

4712

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УСТРОЙСТВА СВЧ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Методические указания
к лабораторным работам

УДК 621.396.67

- Устройства СВЧ антенных решеток: методическое указание к лабораторным работам / Рязань, гос. радиотехн. ун-т, сост.: А. В. Магорин, Б. В. Каганенко. Рязань, 2013. 20 с.

Содержит краткие теоретические сведения об устройствах СВЧ, описание программы *Microwave Office*, порядок выполнения работ.

Предназначено для студентов ФРТ, обучающихся по курсу «Антенны с электронным управлением», Ил. 18. Библиогр.: 3 назв.

Антенны решетки с электронным управлением, устройства СВЧ, автоматизированное проектирование, параллельный симплекс

Печатается по решению редакционно-издательского совета Рязанского государственного радиотехнического университета (лик. кафедрой проф. С.Н. Кариадов)

Редактор: кафедра радиоупраления и связи Рязанского государственного радиотехнического университета (лик. кафедрой проф. С.Н. Кариадов)

Устройства СВЧ антенных решеток

Составители: Маторин Александр Васильевич

Каганенко Борис Васильевич

Редактор Н.А. Орлова

Корректор С.В. Макушнина

Подписано в печать 06.09.13. Формат бумаги 60 x 84 1/16.
Бумага глянцевая. Печать граверная. Усл. печ. л. 1,25.

Тираж: 50 экз. Заказ 2242

Рязанский государственный радиотехнический университет

390005, Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ

Цели лабораторных работ

1. Изучение некоторых типов устройств СВЧ, используемых в структурах распределительных трактов антенных решеток.
2. Практическое знакомство с элементами автоматизированного проектирования устройств СВЧ.
3. Приобретение навыков построения машинных моделей устройств СВЧ с использованием библиотек базовых элементов.
4. Приобретение навыков работы с программой *Microwave Office*.

обеспечивающей автоматизированной анализ и параметрический синтез многоэлементных устройств СВЧ.

5. Практическое знакомство с методами конструкторского синтеза устройств СВЧ.

Лабораторные работы выполняются какими-либо студентами института, требуют предварительной подготовки в объеме разделов курса, в которых рассматриваются вопросы применения устройств СВЧ в схемах построения распределительных систем антенных решеток:

- схемы построения распределительных систем антенных решеток на основе открытого тракта и пространственных распространяющихся систем;
- математическое моделирование элементов решеток. Решетка с исподложением матричных систем параметров;
- элементы автоматизированного проектирования устройств СВЧ.

Устройства СВЧ, используемые при выполнении лабораторных работ

1. Шлейфовый ответвитель



Рис. 1

волновыми сопротивлениями Z_1, \dots, Z_4 могут быть различные, например, в форме полных. Принцип отрезка этих линий, соединяющих входные и выходные плоскости ответвителя, как указано на рис. 1, выбирается равными четырем длины волны. Устройство обладает двумя плюсостями симметрии,

следовательно, волны b_1 и b_2 синхронны по фазе на $\pi/2$, т.е. такой ответвитель относится к классу квадратурных.

Качественно принцип действия плефарного напряженного ответвителя можно обяснить следующим образом. Принимая фазу волны, поступающей на вход плача 1, пренебрежим. Из плача 1 частично зеркально по пути 2B приступает в плач 3, причем волна будет иметь сдвиг по фазе на $\pi/2$. В плаче 4 поступает две волны равной амплитуды, одна по пути 4B, а вторая по пути 4D. Эти волны синфазны и складываются волна синхронна по фазе на $\pi/2$. В плаче 2 также приходит две волны по путям 4D и 4B, но уже противофазные, т.е. плецо 2 оказывается развязывателем по отклику на плеце 1.

Широкая направляющая ответвитель, обладает еще одним полезным свойством: он дополнительное может обеспечивать согласование приемника сопротивлениями нагрузки, подключенных к его выходу и находим таким, а также первичное деление мощности.

На рис. 1 приведены следующие обозначения: Z_{ab} - волновые сопротивления плач 1 и 2, Z_{cd} - волновые сопротивления выходов 3 и 4, Z_1, \dots, Z_4 - волновые сопротивления отрезков, образующих колено плефарного ответвителя. Если обозначить отношение мощностей на выходе плача 3 и 4 через K , т.е. $K = P_3 / P_4$, то можно показать, что волновые сопротивления зондовых колец могут быть определены по следующим формулам:

$$Z_1 = Z_{ab} \sqrt{K}, Z_2 = \sqrt{Z_3 Z_4 K / (1 + K)}, Z_3 = Z_{ab} \sqrt{K}.$$

Эти соотношения позволяют быстро рассчитать плефарный принципиальный ответвитель на резонансной частоте. Для определения полосы работы частот и учета влияния высших гармоник необходи-мо более точное моделирование с помощью программы MS Excelче-Office. Рабочая полоса частот плефарного ответвителя может быть су-щественно увеличена, если привести ответвитель с тремя плефарами.

