

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра «Антенн и устройств СВЧ»

ИССЛЕДОВАНИЕ МОСТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Методические указания к лабораторной работе №2
по дисциплине АНТЕННЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ
для студентов специальности 39 01 01 «Радиотехника»
всех форм обучения

Минск 2005

УДК 621.396.67 (075.8)
ББК 32.845 я 73
И 85

С о с т а в и т е л и:
И.Н. Кижлай, А.В. Кухарев, Н.А. Чмырев, О.А. Юрцев

Исследование мостовых соединений: Метод. указ. к лаб. раб. №2
И 85 по дисц. “Антенны и устройства СВЧ” для студ. спец. 39 01 01 “Радио-
техника” всех форм обуч./ Сост. И.Н. Кижлай, А.В. Кухарев, Н.А. Чмы-
рев, О.А. Юрцев.– Мн.: БГУИР, 2005. - 19 с.: ил.

В методических указаниях содержатся сведения о применении, принципах работы, конструкциях и разновидностях мостовых соединений на различных типах линий передачи. Рассмотрены основные параметры мостовых соединений, приведены методика их экспериментального определения и контрольные вопросы, которые помогают студентам самостоятельно овладеть данным разделом. Приведена методика выполнения лабораторной работы и оформления отчета.

Материал может быть рекомендован для студентов специальностей 39 01 02, 39 01 03 и 45 01 02 при изучении курсов, содержащих раздел “Устройства СВЧ”.

УДК 621.396.67 (075.8)
ББК 32.845 я 73

© Коллектив авторов,
составление, 2005
© БГУИР, 2005

Содержание

1. Цель работы
 2. Общие сведения
 3. Измерение параметров мостовых соединений СВЧ
 4. Порядок выполнения работы
 5. Содержание отчета
 6. Контрольные вопросы
- Литература

Библиотека БГУИР

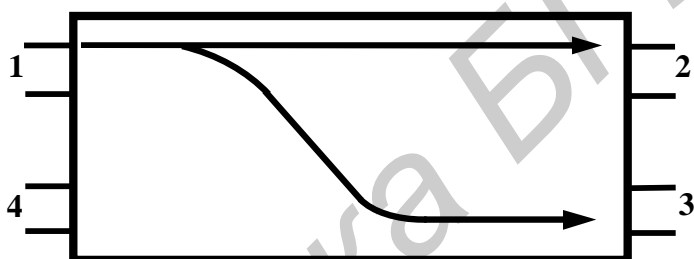
1 Цель работы

Ознакомление с устройством и принципом действия основных типов мостовых соединений СВЧ, исследование характеристик волноводного щелевого моста и двойного волноводного тройника.

2 Общие сведения

Мостовым соединением (или мостом) называется четырехплечное устройство (восьмиполюсник), в котором при возбуждении любого из четырех плеч энергия электромагнитной волны в одно из выходных плеч не поступает, а делится поровну между двумя другими выходными плечами, в которых волны имеют постоянный фазовый сдвиг в рабочем диапазоне частот.

Схематическое изображение моста и распределение мощности в нем показано на рисунке 1.



1 – плечо, в которое поступает мощность от генератора;
2, 3 – выходные плечи; 4 – развязанное плечо

Рисунок 1 - Схематическое изображение моста

Мосты являются взаимными устройствами и представляют собой частный случай направленного ответвителя, у которого ответвленная мощность в выходных плечах 2 и 3 равна половине входной мощности в плече 1. Мосты находят широкое применение в технике СВЧ. Они используются главным образом в разнообразных измерительных схемах и коммутирующих устройствах. Так, например, с помощью моста могут быть измерены полное сопротивление и коэффициент отражения от нагрузки (рисунок 2).

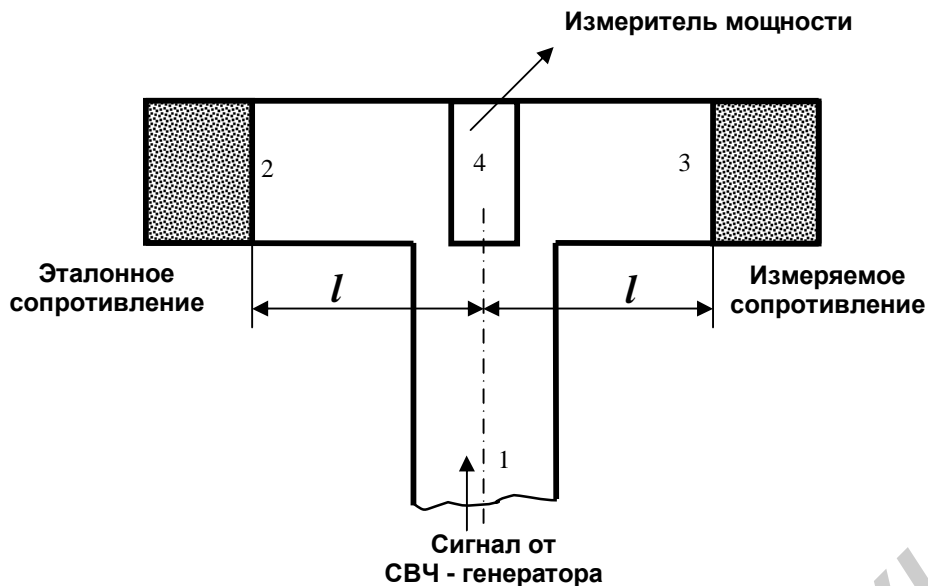


Рисунок 2 - Схема измерения полного сопротивления и отражений с применением моста

