

Министерство образования и науки РФ

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧ и КР)

УТВЕРЖДАЮ

Зав.каф СВЧ и КР

_____ С.Н. Шарангович

«_____» _____ 2012г.

**ИЗМЕРЕНИЯ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ
И ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АНТЕНН**

Руководство к лабораторной работе по дисциплине
«Устройства СВЧ и антенны»
направления 210400 - Радиотехника

Разработчики:
профессор кафедры СВЧ и КР Гошин Г.Г.,
доцент кафедры СВЧ и КР Фатеев А.В.,

УДК 53.17 + 53.08

Рецензент: кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры радиофизики
Научного исследовательского Томского государственного университета
Буянов Ю.И.

Гошин Г.Г., Фатеев А.В.

Измерения диаграмм направленности и входного сопротивления антенн: Руководство к лабораторной работе. — Томск: Томский гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. — 18 с.

В руководстве содержится методический материал по измерению диаграмм направленности и входного сопротивления антенн. Отмечаются основные теоретические положения, расчётные формулы, математическую модель эксперимента, входной и выходной тестовый контроль, схемы лабораторных столов и порядок проведения эксперимента, шаблон отчёта, особенности работы программы управления прибором, методика калибровки и порядок работы с прибором.

Руководство рекомендовано к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Устройства СВЧ и Антенны» по направлению подготовки 210400 – Радиотехника различных форм обучения.

© Гошин Г.Г., 2012

© Фатеев А.В., 2012

© Томский гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Основные теоретические сведения	3
2.1. Диаграмма направленности антенны	3
2.2. Входное сопротивление антенны	5
3. Экспериментальная часть	7
3.1. Измерение в диапазоне частот амплитудной диаграммы направленности антенны	7
3.2. Измерение в диапазоне частот входного сопротивления антенны	8
4. Требования к оформлению отчёта	11
5. Контрольные вопросы	12
6. Список литературы	12
Приложение А. Обработка данных в MathCAD	13
Приложение Б. Калибровка прибора «P2M-04» на коэффициент передачи	15
Приложение В. Калибровка прибора «P2M-04» на коэффициент отражения	17
Приложение Г. Калибровка прибора «Obzor-103»	18

1. ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторной работы является:

- знакомство с основными характеристиками и параметрами антенн, а также методами их измерений;
- измерение в диапазоне частот диаграммы направленности;
- измерение в диапазоне частот входного сопротивления антенны.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Антенна – устройство, которое излучает в окружающее пространство подведенную к нему электромагнитную энергию (передающая антенна) или принимает энергию пространственных волн и преобразует ее в энергию направляемых волн, поступающую по фидеру на вход приёмного устройства (приёмная антенна). Передающая и приёмная антенны, не содержащие невзаимных элементов, обладают свойством взаимности, т.е. одна и та же антенна может излучать или принимать электромагнитные волны, причём в обоих режимах антенна при одинаковых распределениях в ней тока или поля будет иметь одинаковые параметры и характеристики.

2.1. Диаграмма направленности антенны

Диаграмма направленности (ДН) представляет собой функцию $F(\varphi, \theta)$ угловых переменных φ и θ сферической системы координат с центром, совпадающим с фазовым центром антенны. Различают комплексную векторную, амплитудную, фазовую и поляризационную диаграммы. Амплитудную ДН обычно нормируют на ее максимальное значение. Для передающей антенны функция нормированной ДН характеризует изменение интенсивности сигналов, излучаемых в различных направлениях относительно фазового центра антенны. Для приёмной антенны функция нормированной ДН характеризует изменение интенсивности принимаемых сигналов в зависимости от направления прихода сигналов. При этом условно полагают, что сигналы принимаются от гипотетического точечного источника постоянной интенсивности, перемещаемого вокруг антенны по поверхности воображаемой сферы постоянного радиуса, находящейся в дальней зоне. Наиболее часто измеряется амплитудная ДН.

Для определенности будем рассматривать антенну как передающую. Напряжённость электрического поля антенны в дальней зоне может быть представлена в виде

$$\vec{E}(r, \theta, \varphi) = E_0 F(\theta, \varphi) \vec{P}(\theta, \varphi) e^{j\Phi(\theta, \varphi)} \frac{e^{-jkr}}{r}, \quad (1)$$

где r, θ, φ – сферические координаты точки наблюдения;

E_0 – постоянный множитель, зависящий от типа антенны и мощности передатчика;

$F(\theta, \varphi)$ – амплитудная диаграмма направленности;

$\vec{P}(\theta, \varphi)$ – поляризационная диаграмма;

$\Phi(\theta, \varphi)$ – фазовая диаграмма;

$\frac{e^{-jkr}}{r}$ – множитель, определяющий характерную для сферической волны зависимость фазы и амплитуды вектора \vec{E} от расстояния r ;

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ – длина волны.

Ближняя граница дальней зоны между двумя антеннами и её протяженность в случае допустимых фазовых искажений, равных $\pi/8$ и соответствующих фазовому набегу $\lambda/16$, определяется по формуле

$$r/\lambda \geq \frac{2(a+b)^2}{\lambda^2}, \quad (2)$$

где a и b – максимальные размеры передающей и приёмной антенн, соответственно.

Амплитудная диаграмма направленности (ДН) $F(\theta, \varphi)$ определяет зависимость амплитуды вектора \vec{E} от угловых координат точки наблюдения θ и φ , находящейся на сфере радиусом r , соответствующем расстоянию дальней зоне. Чтобы сравнивать между собой антенны по их диаграммам, переходят к нормированным ДН. Если обозначить напряжённость поля в направлении максимального излучения E_{\max} , то нормированная ДН антенны линейной поляризации определяется как

$$\bar{F}(\theta, \varphi) = \frac{|E(\theta, \varphi)|}{|E_{\max}|}. \quad (3)$$

В работе в качестве приёмной исследуется пирамидальная рупорная антенна с размерами: $a_p = 500$ мм, $b_p = 300$ мм, $L^E = 300$ мм, $L^H = 360$ мм. Нормированные амплитудные ДН такой антенны, если не учитывать квадратичные фазовые искажения в ее раскрыве, приближенно можно рассчитать по формулам для прямоугольной синфазной апертуры с косинусоидальным в плоскости H и постоянным в плоскости E амплитудными распределениями:

$$\bar{F}(\theta^H) = \frac{\cos\left(\frac{\pi a_p}{\lambda} \sin \theta^H\right) (1 + \cos \theta^H)}{1 - \left(\frac{2a_p}{\lambda} \sin \theta^H\right)^2} \cdot \frac{1}{2}; \quad (4)$$

$$\bar{F}(\theta^E) = \frac{\sin\left(\frac{\pi b_p}{\lambda} \sin \theta^E\right)}{\frac{\pi b_p}{\lambda} \sin \theta^E} \frac{1 + \cos \theta^E}{2}, \quad (5)$$

где θ^H , θ^E – углы, отсчитываемые от оси рупора в точку наблюдения в плоскостях H и E соответственно.

