

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ
ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ
ПОЛЯ В ДАЛЬНОЙ И БЛИЖНЕЙ ЗОНАХ**

Руководство к лабораторной работе по дисциплинам
«Устройства СВЧ и антенны»,
«Распространение радиоволн и АФУ»
для студентов специальностей 210302, 210303, 210304,
210312, 210313, 210401, 210403, 210405

Разработчики:
доцент каф. СВЧ и КР
_____ Замотринский В.А.,
зав. лаб. № 328
_____ Никифоров А.Н.
Новая редакция:
профессор каф. СВЧ и КР
Гошин Г.Г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	3
2. Исследование ДН параболической антенны	4
2.1. Цель работы.....	4
2.2. Основные положения.....	5
2.2.1. Измерение ДН в ближней и дальней зонах.....	5
2.2.2. Измерение поляризационной диаграммы	7
2.3. Описание экспериментальной установки.....	8
2.4. Порядок выполнения работы.....	8
2.5. Расчётное задание.....	9
2.6. Требования к оформлению отчёта.....	10
2.7. Контрольные вопросы.....	10
3. Список литературы.....	11
Приложение 1. Значения функции $U(x) = 2J_1(x)/x$	12
Приложение 2. Генератор ГЗ-14А.....	13
Приложение 3. Усилитель У2-4А.....	15

1. ВВЕДЕНИЕ

Зеркальные антенны являются широко распространенным типом антенн в диапазоне СВЧ. Это объясняется относительной простотой их конструкции, возможностью получения высокой направленности излучения, возможностью сканирования луча в пространстве, наличием у них иных, ценных для практического использования свойств. Наибольшее распространение получили металлические зеркала с параболической формой поверхности (параболоид вращения, параболический цилиндр); однако широкое применение находят и зеркала другой формы.

Основными элементами параболической антенны являются зеркало и облучатель, фазовый центр которого совмещён с фокусом параболического зеркала. При работе антенны в режиме передачи излученная облучателем волна распространяется в сторону зеркала. Достигнув его, она возбуждает на поверхности зеркала высокочастотные токи, которые в окружающем пространстве создают электромагнитное поле. Если фазовый центр облучателя совмещён с фокусом зеркала, отражённая от зеркала волна в раскрыве антенны формирует плоский синфазный фронт, обеспечивающий наиболее узкую диаграмму направленности.

По отношению к точке приёма, находящейся в дальней зоне, любая антенна является источником поперечной сферической волны, амплитуда напряжённости поля которой убывает обратно пропорционально расстоянию, а фазовый фронт волны при увеличении расстояния стремится к плоскому. Если принять, что максимальное отклонение сферического фазового фронта от плоского составляет $\pi/8$, то расстояние до дальней зоны равно

$$R_{min} = 2 \frac{D^2}{\lambda}, \quad (2.1)$$

где D – диаметр парабооида, λ – длина волны.

Для более грубой оценки, например с фазовой погрешностью, равной $\pi/4$, в формуле (2.1) вместо коэффициента 2 будет стоять 1.

Деление пространства, окружающего антенну на дальнюю и ближнюю зоны или области в значительной степени условно. В дальней зоне лучи, идущие из разных точек антенны в точку наблюдения, условно можно считать параллельными. Это облегчает вычисление таких параметров антенны, как диаграмма направленности, коэффициент усиления и других. Электромагнитное поле передающей антенны в дальней зоне представляет поперечную сферическую волну. В ближней зоне, где лучи не параллельны, поля E и H имеют сложную структуру и зависимость от поперечных и продольной координат. Между ближней и дальней зонами выделяют промежуточную область (зона Френеля).

Диаграммой направленности (ДН) передающей антенны называется зависимость напряжённости электрического поля от угловых координат

точки наблюдения при постоянном расстоянии до неё от точки источника. При этом предполагается, что точка наблюдения находится в дальней зоне, на расстоянии $R \geq R_{min}$. Диаграмма направленности приёмной антенны – это зависимость ЭДС, возникающей в приёмной антенне, от направления прихода волны. В общей теории антенн доказывается, что диаграммы антенн, работающих на передачу и на приём совпадают. Это означает, что ДН антенны не зависит от режима, в котором она используется (передача или приём).

Если фазовый центр облучателя вынести из фокуса параболического зеркала или если точку приёма расположить на расстоянии $R < R_{min}$ (в ближней или промежуточной зоне), то в раскрыве антенны поле становится несинфазным, возникают фазовые ошибки, которые приводят к искажению формы ДН, зависимости её от расстояния и уменьшению напряжённости поля в точке приёма. Поэтому ДН антенны измеряют в дальней зоне, а фазовый центр облучателя располагают в фокусе зеркала.

Однако, в ряде случаев бывает невозможно или неудобно проводить измерения в дальней зоне (лабораторные исследования параметров антенн в условиях ограниченного пространства; остронаправленные радиоастрономические антенны, для которых дальняя зона находится в космическом пространстве). В этом случае можно измерить ДН антенны в ближней зоне, т.е. на расстояниях $R < R_{min}$, но при этом следует вынести облучатель из фокуса вдоль оси зеркала на некоторую величину η и такую, чтобы фазовые ошибки за счёт расположения передающей и приёмной антенн в ближней зоне скомпенсировались фазовыми ошибками в раскрыве за счёт выноса фазового центра облучателя из фокуса. Результирующая ДН антенны при этом должна получаться такой же, какой она была бы, если бы фазовый центр облучателя находился в фокусе, а приёмная антенна – в дальней зоне.