Методика измерения основана на сравнении неизвестного сопротивления, подключаемого к плечу 3, с градуированным эталонным сопротивлением в плече 2. Градуированное эталонное сопротивление обычно представляет собой практически идеально согласованную нагрузку, параллельно (или последовательно) которой подключается отрезок волновода с подвижным короткозамыкателем либо какая-нибудь другая неоднородность. Реактивное сопротивление этой неоднородности должно легко регулироваться в широких пределах и быть известно заранее с высокой степенью точности. Так как неизвестная и эталонная нагрузки находятся на равном расстоянии от входа (плечо 1) моста, то на вход обеих нагрузок волны поступают в фазе. Если полные сопротивления эталонной и измеряемой нагрузок отличаются друг от друга, то амплитуды и фазы отраженных от этих нагрузок волн различны. При этом часть энергии отраженных волн поступает в плечо 4, что и фиксируется с помощью измерителя мощности, подключенного к данному плечу. Энергия в плече 4 будет отсутствовать только в случае, когда полные сопротивления эталонной и измеряемой нагрузок равны. Путем регулировки величины полного сопротивления эталонной нагрузки добиваются нулевых показаний индикатора мощности в плече 4. Величина измеряемого сопротивления в этот момент равна величине эталонного.

Если вместо эталонного сопротивления в плечо 2 включить согласованную нагрузку, то половина энергии, отраженной от нагрузки в плече 3, поступит в плечо 4. В этом случае по показаниям индикатора мощности в плече 4 можно определить коэффициент отражения от нагрузки в плече 3.

Часто мост является составной частью антенных переключателей, смесителей, делителей мощности и др.

Одна из схем антенного волноводного переключателя, представленная на рисунке 3, состоит из двух щелевых мостов и двух разрядников между ними.

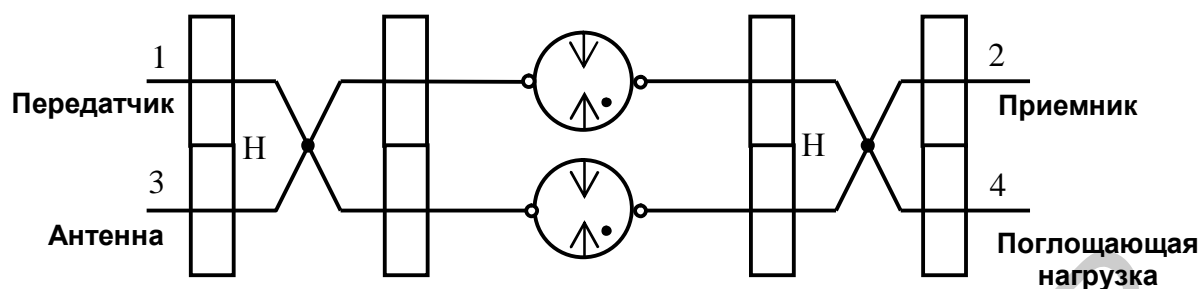


Рисунок 3 - Антенный переключатель с использованием мостов

При работе передатчика разрядники закорачивают выходные плечи левого моста и мощность из плеча 1 (из передатчика) проходит в плечо 3 к антенне. Мощность, просочившаяся в режиме передачи через разрядники, проходит из плеча 1 в плечо 4 и рассеивается в поглощающей нагрузке, но не попадает на вход приемника. В режиме приема разрядники не шунтируют волноводы, мощность из плеча 3 (из антенны) проходит в плечо 2 к приемнику и не попадает на вход передатчика и в поглощающую нагрузку. Попеременное подключение производится переключателем автоматически, и его частота может достигать нескольких тысяч раз в секунду.

Основными характеристиками мостовых соединений являются: коэффициент стоячей волны (КСВ) - K_M каждого из плеч при наличии согласованных нагрузок в остальных плечах и выраженные в децибелах переходное ослабление - C_{12} (C_{13}), коэффициент деления мощности - C_{23} , развязка - C_{14} , а также фазовые соотношения волн в выходных плечах.

1 Переходное ослабление C_{12} (C_{13}) - выраженное в децибелах отношение мощности на входе плеча 1 к выходной мощности рабочего плеча 2 (3):

$$C_{12} = 10 \log P_1 / P_2 \text{ [дБ]}. \quad (1)$$

2 Коэффициент деления мощности C_{23} - выраженное в децибелах отношение мощностей на выходе рабочих плеч 2 и 3:

$$C_{23} = 10 \log P_2 / P_3 \text{ [дБ]}. \quad (2)$$

3 Развязка C_{14} - выраженное в децибелах отношение мощности на входе плеча 1 к мощности на выходе развязанного плеча 4:

$$C_{14} = 10 \log P_1 / P_4 \text{ [дБ]}. \quad (3)$$

Если мощность, поступающая на вход моста (плечо 1), не делится поровну между выходными плечами 2, 3, то по величине отклонения переходного ослабления S_{12} (S_{13}) от 3 дБ можно судить о степени неидеальности данного моста. У идеального моста $S_{14} = \infty$.

Имеется большое число различных схем и конструкций мостов. Наиболее широкое распространение получили такие мостовые соединения, как волноводно-щелевые мосты, двойные волноводные тройники (двойной Т-мост), квадратурные мосты, кольцевые мосты и др.

В данной работе исследуются волноводно-щелевой мост и двойной Т-мост.

Волноводно-щелевой мост

Наиболее распространенным типом волноводно-щелевого моста является Н - плоскостной щелевой мост, схема которого представлена на рисунке 4 (переходы для подключения волноводов к плечам моста на рисунке не показаны).