Приведенные формулы справедливы для достаточно длинных рупоров, у которых максимальные фазовые искажения в раскрыве удовлетворяют неравенствам

$$\Delta\theta_{\max}^H = \frac{ka_p}{4L_H} \leq \pi/8, \quad \Delta\theta_{\max}^E = \frac{kb_p}{4L_E} \leq \pi/8, \quad (6)$$

где L_H и L_E – длины рупора в плоскостях E и H , соответственно, отсчитываемые вдоль оси от вершины рупора до его апертуры.

Пирамидальный рупор может быть остроконечным, если ребра рупора сходятся в вершине ($L_{onm}^H = L_{onm}^E$), или клиновидным, если ребра не сходятся в одной точке в вершине ($L_{onm}^H \neq L_{onm}^E$). Рупорные антенны, обеспечивающие максимальную направленность, называются оптимальными. Размеры оптимального клиновидного рупора связаны между собой соотношениями:

$$L_{onm}^H = a_p^2 / (3\lambda), \quad L_{onm}^E = b_p^2 / (2\lambda), \quad (7)$$

а остроконечного рассчитываются по формулам

$$L_{onm} = a_p^2 / (3\lambda), \quad b_p = 0,8a_p. \quad (8)$$

Ширина ДН (в радианах) оптимального пирамидального рупора в главных плоскостях определяется как:

$$2\theta_{0,5}^H \cong 1,4\lambda / a_p, \quad 2\theta_{0,5}^E \cong 0,93\lambda / b_p. \quad (9)$$

2.2. Входное сопротивление антенны

Входное сопротивление антенны определяется отношением напряжения к току на её входе. Под входом антенны понимают сечение или точки, к которым подключается линия передачи (фидер). Величину входного сопротивления антенны необходимо знать, чтобы выполнить её согласование с фидером. В согласованном режиме антенна излучает (принимает) наибольшую мощность. При полном согласовании входное сопротивление антенны должно равняться волновому сопротивлению фидера, которое является величиной вещественной и постоянной. В несогласованном режиме входное сопротивление антенны комплексно, т.е. имеет активную и реактивную составляющие. Оно зависит от типа антенны, ее конструктивных особенностей, прежде всего в области входа, от типа и способа подключения фидера.

Антенна имеет чисто активное входное сопротивление, если на фиксированной частоте допускает настройку в резонанс. При небольших

изменениях частоты относительно резонансной активная составляющая входного сопротивления меняется мало, но зато появляется реактивная составляющая. На частотах ниже первой резонансной реактивная составляющая имеет ёмкостный характер, а на частотах выше резонансной – индуктивный. Чем медленнее меняется входное сопротивление при изменении частоты, тем более широкополосной будет антенна.

Если антенна не согласована с нагрузкой, то от нагрузки появляется отраженная волна, которая характеризуется коэффициентом отражения. В линии устанавливается смешанный режим, при котором вдоль неё ток и напряжение принимают максимальные и минимальные значения. В этом случае наряду с коэффициентом отражения вводят коэффициенты стоячей волны (КСВ) или бегущей волны (КБВ), которые показывают степень согласования антенны с фидером.

По определению КБВ численно равен отношению напряжённости поля (напряжения) в минимуме распределения в линии к максимальному значению:

$$КБВ = \frac{E_{MIN}}{E_{MAX}} = \frac{1 + |\Gamma_H|}{1 - |\Gamma_H|} \leq 1, \quad (10)$$

где E_{MIN} , E_{MAX} – минимальные и максимальные значения напряжённости поля;

$|\tilde{A}_i|$ – модуль коэффициента отражения от нагрузки.

КСВ – величина, обратная КБВ, определяется как

$$КСВ = \frac{E_{MAX}}{E_{MIN}} = \frac{1 - |\Gamma_H|}{1 + |\Gamma_H|} \geq 1. \quad (11)$$

Когда отраженная волна отсутствует, ток и напряжение вдоль линии постоянны и в ней устанавливается режим бегущей волны. При этом КБВ = КСВ = 1. Модуль коэффициента отражения также связан с входным сопротивлением антенны посредством формулы:

$$|\Gamma_H| = \sqrt{\frac{(R_H - W_\phi)^2 + X_H^2}{(R_H + W_\phi)^2 + X_H^2}}. \quad (12)$$

Для активных нагрузок ($X_H = 0$) эта формула становится более простой.

Антенну, если интересоваться её входным сопротивлением, можно рассматривать как четырехполюсник, параметры которого описываются волновой матрицей рассеивания. Согласование в фидерном тракте будет определяться значением элемента S_{11} матрицы рассеяния, являющимся комплексным коэффициентом отражения от входа. Параметр S_{11} также учитывает внутренние отражения от элементов конструкции антенны. Например, в рупорной антенне рассогласование будет определяться коаксиально-волноводным переходом, его соединением с рупором, а также отражением от раскрыва (апертуры) рупора. Входное сопротивление с комплексным коэффициентом отражения S_{11} связано следующим соотношением:

$$Z_{BX} = W_B \cdot \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}}, \quad (13)$$

где W_A – волновое сопротивление фидера.

В нашем случае оно равно 50 Ом. Таким образом, входное сопротивление антенны можно определить экспериментально, измерив S_{11} .