$$Z_{ab} / Z_1 = \sqrt{P_3 / P_1}, Z_{ab} / Z_2 = \sqrt{P_3 / P_4}.$$

На центральной частоте связи по фазе между волнами в пла-цах 2 и 4 присутствует. Если мы оценим частоту по пути 2, то

$$Z_{ab} / Z_1 = \sqrt{P_3 / P_1}, Z_{ab} / Z_2 = \sqrt{P_3 / P_4}.$$

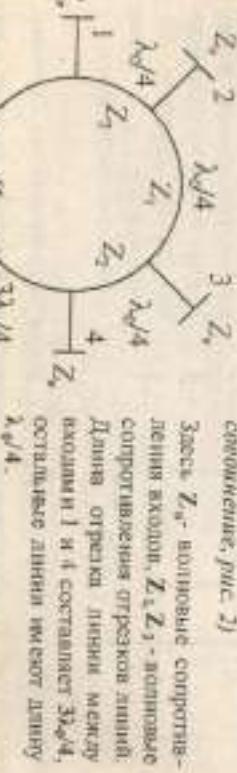


Рис. 2

Компактный мост может быть выполнен на основе микрополос-ковых, полосковых, коаксиальных или волноводных линий.

Качественно принцип действия компактного моста может быть расмотрен на основе следующих рассуждений. Волна, поступившая на вход плача 1, проходит в плачах 2 и 4, фазовый сдвиг между волна-ми в плачах 2 и 1, очевидно, равен $\pi/2$, а в плачах 4 и 1 - $3\pi/2$. По-скольку во втором случае волна проходит по колоду пути в 3 раза большей, следовательно, фазовый сдвиг между волнами на входах 2 и 4 будет равен π .

Регулирующее звено импульса волн на выходах 2, 3 и 4 определяется суперпозицией 2-х волн, одна из которых, при возбуждении входа 1, распространяется от плача 1 по часовой, а другая - против ча-совой стрелки. Эти волны складываются на выходах 2 и 4 и вычитаются на выходе 3. Следовательно, плецы 1 и 3 развязаны. Направление фазового сдвига на величину π между волнами, проходящими в плачах 2 и 4, широко используется, например, в дальнейших системах и преобразова-телях частоты с подавлением тех или иных гармонических составляю-щих.

Рассмотрименный колебатель элемент может обеспечить и не-равное деление мощностей. Величина мощности, поступающей в пла-чо 2 и плач 4, зависит от выбора волновых сопротивлений отре-зков, образующих колено. На центральной частоте в одном срезе при-ближенно связь между мощностями P_2 и P_4 на выходах 3 и 4 и поло-жими сопротивлениями Z_1 и Z_2 описывается следующими

формулами:

$$Z_{ab} / Z_1 = \sqrt{P_3 / P_1}, Z_{ab} / Z_2 = \sqrt{P_3 / P_4}.$$

В этом случае полоса, поступающие на входы 3 и 1, синфазны. Приведенные соотношения позволяют рассчитать гибридные соединения на центральной частоте, в том числе для случая первого деления мощностей.

3. Дискретные фазовращатели на коммутаци-онных диодах

Многопозиционные отражательные фазовращатели часто вы-полняют в виде отрезка линии передачи, шунтированного в ряде сече-



Рис. 3
вентиля в параллель изолятов

В рассмотренной схеме отрицательного фазорежима для один из коммутационных элементов с некомплементарным (р-н -диодом) закорачивает зону перехода, а остальные элементы имеют высокие сопротивления ($Kr \gg 1$). Они оказывают слабое влияние на фазу коэффициента отражения. При переключении коммутационных элементов фаза коэффициента отражения на входе отрицательного фазорежима изменяется на обратную.

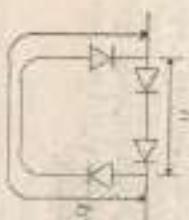


Рис. 4

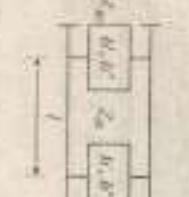


Рис. 5

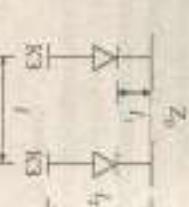


Рис. 6

Прокомпенсированное положение обеспечивает замкнутую цепь фаз при определенных углах при двух условиях согласование входов и выходов и постепенное запускание.

Однако из-за наличия таких устройств наяву может быть приведено к опасной фазореверсии на коммутируемых линиях (рис. 4).

Изменение фазы коэффициента передачи

$$\Delta \psi = k_0 (I_2 - I_1),$$

где k_0 — постоянная распространения, происходит в результате изменения пути прохождения колебания по линии I_1 или по линии I_2 , осуществляемого со сдвигом — дополнительного переноса колебаний. В исходном состоянии

ни при коммутации элементов

элементов, включенных на основе р-н -диодов (рис. 3). Идеальный закон мультиплексной коммутации, при котором осуществляется переключение трех параллельных сопротивлений R_1 и R_2 в R_3 , где K —

не I_2 в таком фазореверсии при частоте $\kappa < 100$ стабильно зависит от $\Delta \psi$.