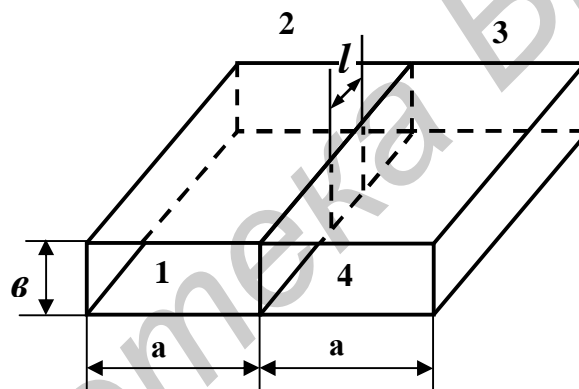


Рисунок 4 – Волноводно-щелевой мост

Как видно из рисунка, волноводно-щелевой мост состоит из двух одинаковых прямоугольных волноводов, по которым может распространяться только основной тип волны H_{10} . Эти волноводы имеют общую тонкую узкую стенку, часть которой вырезается на всю высоту, образуя щель (область связи).

Длина щели подбирается таким образом, чтобы в волноводно-щелевом мосте при возбуждении любого плеча происходило следующее:

- энергия, поступающая в любое его плечо, делилась поровну между двумя противоположными плечами, а в смежное плечо энергия не поступала;
- сдвиг фаз между полями в плечах, противоположных входному, был равен $\pi/2$, причем опережала по фазе волна в том плече, продольная ось которого совпадает с продольной осью входного плеча.

Рассмотрим принцип действия волноводно-щелевого моста. Пусть к плечам 2, 3 и 4 моста подключены согласованные нагрузки, а в плече 1 возбуждается волна типа H_{10} с амплитудой E_m . Схема моста (вид сверху) и кривые распределения электрического поля, соответствующие этому случаю, показаны на рисунке 5.

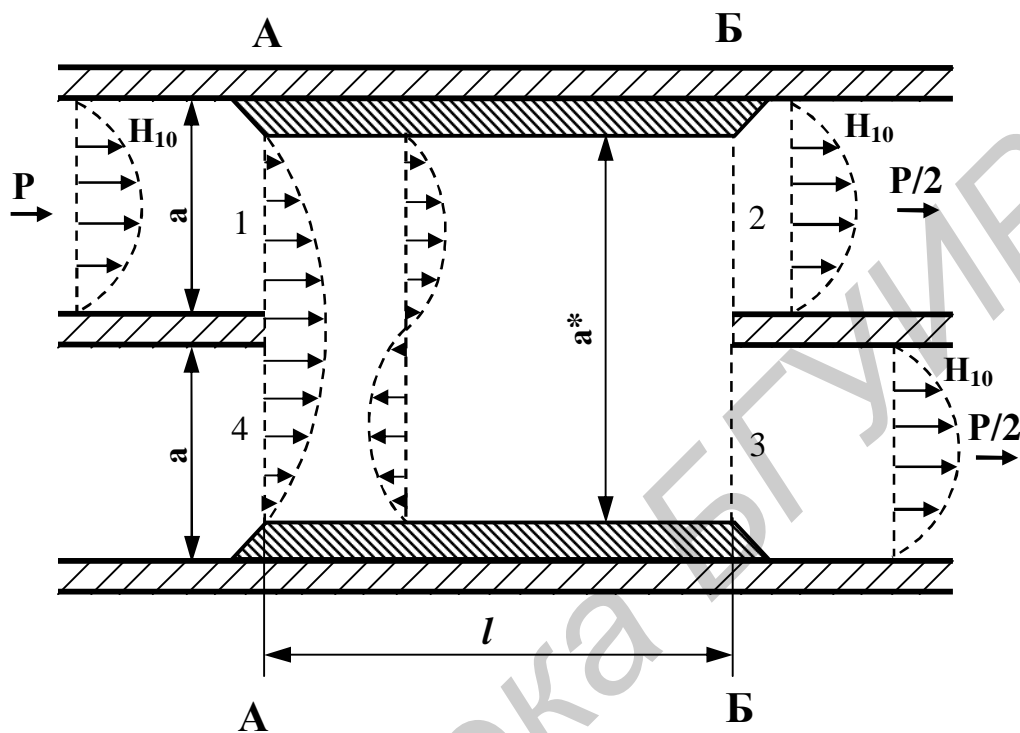


Рисунок 5 - Распространение электромагнитной волны в волноводно-щелевом мосте

Волна H_{10} , двигаясь через входное плечо, попадает в область связи (между сечениями А-А и Б-Б), где поперечный размер a^* становится примерно в два раза больше ширины волновода a плеча 1. В связи с нарушением однородности волновода здесь наряду с волной типа H_{10}^* возбуждаются также волны типа H_{20}^* , H_{30}^* и т.д. Так как a^* обычно выбирается из условия $l < a^* < 3/2l$, где l - рабочая длина волны, то условие $l < l_{кр}$ выполняется только для волн H_{10}^* и H_{20}^* , а поля остальных типов волн оказываются чисто реактивными и дальше не распространяются. При этом, как видно из рисунка 5, поля волн H_{10}^* и H_{20}^* имеют в начале щели (сечение А-А) у плеча 1 одинаковую фазу, а у плеча 4 - противофазны. Это позволяет обозначить амплитуду напряженности поля каждой из волн H_{10}^* и H_{20}^* через $0,5 E_m$ и считать, что амплитуда напряженности результирующего поля в начале щели $E_{1m} = E_m$ и $E_{4m} = 0$, т.е. волна в плече 4 распространяться не будет.

Таким образом, волна, распространяющаяся вдоль щели, есть совокупность синфазной (в верхней половине) и противофазной (в нижней половине) волн с амплитудами полей, которые в два раза меньше, чем амплитуда волны на входе моста. Их фазовые скорости и длины волн в волноводе различны.

