе  параметров

5. Каков физический смысл  параметров.

6. Каков физический смысл  параметров.

7. Каков физический смысл  параметров.

8. Каков физический смысл  параметров.

9. Для четырехполюсника

нарисовать схему для измерения параметра  с помощью вольтметра и осциллографа.

10. Для четырехполюсника

нарисовать схему для измерения параметра  с помощью вольтметра и осциллографа.

11. Для четырехполюсника

нарисовать схему для измерения параметра  с помощью вольтметра и осциллографа

12. Для четырехполюсника

нарисовать схему для измерения параметра  с помощью вольтметра и осциллографа.