Фотография схемы коммутируемых линий, полученной испытывая при $\Delta \psi \leq 70^\circ$.

Схема двухполюсного фазореверсивного вибратора изображена на рис. 5. Основные параметры этой схемы являются аналогичными: путь пропускания проводится сечением (jb^*, jb^*) . Электрическая длина отрезка линии I и его полное сопротивление Z_0 . Практически интересен симметричный случай $b^* = -b^*$.

В этом случае обеспечивается полная однозначность передачи в двух состояниях и получена широкополосность. Номинальные элементы схемы определяются по формулам:

$$b^* = \operatorname{tg}(\Delta \psi / 2), k_0 l = \pi / 2, Z_0 = Z_0' \cos(\Delta \psi / 2).$$

Если в качестве коммутируемых элементов использовать конформные круговые преобразования, то при $\Delta \psi < \pi / 2$ длины

рекомендуется отнять линии (рис. 6), то при $\Delta \psi < \pi / 2$ длины

коротковолновых преобразований.

$$l_1 = \frac{\operatorname{arctg}(\operatorname{ctg}(\Delta \psi / 2))}{2\pi}, l_2 = \frac{l}{2} - l_1.$$

Такое фазореверсивное устройство испытано при $\Delta \psi > 45^\circ$.

Вторая генераторно-излучающая схема (рис. 7) отличается тем, что в трехлучевой антенне проходит дополнительный диод, соединенный с общим зондом фазореверсивной фазы. Дополнительный диод является симметричным, включенным между фазами, излучающими излучающие диоды.

При этом фазореверсивный на коммутационных линиях, во избежание генерации излучения, диоды J_1 и J_2 должны быть выключены.

Фазореверсивный зонд $|T| = 1$ является излучающим и включает в себя 1. буферный проход, на вход 2. фаза зонда проходит в виде 2. определенного фазового

зонда излучения, определенного вибратором в приемниках отраженного излучения.

Многоплановая проходная фасонировщик выполняет в шине последовательном соединении двух типичных фасонировщиков. Наиболее распространенным по числу линий является фасонировщик, выполненный по бинарной схеме. В этом случае каждую секцию F проходных секций, первая из которых обеспечивает диаметр 2 л/д, третья - 1/4 л/д и т.д.

Общее число физовых состояний 2⁹, что обеспечивает перекрытие фазы 0-2л с дискретом, который определяется симметрией, даваемой наименшей фазой 0 л/д. Бинарный фасонировщик может состоять из различных секций. Обычно секции с физовыми состояниями 0 или 2л выполняются по мостовому принципу на компьютерных отрезках линий, а секции с макроинфо-вами издавливаются в виде фасонировщиков, нагрузленных линиями.

Краткое описание о программе Microwave Office

Microwave Office – это инструмент для анализа высокочастотных устройств, позволяющий автоматизировать процесс их проектирования. **Microwave Office** позволяет полностью выполнять проектирование от технического задания до производства не выходя из среды разработки.

При моделировании можно использовать один из методов: линейное моделирование, усовершенствованную гармоническую баланс, метод Волтерса и Закарпета, электромагнитное моделирование (EM Sight). В последнем случае анализ устройств базируется на численном решении системы уравнений Maxwell'a. Результаты могут выводиться в различных графических формах или в таблицах в звуковом формате от звука проходного анализа. Можно инструментально менять устройства и все изменения немедленно и автоматически отражаются на графиках и в спектре.

При выполнении лабораторных работ будет использоваться только линейное моделирование.

Запуск программы **Microwave Office**

Чтобы запустить программу **Microwave Office**:
нажмите комбинацию Пуск > меню Программы > **AWRDE 10** > **AWR Design Environment 10** или дважды щелкните на рабочем столе иконку **AWR 11**. Откроется главное окно **Microwave Office**, изображение на рис. 8.

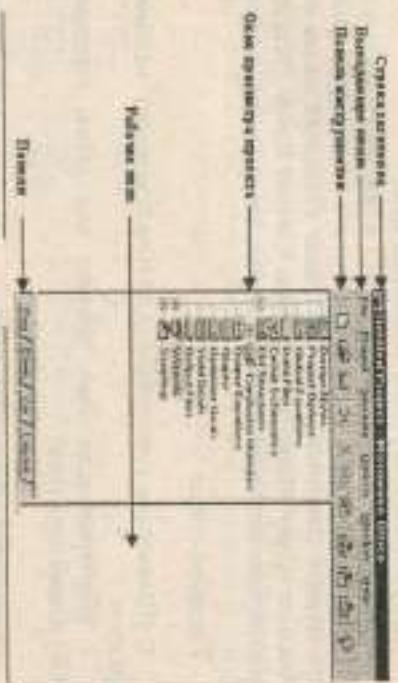


Рис. 8

Линейное моделирование

Используется для целей, не содержащих нелинейные элементы. Методом узловых потенциалов рассчитываются компоненты линий коэффициентов матриц рассеяния, сопротивление, проводимость и количество других параметров линейных и нелинейных элементов, а также параметров, проподанных от этих величин (например, КСВ).