Так как для волны H_{10}^* критическая длина волны $l_{кр} = 2a^*$, а для волны H_{20}^* - $l_{кр} = a^*$, то для волн H_{10}^* и H_{20}^* соответственно имеем:

$$u_{\phi}^{10} = \frac{c}{\sqrt{1 - (l/2a^*)^2}}, \quad (4)$$

$$\Lambda^{10} = \frac{l}{\sqrt{1 - (l/2a^*)^2}}, \quad (5)$$

$$u_{\phi}^{20} = \frac{c}{\sqrt{1 - (l/a^*)^2}}, \quad (6)$$

$$\Lambda^{20} = \frac{l}{\sqrt{1 - (l/a^*)^2}}. \quad (7)$$

Так как фазовые скорости распространения волн H_{10}^* и H_{20}^* отличаются друг от друга, то при прохождении совместного участка волноводов между этими волнами возникают фазовые сдвиги, которые будут расти по мере удаления от сечения А-А.

$$j^{10} = \frac{2lp}{\Lambda^{10}}, \quad (8)$$

$$j^{20} = \frac{2lp}{\Lambda^{20}}. \quad (9)$$

Можно так подобрать длину щели l , чтобы на ней укладывались, например, $1/2\Lambda^{20}$ и $3/4\Lambda^{10}$. Тогда на входе в плечо 2 векторы $0,5 E_m$ будут отставать по фазе относительно вектора электрического поля на выходе плеча 1 на 180° для волны типа H_{20}^* и на 270° для волны типа H_{10}^* . Такие же фазовые сдвиги возникнут между векторами электрического поля на входе в плечо 3 (сечение В-В) по отношению к выходу плеча 4 (сечение А-А). Очевидно, что амплитуды результирующих электрических полей на входах плеч 2 и 3, где расширенный волновод снова переходит в два волновода обычного сечения, окажутся равными $E_{2m} = E_{3m} = E_m / \sqrt{2}$, поскольку мощности пропорциональны квадрату напряженности поля; мощность волны, входящей в мост через плечо 1, разделится поровну между плечами 2 и 3, т.е. этот мост трехдецибельный.

Таким образом, результирующее поле в плече 3 отстает по фазе от поля в плече 2 на $p/2$, т.е. $j^{10} - j^{20} = p/2$. Нетрудно показать, что длина щели при этом должна быть равна:

$$l = \frac{\Lambda^{10} \Lambda^{20}}{4(\Lambda^{20} - \Lambda^{10})}. \quad (10)$$

Для получения сдвига фаз на 90° длина щели обычно выбирается $l = 1,4a$, что соответствует также максимальной диапазонности.

Благодаря геометрической симметрии моста аналогичное деление мощности и то же соотношение фаз в выходных плечах будут иметь место при поступлении волны H_{10} в любое другое плечо.

Преобразование волн в начале области связи и обратное преобразование в конце этой области сопровождаются отражениями. В результате в развязанное плечо в действительности просачивается некоторая, хотя и незначительная (примерно 0,2 %) часть мощности. Для компенсации этих отражений в центре щели помещают согласующий элемент (как правило, подстроечный винт). Хорошо согласованный волноводно-щелевой мост позволяет получить развязку плеч более 20 дБ в полосе частот 15...20 %, при неравномерности распределения мощности, не превышающей 0,3...0,5 дБ и КСВ = 1,15...1,3.

Двойной Т-мост

Двойной Т-мост состоит из четырех одинаковых прямоугольных волноводов, по которым может распространяться только основной тип волны H_{10} , соединенных в единое устройство, показанное на рисунке 6.

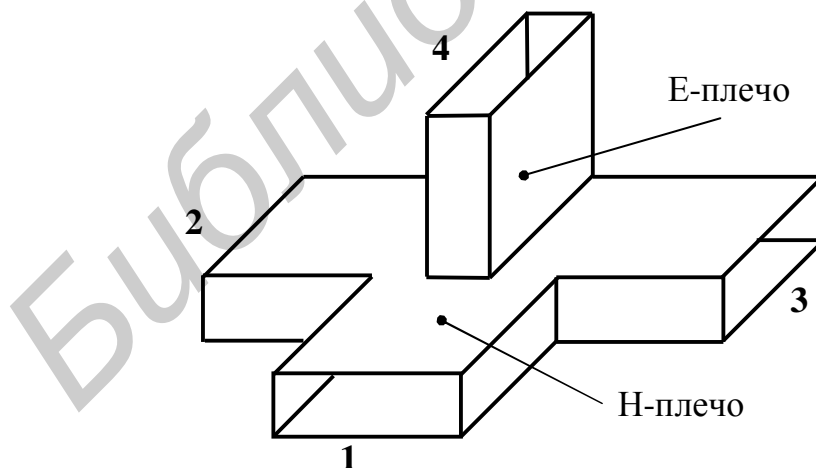
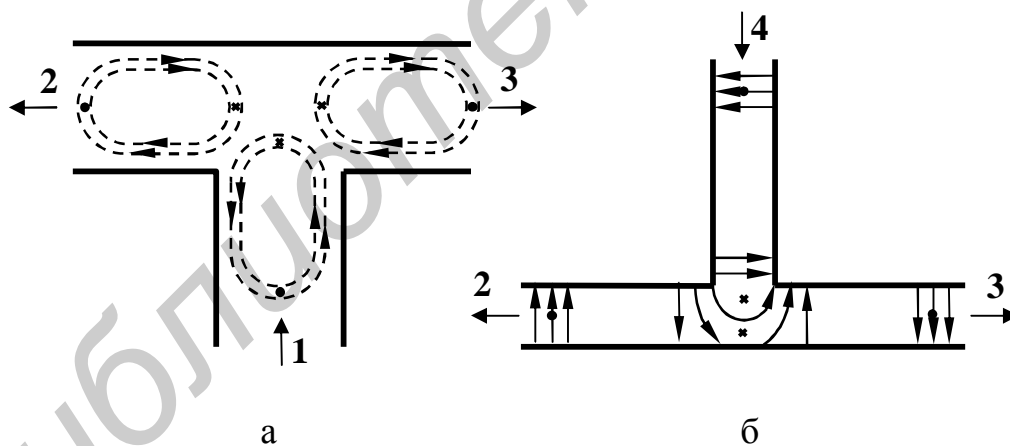