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1. Измерение в диапазоне частот амплитудной диаграммы направленности антенны

В работе в широком диапазоне частот в главных плоскостях измеряется амплитудная диаграмма направленности как функция угловой (азимутальной) координаты. Методика основана на измерении частотной зависимости модуля коэффициента передачи антенны $|S_{21}|$, определяющего амплитудную ДН. Антенна при этом рассматривается как четырехполюсник.

Структурная схема установки для измерения характеристик антенн представлена на рис. 1. Измерения проводятся в частотной области с использованием панорамных измерителей (ПИ) параметров цепей «OBZOR-103» или «P2M-04». Сигнал подается на передающую антенну А1 и излучается. На опорно-поворотном устройстве (ОПУ) располагается исследуемая приёмная антенна (АИ). Сигнал с АИ поступает в ПИ и отображается как коэффициент передачи. Частотную зависимость наблюдаем на компьютере (ПК). Полученные частотные характеристики обрабатываются в программе DN2_0 и сравниваются с расчётами, выполненными в программе MathCAD (Приложение 1).

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать по формуле (2) на верхней частоте диапазона минимальное расстояние до границы дальней зоны R_{\min} .
2. Собрать установку в соответствии со структурной схемой (рис. 1).

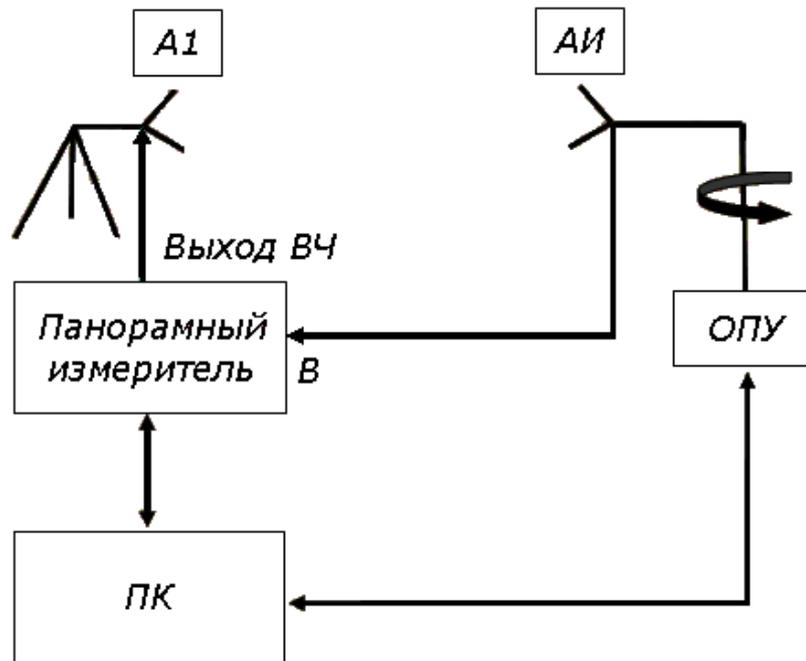


Рис. 1 – Структурная схема измерительной установки

3. Установить передающую антенну на расстоянии равном или большем R_{\min} .

4. Включить и настроить в соответствии с инструкцией (Приложение 2) панорамный измеритель.

5. Снять в двух главных плоскостях диаграммы направленности приёмной антенны на частотах f_1 , f_2 и $f_0 = 1200$ МГц. Крайние частоты диапазона брать из табл. 1; номер варианта соответствует номеру бригады.

Таблица 1 – Выбор частот

Вариант	1	2	3
f_1	1000 МГц	1050 МГц	1100 МГц
f_2	1400 МГц	1350 МГц	1300 МГц

Используя программу Graphit-P2M, записать данные в файлы с именем, соответствующим азимутальному углу поворота антенны от 0 до 360 градусов. Запустить программу DN2_0. Загрузить данные путем выделения файлов. Указать номер столбца модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$. Последовательно вводить в поле выбранные частоты и проводить измерения. Снятые ДН представить в полярной и прямоугольной системах координат в MathCAD.

6. Для этих же частот в двух главных плоскостях по формулам (4), (5) рассчитать нормированные амплитудные ДН и сравнить с измеренными, объединив их на одном графике. Выяснить, каковы фазовые искажения имеет рупорная антенна, относится она к клиновидным или к остроконечным и на каких частотах является оптимальной.

7. Сформировать файл отчета по лабораторной работе, занести в него полученные результаты и сделать выводы по существу выполненного исследования.

3.2. Измерение в диапазоне частот входного сопротивления антенны

При выполнении лабораторной работы измерения могут быть проведены как на векторном анализаторе параметров цепей «Obzor-103», так и на скалярном анализаторе «P2M-04». Оба прибора работают в составе с ЭВМ, которая выполняет необходимые вычисления и обеспечивает панорамное отображение результатов измерений. При использовании прибора «Obzor-103» может быть определено непосредственно комплексное входное сопротивление антенны, а при использовании «P2M-04» – только модуль коэффициента отражения $|S_{21}|$ от входа и КСВН в фидерном тракте.

Методика измерений с использованием векторного анализатора «Obzor-103»

1. Для измерения комплексного коэффициента отражения S_{11} собрать схему согласно рис. 2. В ходе выполнения работы для измерения S_{11} используется вход «А». Порядок измерения S_{11} для входа «В» аналогичный.
2. Включить прибор и компьютер, установить в приборе режим измерения S_{11} .
3. Установить параметры частотного сканирования – нижнюю и верхнюю частоту и число точек, как показано на рис. 3. Для того, чтобы задать верхнюю частоту, необходимо в правом углу программы зайти в меню «Настройка – Параметры» и поставить галочку напротив «Расширенный диапазон частот».
4. Провести однопортовую калибровку входа «А» (см. Приложение 4). Необходимо осуществить измерения калибровочных мер «ХХ» и «КЗ», подключая их по очереди ко входу «2» направленного ответвителя, и провести процедуру калибровки.