Моделирование пассивного ответвителя

Для создания нового проекта
1. Запустите программу **Microwave Office**.

2. Выберите File > New Project или щелкните по значку .
- (New Project)
3. Выберите File > Save Project As.
4. В открывшемся окне Save As подберите имя проекта (например, BRIDGE) и сохраните его.

Установка единиц измерения и диапазона частот

1. Нажмите панель Project в нижней части левого окна, чтобы открыть окно проектирования.
2. Дважды щелкните по группе Project Options (Опции проекта). Откроется диалоговое окно Project Options.
3. Откройте вкладку Global Units.
4. В окне Frequency (Частота) установите GHz.
5. В окне Length отмените Metric Units и в окне Length Type установите mm.
6. Откройте вкладку Frequencies (Частоты).

7. В окне Data Entry Units установите GHz.

8. В окне Modify Range выберите 0.5 в окне Start (Начальная частота), 10.5 в окне Stop (Конечная частота) и 0.1 в окне Step (Шаг). Отметьте Replace (Заменить), щелкните Linear (Линейная шкала частоты) и нажмите Apply (Применить). В окне Current Range (Текущий диапазон) отображается частотный диапазон и шаг по частоте. Нажмите OK.

Создание схемы

1. Щелкните по значку (Add New Schematic) на панели инструментов.

2. В открывшемся окне выберите тип схемы (например BRIDGE) и нажмите Create.

Размещение элементов в схеме

1. Нажмите панель Element и откройте меню Circuit Elements.

2. Щелкните по значку + схемы от группы Microstrip в окне проектора элементов.

3. Щелкните по подгруппе Lines.

4. Найдите мостик MLIN, подвесьте проводкой прокрутки, затем разместите в окне схемы и зафиксируйте на нужной линии. Погорите оптическою для остальных таков же элементов, разместив их в местах, приблизительно соответствующих расположению в схеме.

5. Нажмите по подгруппе Junc. lines в окне проектора элементов.

6. Найдите мостик MMTEES (брюйер), подвесьте по ходу проводки, переведите её в один склон и зафиксируйте, погорите линий склоном. Погорите оптическою для остальных таков же элементов.

Замечание: ориентацию элементов на схеме можно изменять, до тех физических пределов, которых возможны, это ограничение, должно, неизвестно, делиться по четырём сторонам и варьировать в зависимости от типа Routе.

7. Перенесите чисто элементы соедините их в схему и добавьте порты в соответствующем порядке. Для добавления порта щелкните значок (Port) и присоедините его к соответствующей группе схемы.

8. Чтобы добавить портому, выдвиньте по группе Substrates (подложки) в окне проектора элементов.

Расчет параметров элементов схемы

Вот такое соединение линий, соединяющее порты с элементами и мостами, обозначенных на схеме T1.7 и T1.8, должно заменить линии калибра, в соответствующих схеме радиодиапазоне соответствующими, обозначенными на схеме T1.5 и T1.6, должны быть близки к $50 \times 40 \Omega$. Для всех линий, кроме диапазона

символа Name будет указан мин. полюсажи / и единица единица – MSUB).

9. Перетащите выбранный элемент в окно схемы, поместив его во свободном месте, например выше схемы.

10. Дважды щелкните по элементу MSUB в окне схемы. Откроется окно редактирования параметров подложки. Введите:

$E=2.6$ – относительная диэлектрическая проницаемость;

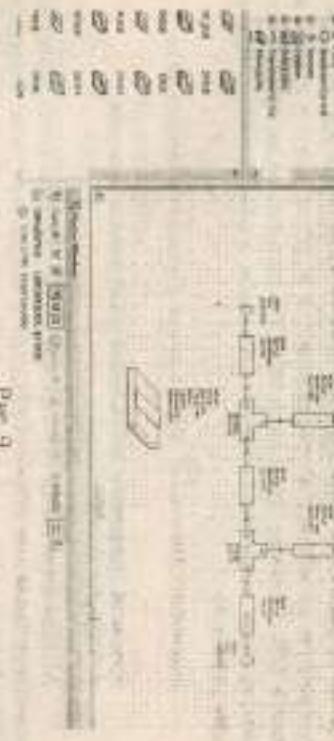


Рис. 9

H=0.5 – толщина подложки,

T=0.02 – толщина проводника.

$R_{line} = 1$ – удельное сопротивление металла проводника, изображенного в цвете;

Tang=0 – гибкость угла поворота диэлектрической подложки;

ErNom=2.6 – комбинированная диэлектрическая проницаемость,

Name = SLB1 – имя подложки.

11. Щелкните OK. Схема готова (рис. 10).

Расчет параметров элементов схемы

Вот такое соединение линий, соединяющее порты с элементами и мостами, обозначенных на схеме T1.7 и T1.8, должно заменить линии калибра, в соответствующих схеме радиодиапазоне соответствующими, обозначенными на схеме T1.5 и T1.6, должны быть близки к $50 \times 40 \Omega$. Для всех линий, кроме диапазона

тровника – $L = \lambda / 4$. Рассчитать ширину (W) и длину (L) линий можно с помощью калькулятора, входящего в состав **Microwave Office**.