Рисунок 6 - Двойной Т-мост

Как видно из рисунка, он представляет собой комбинацию из двух Т-образных волноводных тройников, чем и объясняется его название “двойной волноводный тройник”. Один тройник, образованный плечами 1, 2 и 3, лежит в плоскости магнитных силовых линий и называется Н-тройником; другой, образованный плечами 3, 2 и 4, лежит в плоскости электрических силовых линий и называется Е-тройником. Характерные плечи этих тройников 1 и 4 называются соответственно плечом Н и Е. Плечи 2 и 3 носят название испытательных.

Рассмотрим принцип действия двойного Т-моста. Предположим, что в идеальном симметричном двойном Т-мосте вход плеча 1 возбуждается волной H_{10} , а к плечам 2, 3 и 4 подключены согласованные нагрузки. Так как вектор электрического поля волны H_{10} в Н-плече параллелен продольной оси волновода в Е-плече (рисунок 7, а), то в нем могут возникнуть лишь волны высшего типа, распространение которых невозможно, ибо волновод в Е-плече рассчитан на прохождение только волны H_{10} . Следовательно, энергия в Е-плечо не поступает и оно будет развязанным или изолированным. Мощность, подводимая к Н-плечу, делится поровну между плечами 2 и 3. При этом волны в плечах 2 и 3 на равных расстояниях от плоскости симметрии системы оказываются синфазными. В соответствии с принципом взаимности справедливо и обратное утверждение: при синфазном возбуждении плеч 2 и 3 двойного Т-моста волнами равной амплитуды энергия поступит только в Н-плечо.



а - подача энергии СВЧ в Н-плечо;
б - подача энергии СВЧ в Е-плечо

Рисунок 7 - Эпюры полей волны в двойном волноводном тройнике

Перенесем генератор в Е-плечо, а в Н-плечо введем согласованную нагрузку. Так как вектор электрического поля волны H_{10} в Е-плече перпендикулярен узким стенкам волновода в Н-плече (рисунок 7, б), то это делает невозможным возбуждение в нем волны H_{10} . Следовательно, энергия в Н-плечо не поступает и оно будет развязанным или изолированным. Волна, поступающая из

Е-плеча, также разделится на две равные части между плечами 2 и 3. При этом волны в плечах 2 и 3 на равных расстояниях от плоскости симметрии в отличие от предыдущего случая будут противофазными. В соответствии с принципом взаимности при противофазном возбуждении плеч 2 и 3 двойного Т-моста волнами равной амплитуды энергия поступит только в Е-плечо. Нетрудно убедиться, что при подаче мощности в плечо 2 или 3 мощность не пойдет в противоположное ему плечо (3 или 2), а разделится пополам между плечами Е и Н, причем фазы оказываются одинаковыми, а плоскости поляризации разными (взаимно перпендикулярными). Это можно объяснить следующим образом.

Если бы Е-плечо отсутствовало, то мощность, подаваемая в плечо 2, разделилась бы пополам между плечом 3 и Н-плечом, причем волны, возбуждаемые в этих плечах, будут синфазными. Если бы отсутствовало Н-плечо, то мощность разделилась бы между плечом 3 и Е-плечом, причем волна в плече 3 была бы в противофазе как с волной в Е-плече, так и с возбуждающей волной в плече 2. При наличии обоих плеч Е и Н волны, попадающие в плечо 3, будут равны по величине, но противоположны по фазе и взаимно уничтожаются, т.е. в плечо 3 мощность ответвляться не будет.

Таким образом, мы можем отметить, что в двойном Т-мосте между Е- и Н-плечами, так же как и между плечами 2 и 4, существует взаимная развязка, т.е. одной из характеристик его свойств является наличие одного плеча, свободного от мощности. Однако это возможно только при полном согласовании всех плеч двойного Т-моста.

В питающем же волноводе согласование не будет иметь места. Это можно объяснить при условии, если каждый волновод рассматривать как некоторую эквивалентную ему линию с характеристическим сопротивлением Z_c . Тогда линия, эквивалентная волноводу Н, оказывается нагруженной двумя согласованными линиями 2 и 3, включенными параллельно, и, следовательно, нагрузка на волновод Н равна $Z_c / 2$. Линия, эквивалентная волноводу Е, нагружена согласованными линиями 2 и 3, включенными последовательно. Следовательно, нагрузка на волновод Е равна $2Z_c$. В действительности конструктивное соединение волноводов в месте разветвления представляет собой некоторую неоднородность по отношению к волне в питающем волноводе Е или Н, которая будет создавать отражение и, как следствие, появится рассогласованность его плеч с сопротивлением подводных линий. Поэтому для обеспечения нормальной работы двойного Т-моста его необходимо согласовывать с питающим волноводом путем включения соответствующих согласующих элементов в виде штырей, диафрагм и др.

Замечательным свойством двойного тройника является также то, что согласование, выполненное для плеч Н и Е, автоматически приводит к согласованию боковых плеч 2 и 3.

При нарушении согласования Н- и Е- тройников моста параметры моста существенно ухудшаются. В частности, энергия из плеча 1 начинает поступать в плечо 4, а при возбуждении плеча 2 часть энергии проходит в 3, т.е. идеальным мостом является только полностью согласованный двойной волноводный

тройник, называемый иногда в литературе “магическим Т”. Его рабочий диапазон ограничен полосой частот, в пределах которой сохраняется согласование Н- и Е-тройников. Реальные конструкции двойных Т-мостов имеют КСВ=1,2 в полосе частот 10-15%. Неизбежная асимметрия тройников не позволяет получить развязки плеч более чем 30-50 дБ.