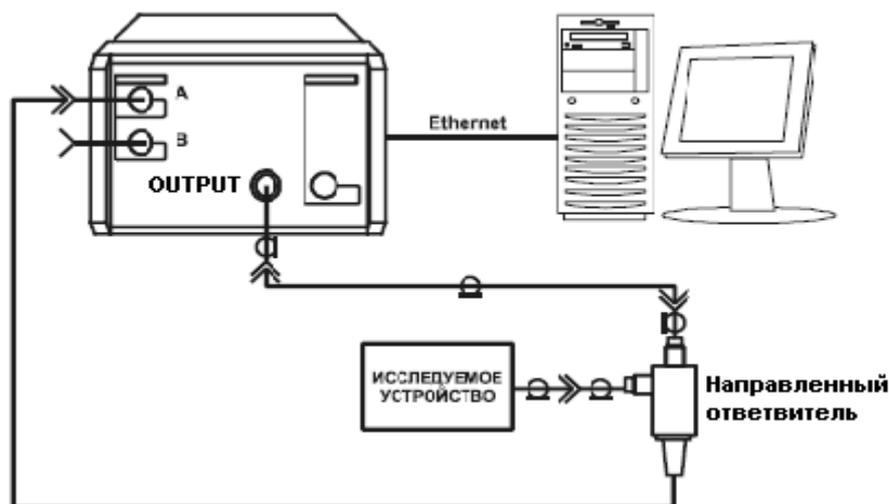


Рис. 2 – Схема измерения комплексного коэффициента отражения S_{11} .

5. Включить в схему в качестве нагрузки исследуемую антенну.

6. Установить в одном из каналов индикации измерение «A: S_{11} » и требуемый формат представления S_{11} , как показано на рис. 3.

7. Провести измерение S_{11} с помощью графика и маркеров.

8. Просмотреть результат, используя формат диаграммы Вольперта – Смита, как показано на рис.3. Диаграмма Вольперта – Смита с форматом маркеров – активное сопротивление (Ом), реактивное сопротивление (Ом), эквивалентная индуктивность (Гн) или емкость (Ф) реактивного сопротивления. Данные параметры являются производными от полного входного сопротивления $Z = R + jX$, которое определяется по формуле (13). Наименование формата в программе «Вольперт – Смит ($R + jX$)».

9. Данные измерений входного сопротивления в диапазоне частот занести в файл отчета по лабораторной работе.

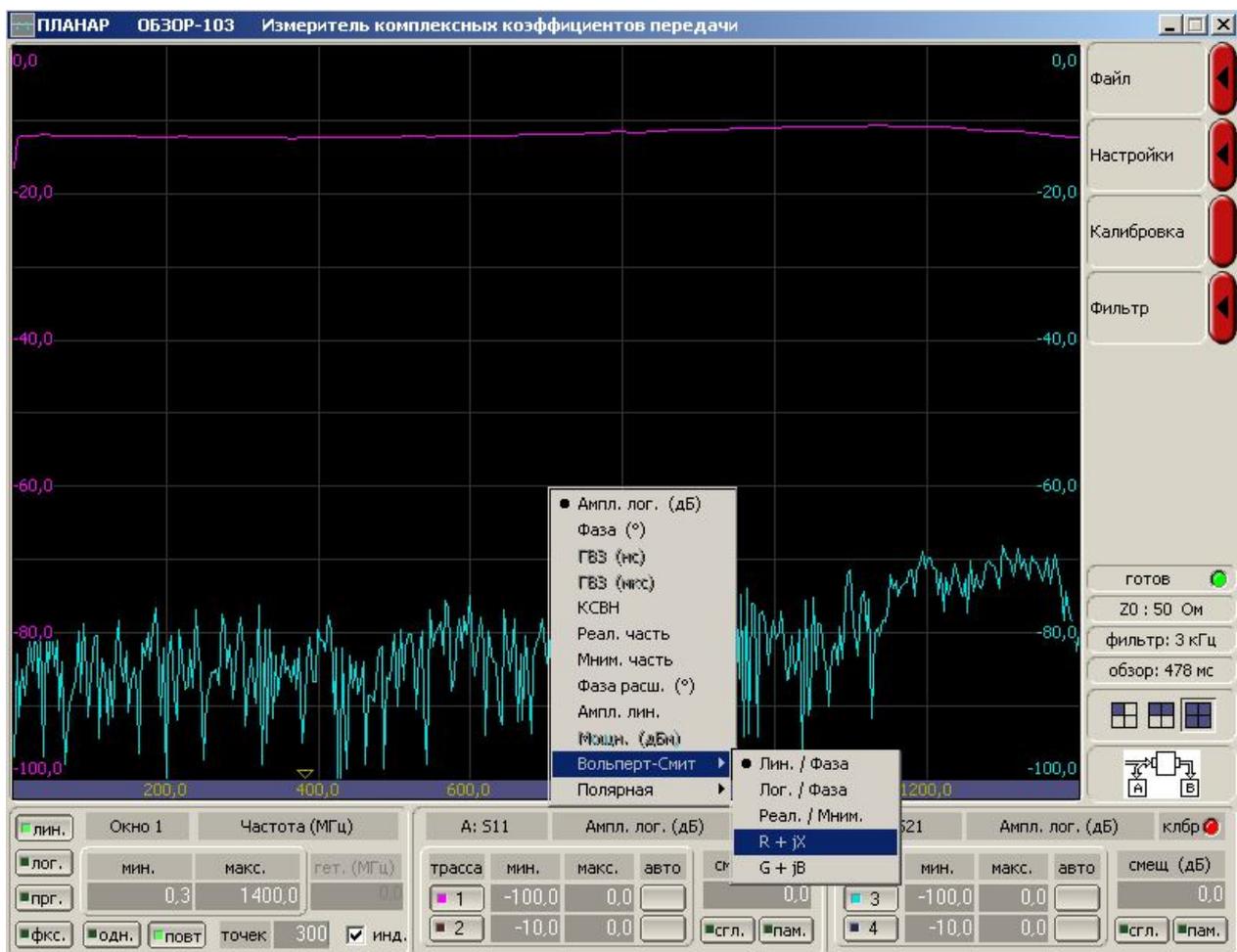


Рис. 3 – Диалоговое окно программы

Методика измерений с использованием скалярного анализатора «P2M-04»

1. Для измерения модуля коэффициента отражения $|S_{11}|$ собрать схему согласно рис. 4.