Чтобы его открыть, щелкните **Tools > TXLine**, видите: центральную частоту, параметры подложки, волновое сопротивление линии и электрическую длину линии, соответствующую физической длине

$L = \lambda / 4 (90^\circ)$, и нажмите

В окнах **PhysicalLength (L)** и **Width(W)** появятся значения соответствующих параметров.

Редактирование параметров элементов

Для этого щелкните последовательно по элементам **MLIN**, чтобы их выделить. В открывшемся окне введите величину W , соответствующую полному сопротивлению и L -длине каждой линии, и нажмите **OK**. Размер элементов **MTES** автоматически примут соответствующие значения (свойство элементов, в обозначение которых входит знак **\$**).

Щелкните на кнопку

Создание графика и добавление измеряемых величин

1. Откройте панель **Project**

2. Щелкните по значку **Add New Graph** (Добавить новый график) и затем инструментов или **Project>Add Graph** в выпадающем меню. Откроется окно **New Graph**.

3. В левом полях графика (например, **BRIDGE**) в поле **Graph name** (имя графика), выберите **Rectangle** (Прямоугольник) в области **Graph Type** (Тип графика) и нажмите **Create**.

4. Щелкните правой кнопкой мыши по окончанию схемы и выберите **Bridge** в окне **Context menu** (Контекстное меню). Нажмите **OK**.

Measurement (Для обводки измерение)

5. Выберите **Port Parameter** в списке **Measurement Type**, **S** в списке **Meas Argument**, **BRIDGE** в поле **Data Source Name**, **I** в поле **To Port Index** (Индекс выходного порта), нажмите на стрелку справа от этого полей, откроется **DB** в области **Result Type** и **Mag** в области **Complex Modifier**, нажмите **Apply**.

6. Выберите **2** в поле **To Port Index** и нажмите **Apply**.

7. Выберите **3** в поле **To Port Index** и нажмите **Apply**.

8. Выберите **4** в поле **To Port Index** и нажмите **Apply**.

9. Нажмите **OK** (рис. 10).

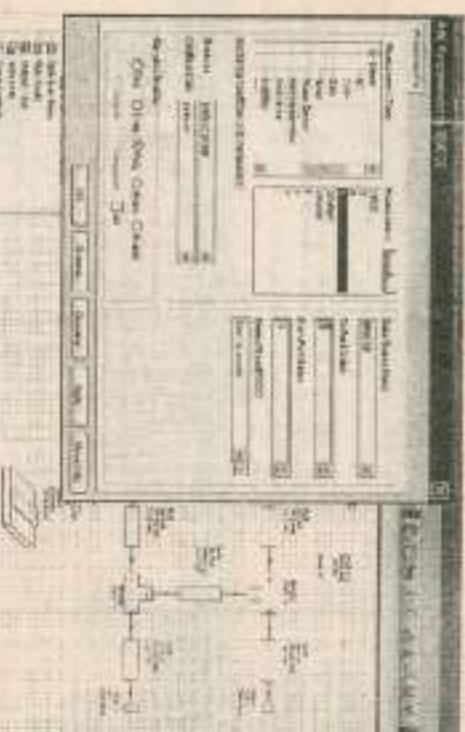


Рис. 10

Анализ схемы

Щелкните по значку **Analyze** на панели инструментов. Результат анализа отображается на графике (рис. 11).

Как правило, результаты моделирования не соответствуют требуемым значениям параметров – модули S_{11} и S_{21} на децибелах частоте должны быть минимальными (обычно не более -20 ... -50 дБ), а S_{31} и S_{41} – около -3 дБ. В этом случае необходимо использовать инструментов **Type** (Нистроек) для изменения достоверности параметров элементов схемы, одновременно настройте соответствующие графики.

Настройка схемы

Обратите внимание на расположение логотипа изображения длины и ширине линий. Целесообразно ввести обозначения (например, L_1 , W_1 и W_2), и, используя значок , **Equation**, присвоить им соответствующие значения (например, $W_1=1.26$). Аналогично записав значения для других параметров (рис. 12). Далее необходимо заменить в окне **resolver** (решение) значение **W0** присвоено ширине линий, соответствующим значением параметров из таблицы, а их длина – 5 мм.

шагами появляются в окне списка инструментов в виде открытия с крестиком по траектории, поджатия пистолета, получения выносливости и многое другое (рис. 12).

Щелкнув на значке Type Tool (инструмент инструмента), и затем, щелкнув по траектории, поджатию пистолета, получим выносливость из меню луны периметра с помощью инструмента Type, который открывается панелью по звуку.