Кольцевые мосты

Наиболее распространенная схема волноводного кольцевого моста представлена на рисунке 8. Мост образован четырьмя волноводными Е - плоскостными Т-тройниками, соединенными друг с другом свернутыми по дуге окружности отрезками прямоугольного волновода.

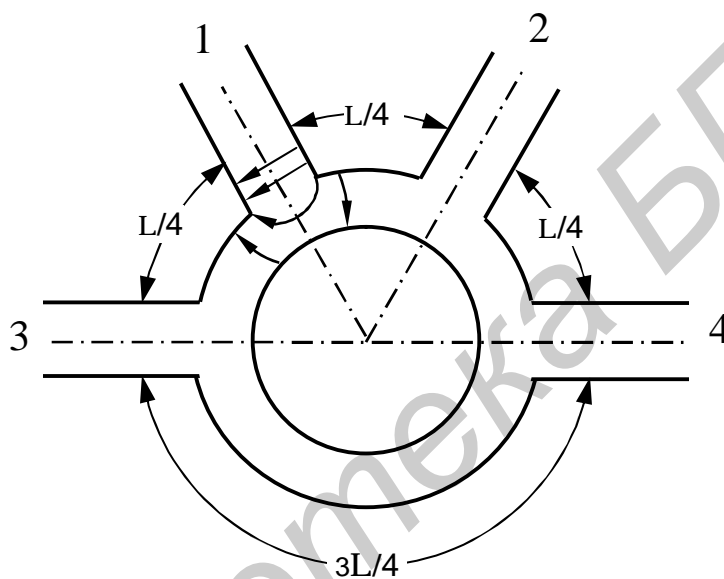


Рисунок 8 – Волноводный кольцевой мост

Пусть к плечам 2, 3 и 4 подключены согласованные нагрузки, а к плечу 1 подведена энергия от генератора. Так как Е-тройник возбуждает в боковых плечах противофазные волны равной амплитуды, то по кольцу навстречу друг другу будут распространяться две волны: одна обегает кольцо по часовой стрелке, а вторая – против. Таким образом, за счет разности хода на входе плеч 2 и 3 правая и левая волны противофазны, а на вход плеча 4 те же волны приходят в фазе. Энергия же в Е-тройник поступает только при противофазном возбуждении. Поэтому из плеча 1 кольцевого моста энергия поступает в плечи 2 и 3 и не проходит в плечо 4.

Определив аналогично фазы волн на входе соответствующих плеч при возбуждении плеч 2, 3 и 4, приходим к выводу: в кольцевом мосте энергия делится поровну между двумя рядом расположенными плечами, т.е. из 1 переходит в 2 и 3, из 2 – в 1 и 4, из 3 – в 1 и 4, из 4 – в 2 и 3.

В длинноволновой части СВЧ диапазона, где использование волноводов нецелесообразно, применяют кольцевые мосты на коаксиальных (рисунок 9) и полосковых (рисунок 10) линиях.

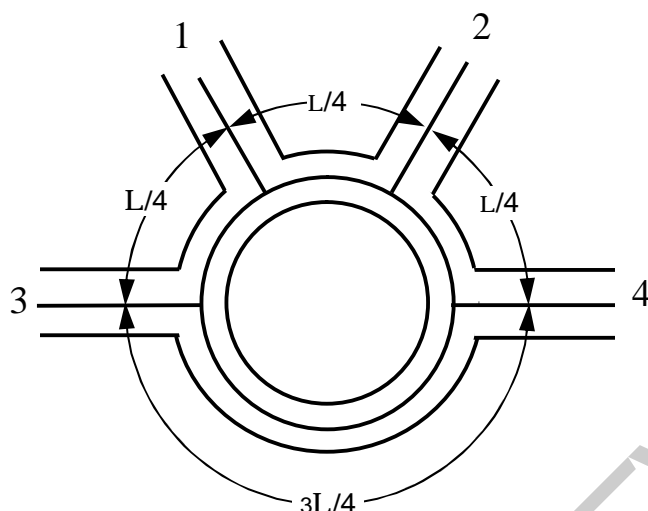


Рисунок 9 – Коаксиальный кольцевой мост

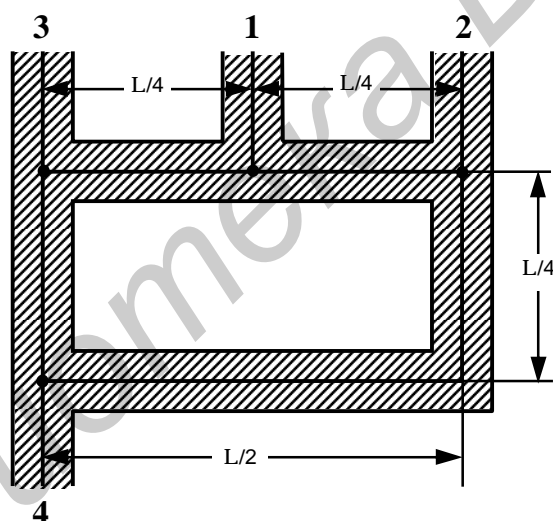


Рисунок 10 – Полосковый кольцевой мост

Мосты на рисунках 9 и 10 отличаются только конструкцией, длина отрезков между плечами в обоих случаях одинакова. Однако мост на рисунке 10 применяют чаще, так как компоновка устройств СВЧ с применением прямоугольных мостов оказывается несколько проще.