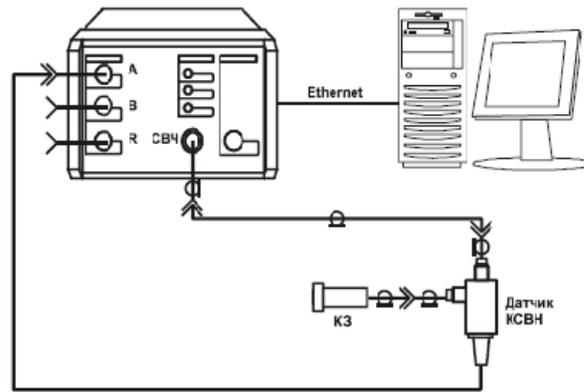


Рис. 4 – Схема калибровки при измерении модуля коэффициента отражения $|S_{11}|$

2. Установить параметры измерения, выбрав режим измерения модуля коэффициента отражения (КСВН) – вход «А»; вход «В» отключить.

3. Запустить программу Graphit-P2M и провести калибровку входа «А», следуя указаниям Приложения 1. В процессе калибровки допускается проводить калибровку при запросе о подключении нагрузки ХХ на открытый порт.

4. Подключить к выходу «Изм.» датчика КСВН вместо калибровочного устройства исследуемую антенну (ИУ), как показано на рис. 5, и провести измерения.

5. Данные измерений модуля коэффициента отражения и КСВН в диапазоне частот занести в файл отчета по лабораторной работе. Значение измеряемой величины на определенной частоте можно получить непосредственно по изображенной на экране ЭВМ кривой или при помощи маркеров.

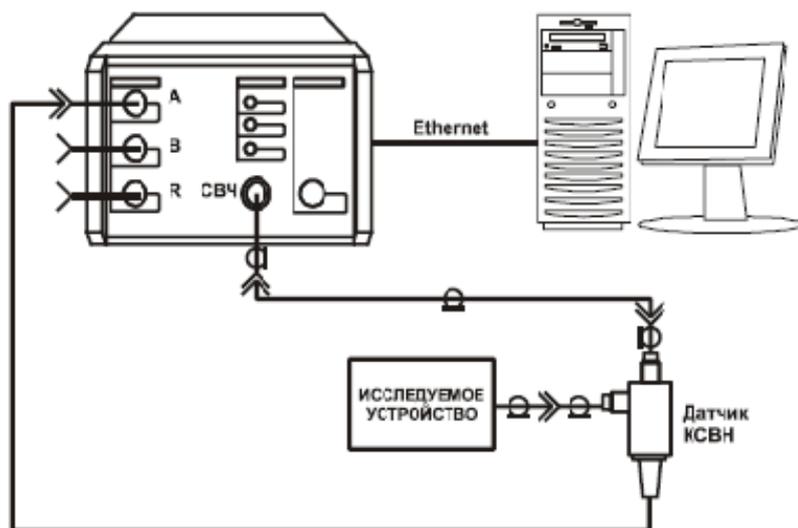


Рис. 5 – Схема измерения модуля коэффициента отражения $|S_{11}|$

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЁТА

1. Отчёт должен быть оформлен в соответствии с общими требованиями и правилами оформления отчётов по лабораторным работам, принятыми в ТУСУР.
2. В отчёте должна быть изложена цель работы, методика измерений и краткое описание экспериментальной установки.
3. Отчёт должен содержать таблицы измерений, расчётные и экспериментально снятые ДН в декартовой системе координат и поляризационную диаграмму.
4. В отчёте должны быть записаны и проанализированы данные по измерению входного сопротивления антенны.
5. В заключении должны быть представлены выводы по существу проделанной работы и результатам.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое диаграмма направленности антенны?
2. Что такое дальняя зона?
3. Как снимается ДН в дальней зоне?
4. Объяснить методику измерения ДН с помощью прибора «P2M-04».
5. Что такое S – параметры устройства?
6. Что такое входное сопротивление антенны?
7. Объяснить методику измерения входного сопротивления антенны с помощью прибора «Obzor-103».
8. Объяснить методику измерения входного сопротивления антенны с помощью прибора «P2M-04».

6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: ВШ, 1988. – 432 с.
3. Гошин Г.Г. Антенны и фидеры. Сборник задач с формулами и решениями. – Томск: ТУСУР, 2003. – 242 с.
4. Фрадин А.З., Рыжков Е.В. Измерения параметров антенно-фидерных устройств. – М.: Связь, 1972. – 352 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ОБРАБОТКА ДАННЫХ В MATHCAD

Данные измерений диаграмм направленности антенн, полученные в DN, можно сохранить в текстовом файле. Для этого надо выбрать «Запомнить» в всплывающем меню кнопок в левой части программы (Рис. А1). Текстовый файл содержит угол поворота антенны и соответствующее ему значение $|S_{21}|$.