В результате настройки получаем (рис. 13):

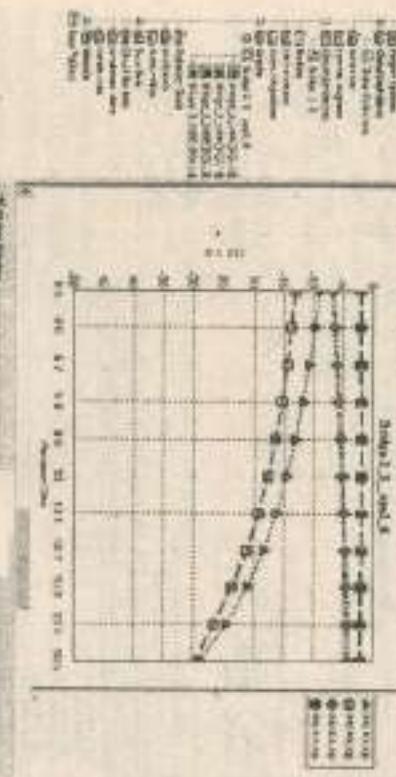


Рис. 11



Рис. 12

$W_1=1.20$
 $W_2=2$
 $L_1=3.83$

$WD=1.75$

$WD=1.75$
 MLN
 JN
 $TL2$
 $W=2 \text{ mm}$
 $L=5 \text{ mm}$
 $MTEES$
 $ID=TL10$



Рис. 12

Щелкнув на значке Type Tool (инструмент инструмента), и затем, щелкнув по траектории, поджатию пистолета, получим выносливость из меню луны периметра с помощью инструмента Type, который открывается панелью по звуку.

В результате настройки получаем (рис. 13):

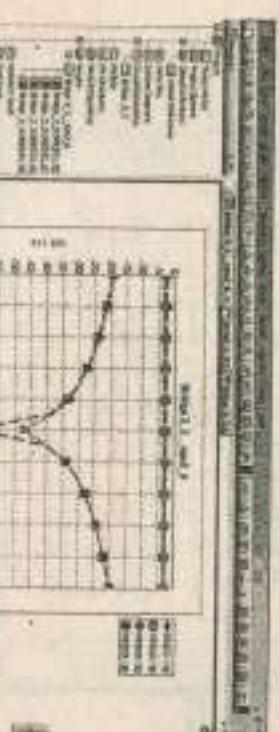


Рис. 13

Чтобы сплоснуть результаты моделирования более на левый и, неизобретено графика, соответствующие параметрам S31 и S41, проплатить в правой Y-оси. Для этого, щелкнув правой кнопкой по полю графика и щелкнув Properties, в открывшемся окне откроите закладку Max и Min, на панели графиков S31 и S41 положите Right, затем, выделил Left 1, в окне Limits уберите флагок в оконце Auto Limit и в окнах Min и Max поставьте -70 и -10.

Затем проделите такую же операцию для правой X-оси (Right-1), задав притеты -7 и -1. Таким способом достается удобная координатной сетки на графике.

В общем случае число лепестков на левой и правой осах может быть произвольным, для получения удобного вида достаточно, чтобы расположение между ними было кратным (рис. 14).

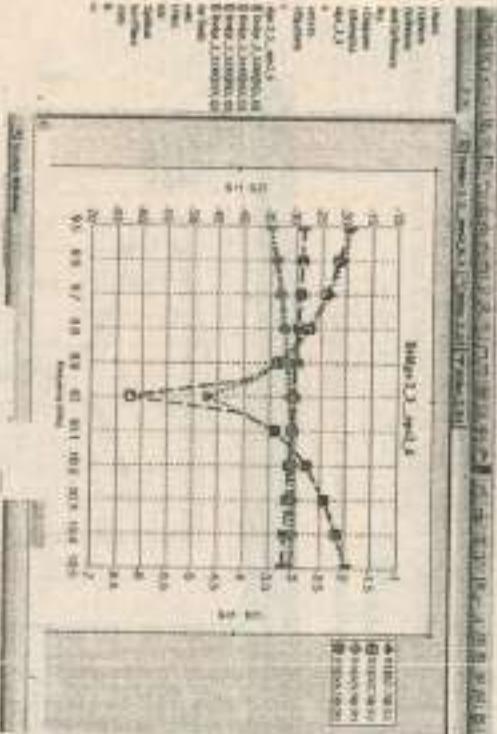


Рис. 14

Для более наглядного представления результатов можно добавить мышьери, щелкнув в правой кнопкой по полю графика и вызвав окно Add Marker.

Затем щелкните мышью указатель тому, в которую необходимо поместить маркер.

Анализ влияния параметров изготовления элементов схемы

Среди MicroWave Office есть возможность со спомощью изучения неизвестных параметров элементовсхемы на её параметра. Постольку рабочее пространство при изучении влияния может быть в виде таблицы, то для изучения необходимо выбрать соответствующий элемент.

Важным, например, как изменение размера W линии TL2 на параметр S21. Для этого:

1. В панелие Graph приведите юзанию Toggle Entity ко всем

графикам, кроме S21.

2. Выберите в меню параметров элемента TL2 значение W=2 mm, получив в процессе настройки величину (рис. 15).