Основными недостатками кольцевых мостов являются:

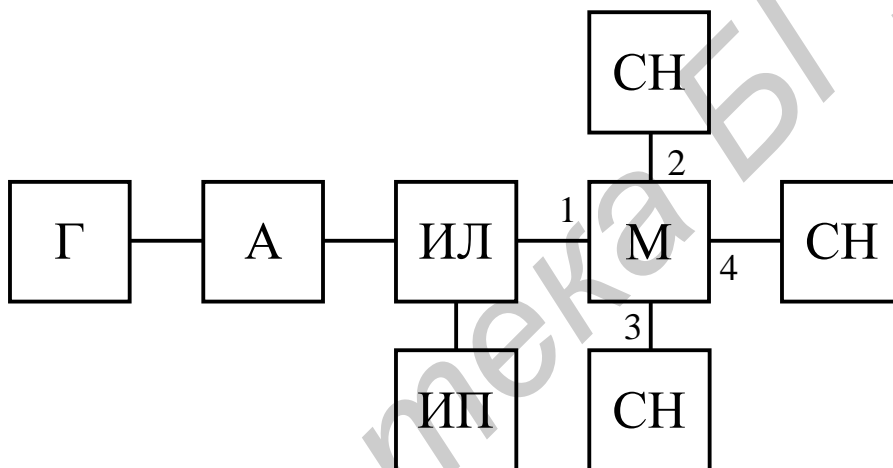
- небольшая ширина рабочей полосы частот, так как выбор длины всех отрезков линий в кольце жестко связан с центральной частотой рабочего диапазона;
- весьма значительные габариты.

3 Измерение параметров мостовых соединений СВЧ

Основными параметрами мостовых соединений СВЧ, измеряемыми в данной работе, являются коэффициенты стоячей волны (КСВ) K_M каждого из плеч при наличии согласованных нагрузок в остальных плечах, переходное ослабление C_{12} , коэффициент деления C_{23} и развязка C_{14} . Эти параметры в общем случае могут быть определены обычными методами измерения КСВ, затухания и коэффициентов передачи. Так, например, для измерения C_{12} , C_{23} и C_{14} наиболее широкое применение нашли метод замещения и метод непосредственного измерения мощности на выходе соответствующих плеч мостового соединения.

В данной работе численные значения K_M , C_{12} и C_{14} в рабочем диапазоне частот НО измеряются на дискретных частотах, т.е. зависимости $K_M(f)$, $C_{12}(f)$ и $C_{14}(f)$ строятся по точкам.

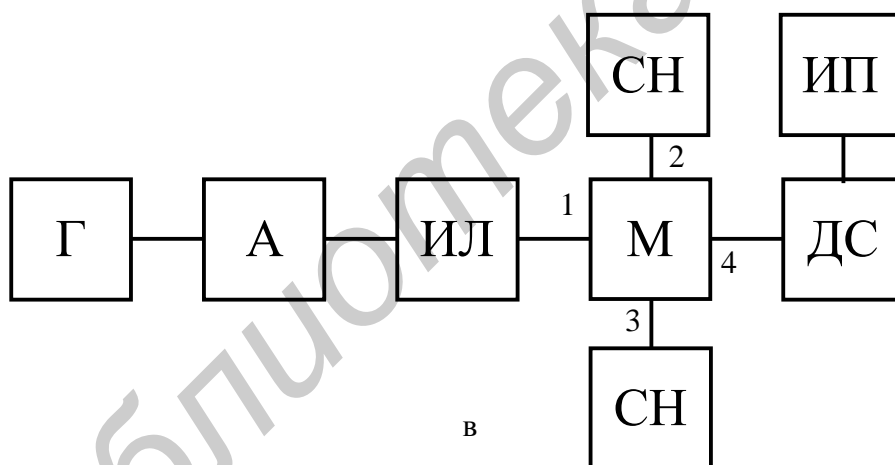
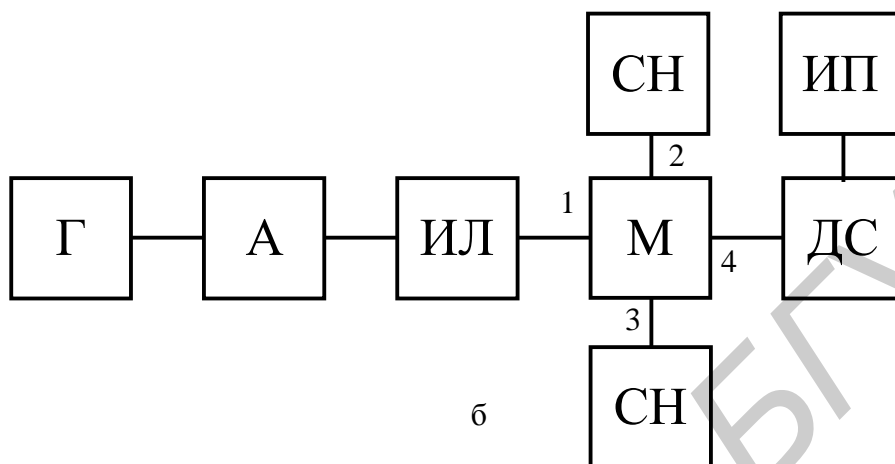
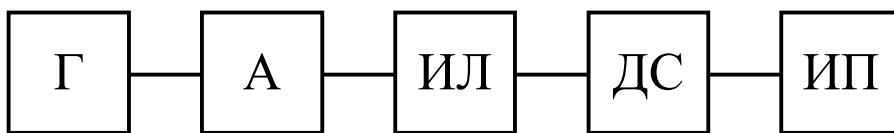
1 Измерение K_M производится по структурной схеме, представленной на рисунке 11.