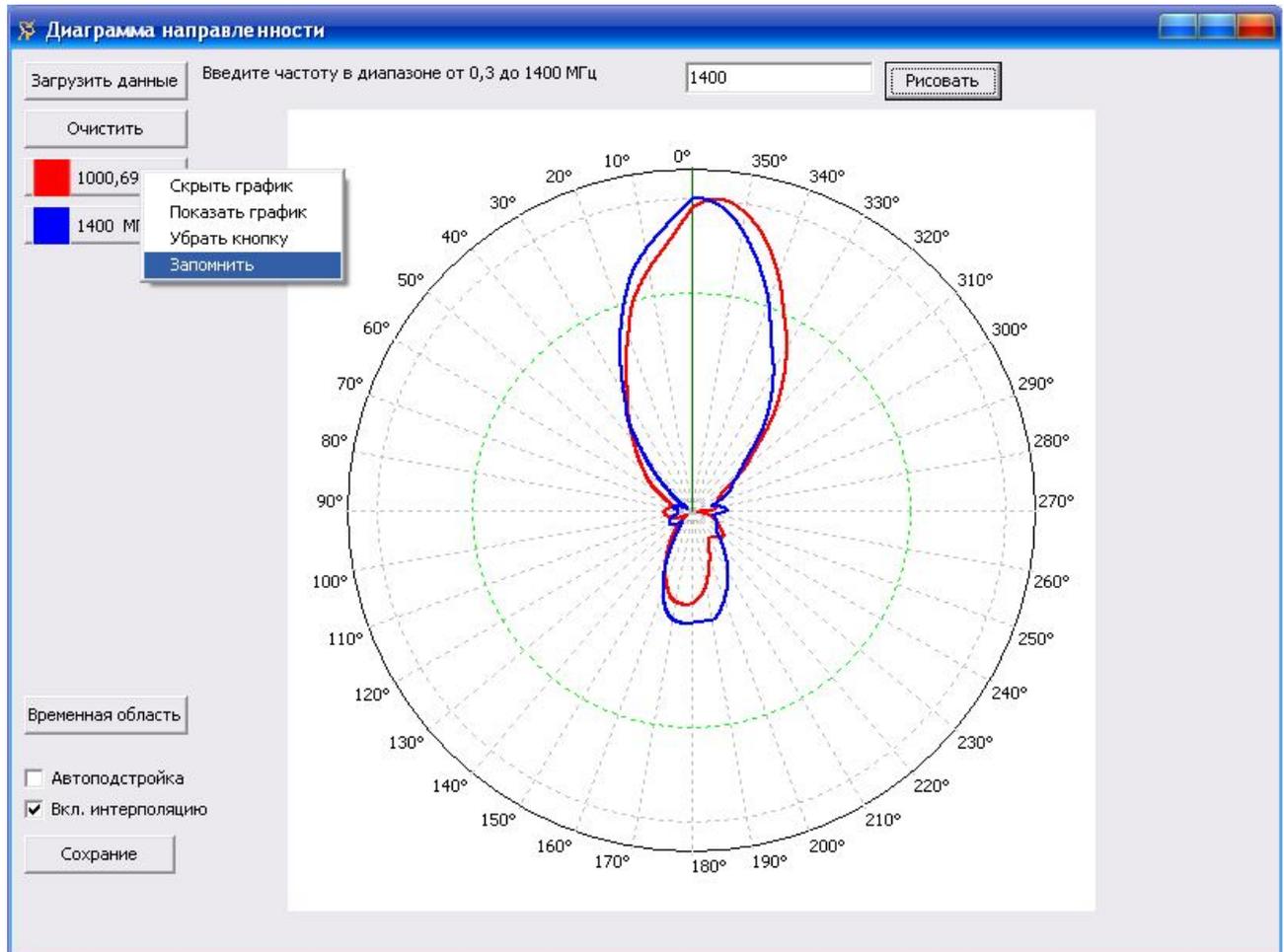


Рисунок А1 – Сохранение ДН на выбранных частотах

Далее полученный текстовый файл загружается в MathCAD и сравнивается с теоретической диаграммой направленности антенны. Текстовый файл должен находиться в одной папке с MathCAD файлом. Ниже приведен текст MathCAD файла. Изменить надо только значения переменных, выделенных жирным шрифтом!

$$\begin{aligned}
 f &:= 1200 \cdot 10^6 \quad (\text{Гц}) & \underline{\underline{f}} &:= 3 \cdot 10^8 & \text{Частоту задавать свою из варианта!!} \\
 \lambda &:= \frac{c}{f} & \lambda &= 0.25 \\
 a_p &:= 50 \cdot 10^{-2} \quad (\text{м}) & & \text{- ширина раскрыва рупора} \\
 b_p &:= 35 \cdot 10^{-2} \quad (\text{м}) & & \text{- высота раскрыва рупора} \\
 \theta_H &:= -\pi, -\pi + 0.01 \dots \pi & \theta_E &:= -\pi, -\pi + 0.01 \dots \pi
 \end{aligned}$$

ДН в Н - плоскости:

$$F(\theta_H) := \frac{1 + \cos(\theta_H)}{2} \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi \cdot a_p}{\lambda} \cdot \sin(\theta_H)\right)}{1 - \left(\frac{2}{\pi} \cdot \frac{\pi \cdot a_p}{\lambda} \cdot \sin(\theta_H)\right)^2}$$

DN := READPRN("DN 1000MGz.txt")

	0	1
57	285	0.08
58	290	0.087
59	295	0.093
60	300	0.108
61	305	0.146
62	310	0.224
63	315	0.291
64	320	0.405
65	325	0.504
66	330	0.604
67	335	0.694
68	340	0.805
69	345	0.901
70	350	0.971
71	355	1
72	360	...

DN =

ДН в Е - плоскости:

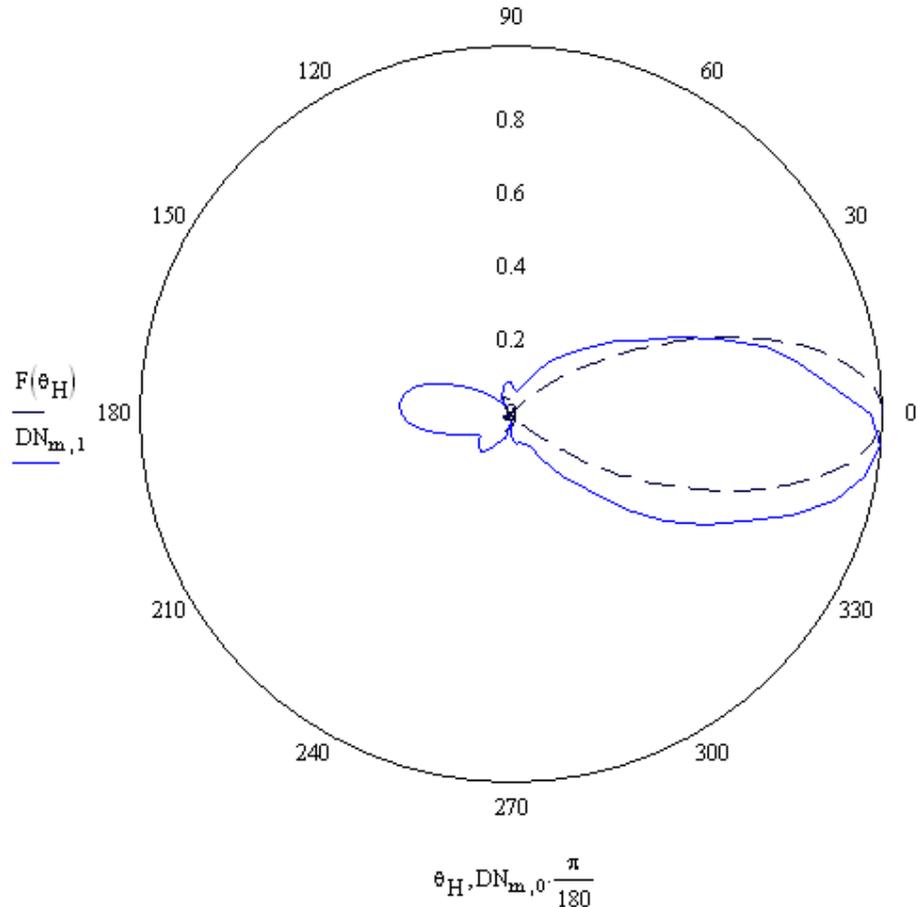
$$F1(\theta_E) := \frac{1 + \cos(\theta_E)}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b_p}{\lambda} \cdot \sin(\theta_E)\right)}{\frac{\pi \cdot b_p}{\lambda} \cdot \sin(\theta_E)}$$