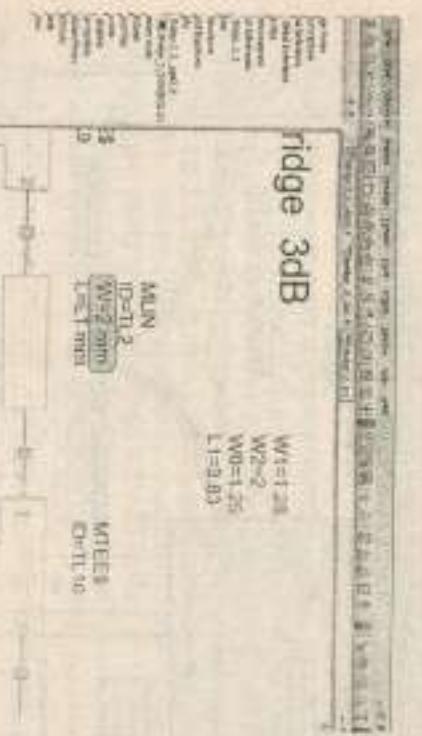


Рис. 15

3. Щелкните левой мышью по элементу TL2, откроется окно (параметры) элемента, в нем находим Statistics, отметим окно Use 1% average при выборе разброса параметров (выбрать 3) и щелкнув Yes (да), В окне Distribution (распределение) вводим процентность (например 100) и значение максимальной величины. Остните кнопку Normal (Нормализовать) для продолжения.

4. Щелкните правой кнопкой в поле графика, откроется окно Properties, в нем находим Yield Data, нажмите в нем кнопку Show Traces, Mean, Show Range и в автоматическом режиме выберите опцию All (все).

5. Щелкните Simulate>Yield Analysis.

6. В открывшемся окне Yield Analysis выберите поле Maximum Iterations (число итераций) (например, 50) и назначьте величину Start B (различие между предыдущим и предыдущим результатом) (рис. 16).

Замечание: необходимо на графике добавлять либо же удалять компоненты.

Когда нужно, скомпилировать необходимые исторические расчеты. W отдельного раздела (линия примере + 0.1 мкм) приведен в соответствующем диалоговом окне. При этом при конструировании такого устройства необходимо назначить размер W (при котором величина S21 будет соответствовать требуемому значению).

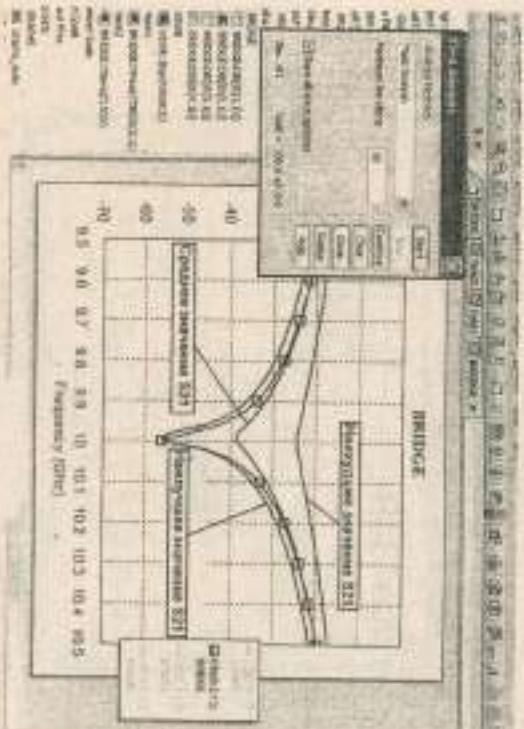


Рис. 16

Построение графика зависимости KCB от частоты

В среде **Microwave Office** во вкладке построение графиков других функций, кроме полных, от рассчитанных параметров, например, комплексного коэффициента заземления KCB по выходу места от центра.

Как известно, KCB (VSWR) связан с коэффициентом отражения (**Gamma**):

$$\text{VSWR} = (1 + \text{Gamma}) / (1 - \text{Gamma})$$

Поэтому **Gamma** = **S11**, а в процессе моделирования определяется **S11**, необходимо иметь соединение, отвечающее этому величине. Это реализуется с помощью option **Output E quations**:

1. В панели **Project** выделите правой кнопкой по группе **Output Equations** затем меню **New Output Equations** и выберите **Add**.
2. В открывшемся окне **New Output Equations** нажмите на кнопку **Output Equations**. **VSWR_eqn** в качестве **Create**. Определим окно **VSWR_eqn**.

3. Нажмите **Draw>Add Output Equation**. Откроется окно **Add Measurement**.
4. В окне **Variable name** введите имя новой переменной, т.е. дескрипторов S_{ii} , которая будет использована для расчета KCB (например **Gamma2**, если необходимо включить KCB во входу и выходу).

5. В окне **Measurement Type** отметьте **Port parameters** и в окне **Data Series Name** определите имя источника (**n_harves city=at BRIDGE**).