Г - генератор СВЧ, А - прецизионный переменный аттенюатор;
ИЛ - измерительная линия, М – Т-мост; СН - согласованная нагрузка;
ИП - индикаторный прибор

Рисунок 11 - Структурная схема измерения K_M

Следует настроить генератор на заданную частоту, обеспечив максимальную мощность на его выходе. Регулируя ослабление аттенюатора, подать СВЧ колебания в тракт и произвести настройку измерительной линии. Перемещая измерительную головку линии и варьируя ослаблением аттенюатора, добиться значения тока детектора измерительной линии в максимуме поля в последней трети шкалы индикаторного прибора и зафиксировать величину максимума I_{max} в относительных единицах. Затем, перемещая измерительную головку вдоль измерительной линии, найти минимальное значение тока ее детектора и зафиксировать по индикаторному прибору величину I_{min} .



Г - генератор СВЧ; А - прецизионный переменный аттенюатор;
 М – Т-мост; СН - согласованная нагрузка;
 ДС -детекторная секция; ИП - индикаторный прибор

Рисунок 12 - Структурная схема измерения переходного ослабления и развязки Т-моста

Учитывая квадратичность характеристики детектора измерительной линии, получим:

$$K = \sqrt{I_{\max}/I_{\min}}. \quad (11)$$

Тогда

$$K_M = |K - K_{CH}| + 1, \quad (12)$$

где K_{CH} - коэффициент стоячей волны согласованной нагрузки. Численные значения K_{CH} на каждой частоте рабочего диапазона определяются методом прямых измерений по рассмотренной выше методике, когда мост исключен из тракта.

2 Измерение S_{12} и S_{14} производится методом замещения с помощью эталонного (прецизионного) переменного аттенюатора по структурной схеме, представленной на рисунке 12.

Методика измерений

1 Собрать схему, приведенную на рисунке 12, а. Настроить генератор на заданную частоту, обеспечив максимальную мощность на его выходе. Подать СВЧ мощность в тракт и, регулируя ослабление аттенюатора, произвести настройку детекторной секции с согласованным входом.

Добиться, чтобы показания индикаторного прибора были при этом в последней трети его наиболее чувствительной шкалы. Отметить уровень выходного сигнала по индикаторному прибору и начальное ослабление A_0 , вносимое аттенюатором.

2 Собрать схему, приведенную на рисунке 12, б, и, уменьшая ослабление аттенюатора, добиться первоначальных показаний индикатора. Отметить ослабление A_1 , вносимое аттенюатором.

Переходное ослабление определяется как разность показаний:

$$S_{12} = A_0 - A_1 \text{ [дБ]}. \quad (13)$$

3 Собрать схему представленную на рисунке 12, в, и, уменьшая ослабление аттенюатора, добиться первоначальных показаний индикатора. Отметить ослабление A_2 , вносимое аттенюатором.

Развязка определяется как разность показаний аттенюатора:

$$S_{14} = A_0 - A_2 \text{ [дБ]}. \quad (14)$$

В том случае, если при измерении развязки S_{14} не удастся получить первоначальных показаний индикатора, следует повторить измерения (пп.1-3) при меньших значениях показаний индикаторного прибора.

4 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с аппаратурой, относящейся к данной работе.
- 2 Измерить значения K_M , C_{12} (C_{13}) и C_{14} волноводного Т-моста в указанном преподавателем частотном диапазоне. Результаты измерений свести в таблицу (см. ниже).

Измеряемый параметр	Частота				
I_{\max}					
I_{\min}					
K_M					
A_0					
A_1					
A_2					
$C_{12}(C_{13})$					
C_{14}					

- 3 Произвести расчеты и оформить отчет.

5 Содержание отчета

- 1 Краткая формулировка цели работы.
- 2 Структурные схемы измерений.
- 3 Таблицы экспериментальных данных.
- 4 Результаты расчета и графики зависимостей $K_M(f)$, $C_{12}(f)$ и $C_{14}(f)$ волноводного Т-моста.
- 5 Краткие выводы.

6 Контрольные вопросы

- 1 Что называется мостом СВЧ?
- 2 Какими параметрами характеризуются мосты?
- 3 Объясните принцип действия волноводно-щелевого моста.
- 4 Какие типы волн могут распространяться в области щели волноводно-щелевого моста?
- 5 Из каких соображений выбирается длина щели в волноводно-щелевом мосте?
- 6 Объясните принцип действия Т-моста.
- 7 Каков взаимный сдвиг фаз между полями в выходных плечах Т-моста при питании: а) со стороны Е-плеча; б) со стороны Н-плеча?
- 8 Объясните методику измерения параметров мостов.
- 9 Назовите области применения мостов СВЧ.

Литература

- 1 Аверьянов В.Я. Антенны и устройства СВЧ. Разд. 2: Учеб. пособие.- Мн.: МРТИ, 1982. – 90 с.
- 2 Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. – М.: Высш. шк., 1970. Т.1. - 440 с.
- 3 Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика. -М.: Связь, 1971. - 487 с.
- 4 Фальковский О.И. Техническая электродинамика. - М.: Связь, 1976. – 432 с.
- 5 Милованов О.С., Собенин Н.П. Техника сверхвысоких частот. - М.: Атомиздат, 1960. - 464 с.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Исследование мостовых соединений

Методические указания к лабораторной работе №2
по дисциплине АНТЕННЫ И УСТРОЙСТВА СВЧ
для студентов специальности 39 01 01 «Радиотехника»
всех форм обучения

Составители:

Кижлай Игорь Николаевич,
Кухарев Александр Васильевич,
Чмырев Николай Алексеевич,
Юрцев Олег Анатольевич

Редактор Т.А. Лейко
Корректор Е.Н. Батурчик

Подписано в печать 16.02.2005.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 0,8.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 200 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,28.
Заказ 255.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности №02330/0056964 от 01.04.2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности №02330/0133108 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6