ВНУТРИ КАВЫЧЕК ПИШЕТСЯ ИМЯ ФАЙЛА
С ДАННЫМИ ДН

ТАБЛИЦА ДАННЫХ СОДЕРЖАЩИХСЯ В ФАЙЛЕ
DN 1000MGz.txt записана в переменную DN.

$$DN_{72,1} := DN_{0,1}$$

$$m := 0..73$$



ПРИЛОЖЕНИЕ Б. КАЛИБРОВКА ПРИБОРА «P2M-04» НА КОЭФФИЦИЕНТ ПЕРЕДАЧИ

Собрать схему в соответствии с рис.Б1:

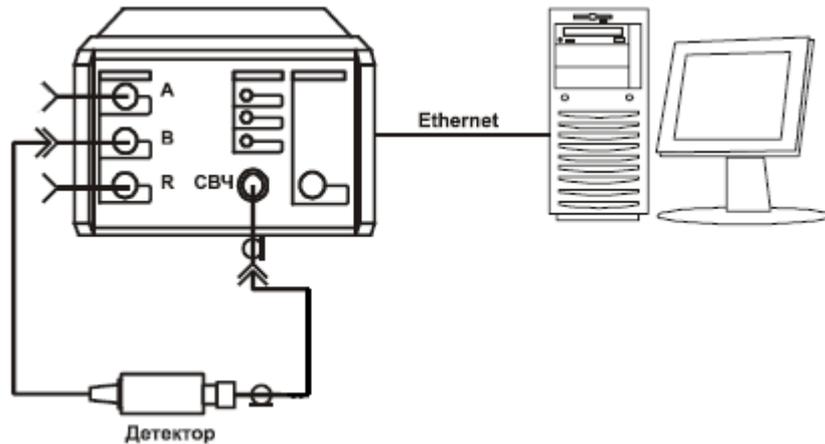


Рисунок Б1 – Схема калибровки на коэффициент передачи

Запустить программу Graphit-P2M и провести калибровку прибора, руководствуясь рис. Б2, в следующей последовательности:

Во вкладке «Общие» выставить требуемый диапазон частот и нажать клавишу ENTER. Выставить количество точек (300) и выходную мощность (15дБм). Проверить, нажата ли кнопка «мощность» на передней панели прибора P2M-04.

Выбрать вкладку «Измер1», «Модуль КП» и запустить калибровку.

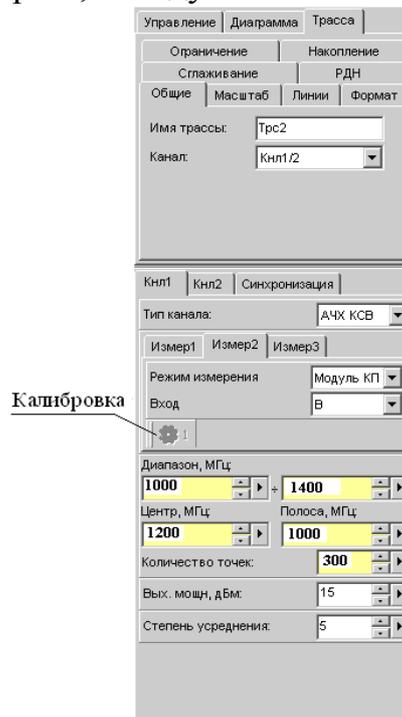


Рисунок Б2 – Панель настройки программы P2M-04

После калибровки получим:

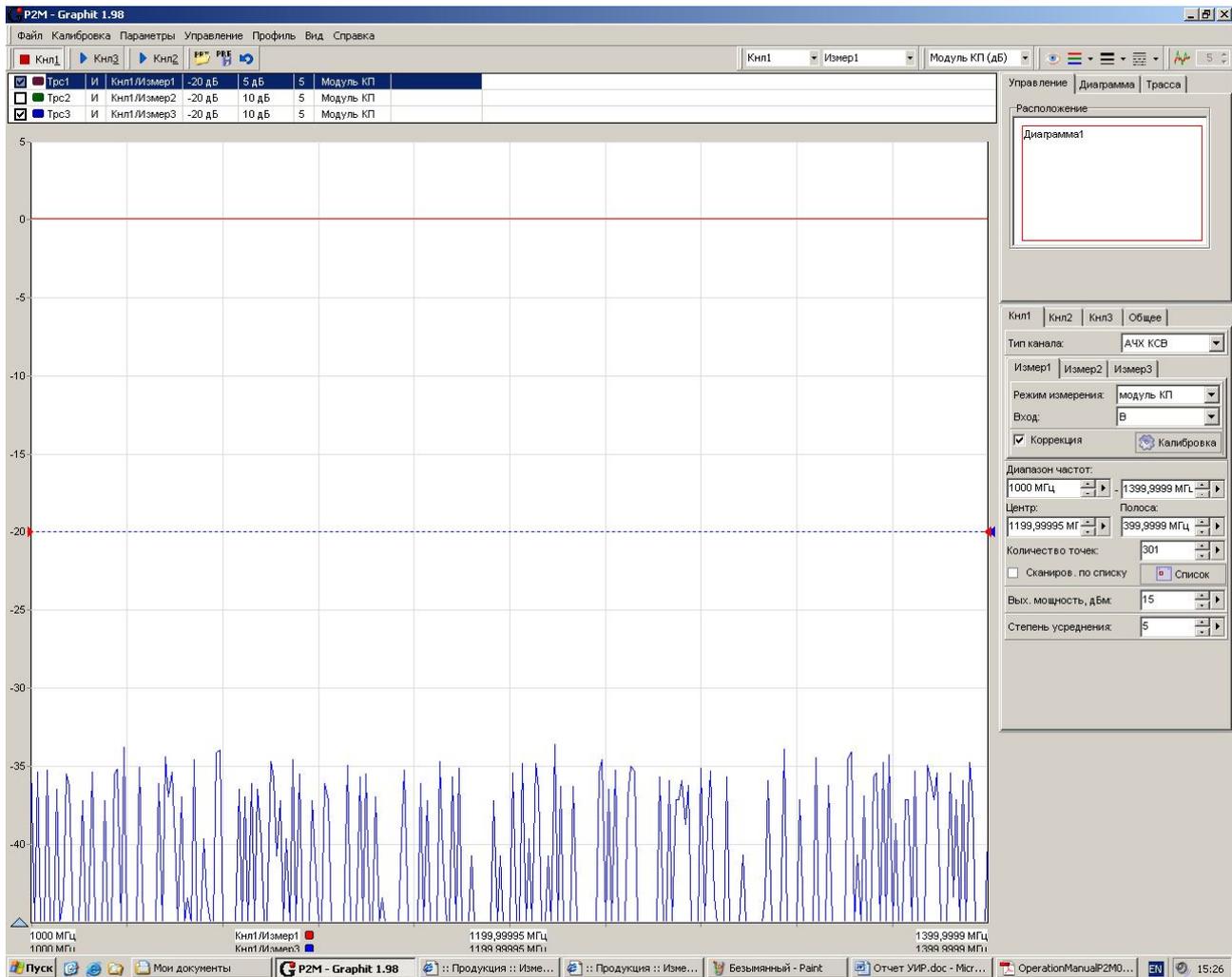


Рисунок Б3 – Результат калибровки на коэффициент передачи.

ПРИЛОЖЕНИЕ В. КАЛИБРОВКА ПРИБОРА «P2M-04» НА КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ

Запустить программу Graphit-P2M и провести калибровку прибора, руководствуясь рис.В1, в следующей последовательности:

Во вкладке «Общие» выставить требуемый диапазон частот и нажать клавишу ENTER. Выставить количество точек (300) и выходную мощность (10дБм).

Выбрать вкладку «Измер1» , «Модуль КО» и запустить калибровку. При калибровке на холостой ход (XX) вход датчика КСВ должен быть открыт. Далее необходимо установить короткозамкнутую нагрузку (КЗ) и запустить калибровку на короткое замыкание.

The screenshot displays the software interface for the Graphit-P2M instrument. The 'Общие' (General) tab is selected, showing the following settings:

- Имя трассы: Трс2
- Канал: Кнл1/2

The 'Измер1' (Measurement 1) tab is also active, showing the following settings:

- Тип канала: ДЧХ КСВ
- Режим измерения: Модуль КО
- Вход: А
- Калибровка (gear icon)
- Диапазон, МГц: 1000 - 1400
- Центр, МГц: 1200
- Полоса, МГц: 1000
- Количество точек: 300
- Вых. мощн, дБм: 10
- Степень усреднения: 5

Рисунок В1 – Панель настройки программы P2M-04

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. КАЛИБРОВКА ПРИБОРА «OBZOR-103»

Перед проведением калибровки убедитесь, что установлен режим измерения и параметры частотного сканирования. Затем необходимо провести процедуру калибровки для каждой калибровочной меры, в зависимости от выбранного метода калибровки.

Перед проведением калибровки следует выбрать в программном обеспечении комплект калибровочных мер, который предполагается использовать. Комплект калибровочных мер – это набор прецизионных физических устройств, используемых для определения погрешностей в измерительной системе. Комплект состоит из четырех мер различных типов: КЗ, ХХ, Согласованная нагрузка и Перемычка (см. табл. Г1).

Таблица Г1

Метод калибровки	Измеряемые параметры	Используемые меры	Виды корректируемых погрешностей
Однопортовая калибровка	S_{11}	<ul style="list-style-type: none"> • КЗ • ХХ • Согласованная нагрузка 	<ul style="list-style-type: none"> • Частотная неравномерность тракта отражения (E_f) • Согласование источника сигнала (E_s) • Направленность (E_d)

Для выполнения калибровки служит кнопка «Калибровка», которая открывает диалоговое окно (рис. Г1).

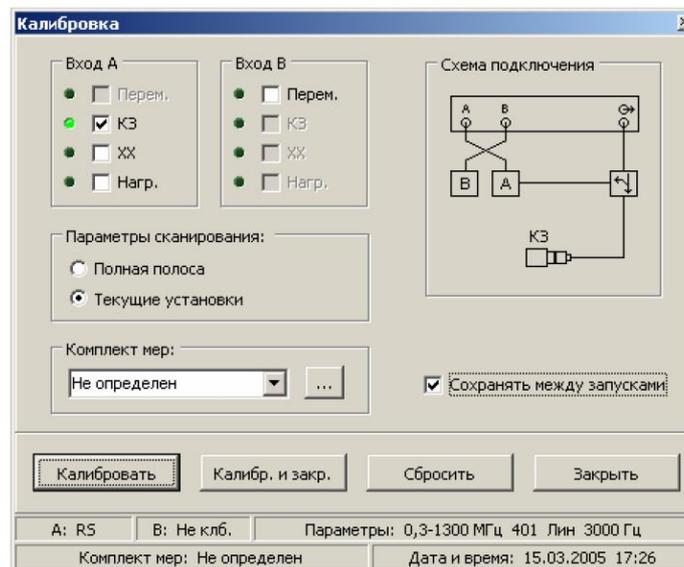


Рисунок Г1 – Диалоговое окно калибровки

Перед процедурой калибровки необходимо установить требуемый режим измерения. Режим измерения определяет в процедуре калибровки доступные калибровочные меры.