6. В окне **Measurement** (измените S_{ii} в области **Complex Modifier** отметите **Mag**, 2 в поле **To Port Index** (если максимального порта) и 2 в поле **From Port Index** (если первого порта), нажмите на стрелки **Up/Down** от них, затем нажмите **Apply**. В окне **VSWR_eqn** появится временно отображенный к выражению. Поменяйте левую кнопкой, а окно **VSWR_eqn** поменяйте название, скопировавшие параметры **S22** и **Gamma2**.

7. Нажмите **Ctrl+E**, и нажмите в строке уравнение, в котором предварительно Gamma2 заменяется для вычисления KCB (VSWR, рис. 17)

8. Щелкните по значку Add New Graph на панели инструментов.

9. Всплывет имя графика, например, **VSWR** в поле **Graph name**, выберите **Rectangle** в области **Graph Type** и нажмите **Create**.

10. В панели **Project** нажмите правой кнопкой мыши по название нового графика и выберите **Add Measurement**.



Рис.17

11. В открывшемся окне **Add Measurement to %VSWR%** отметьте **Output Equations** и оставьте **Measurement Type**, **Output E quations 1** в оконце **Document Name** в **VSWR** в оконце **Equation Name**, **Measurement OK**.
12. Используйте правую кнопкой по меню **Graphs**, в подменю **Choose**очек выберите option **Properties**, откроется диалог **Label**. В окне **Choose**

Акс. определите Left 1 и 2 окна из Select Axis Label наладке VSWR2. Нажмите OK.

13. Печатите Анализ на пакет инструментов. Пожалуйста графикалнності КВ от зондом (рис. 18).

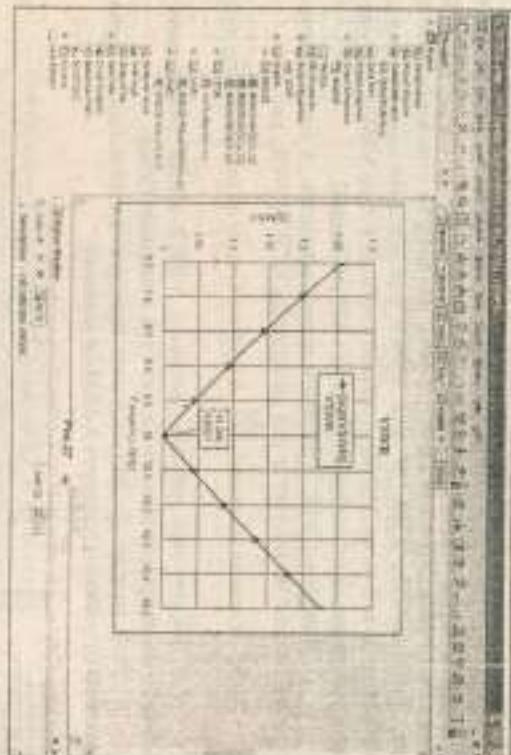


Рис. 18

Замечание: в макросах используется Microsoft Office Word для KСВ модельного зондом. Изменение этого правила – с помощью языка языка VBA, например, для MS.

Порядок выполнения работы

1. Готовим изолирующий вибратор, нанесение на покрытие рабочий у пропилователя.
2. Перенести вибратор в рабочую террасу.
3. Научить полевостанционный инженер программы Microsoft Office.
4. С использованием материалов настоящего пособия наладить приспособление к работе параметров изолирующего устройства СВЧ. Результаты занести в рабочую террасу.
5. Запустить программу Microsoft Office. Настройте рабочий окно для дальнейшего соединения с полевостанционным звеном.
6. С помощью трансформатора. Задействовать сопротивление.
7. С помощью генератора. Типе обеспечить выполнение требований:

 - рабочий диапазон на реальности герметизации;
 - расчет запаса достоинства КВ от частоты;
 - 8. Задать результаты на следующее и рабочую террасу.

Отчет должен содержать:

- 1) схему, исходные данные и результаты приспособления о расчете;
- 2) горизонт устройств с указанием размеров;
- 3) результаты измерений.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия изолирующего изолятора и отсутствие его отрицательных свойств.
2. Физические соотношения для якоря и изолирующего изолятора.
3. Критерии рассеяния изолирующего изолятора при различных токах на выходах.
4. Параметры, обеспечивающие первичное действие изолирующего изолятора.
5. Принцип действия гибридного изолятора.
6. Методы проверки гибридного изолятора при разных стационарах выходах.

7. Принцип действия и схемы реализации дискретного фазирования на коммутируемых линиях.
8. Принцип действия и схема реализации дискретного фазирования на основе загруженной линии.
9. Принцип действия и схема реализации проходных дискретных физико-математических и статистических.

Библиографический список

1. Сазонов Д.М. Аппараты и устройства СВЧ. М.: Радио и связь, 1982.
2. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосовых устройств/ под ред. В.И. Волкова, М.: Радио и связь, 1987.
3. Рябов В.Л., Попова Ю.В., Куршин А.А. Проектирование СВЧ устройств с помощью программы Microwave Office, М.: СПОИ, Пресс, 2003.