Лабораторная работа посвящена проверке этого факта и овладению методикой измерения диаграммы направленности параболической антенны в дальней и ближней зонах.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПАРАБОЛИЧЕСКОЙ АНТЕННЫ

2.1. Цель работы

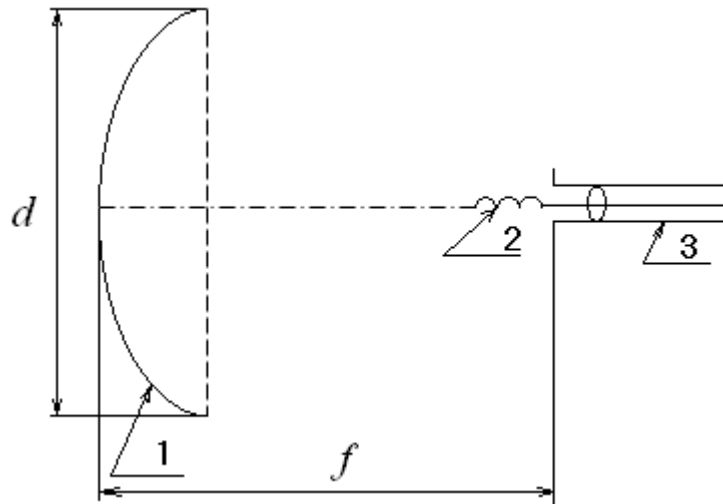
Целью лабораторной работы является:

- измерение диаграммы направленности параболической антенны в дальней зоне;
- измерения диаграммы направленности параболической антенны в ближней зоне для облучателя, вынесенного из фокуса зеркала;
- измерение поляризационной диаграммы антенны.

2.2. Основные положения

2.2.1. Измерение ДН в дальней и ближней зонах

Для исследования ДН параболической антенны в дальней зоне передающая рупорная антенна устанавливается на расстоянии $R \geq R_{min}$ от приёмной параболической антенны. Фазовый центр облучателя параболической антенны устанавливается в фокусе зеркала, имеющего фокусное расстояние $f = 22$ см. Схема параболической антенны изображена на рис. 2.1.



1 – параболическое зеркало; 2 – облучатель (спиральная антенна);
3 – коаксиальный фидер

Рис. 2.1 – Схема параболической антенны

Ход лучей в параболической антенне при облучателе, находящемся в фокусе зеркала, изображён на рис. 2.2.

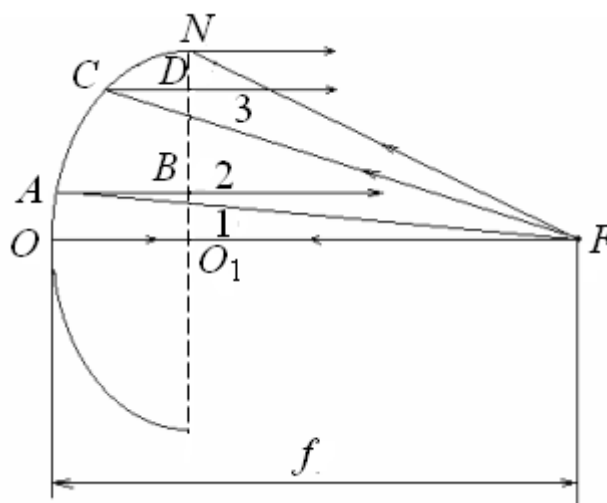


Рис. 2.2 – Ход лучей в параболической антенне (фазовый центр облучателя совмещён с фокусом зеркала)

Известно свойство параболы: $FO + OO' = FA + AB = FC + CD = FN$. Следовательно, время, затрачиваемое лучами 1, 2, 3 на прохождение пути от фокуса до поверхности зеркала и от поверхности зеркала до его раскрытия, должно быть одинаково для всех лучей. Поэтому и фазы всех лучей в раскрыве будут одинаковы. Таким образом, когда фазовый центр облучателя совмещён с фокусом зеркала параболической антенны, поле в её раскрыве синфазно. А из общей теории антенн известно, что синфазный раскрыв формирует наиболее узкую ДН.

Процедура измерения или снятия ДН заключается в том, что приёмную параболическую антенну поворачивают вокруг вертикальной оси, фиксируя угол поворота, и определяют по стрелочному индикатору прибора показания, пропорциональные уровню сигнала, принятого антенной с разных направлений. График полученной таким образом зависимости и есть ДН антенны.

В случае измерения ДН в ближней зоне параболическая антенна устанавливается от передающей на расстоянии $R_{\text{ОПТ}}$, меньшем R_{min} , а её облучатель выносится из фокуса вдоль оси зеркала на расстояние η (рис. 2.3). Фазовая компенсация в раскрыве антенны достигается при выполне-

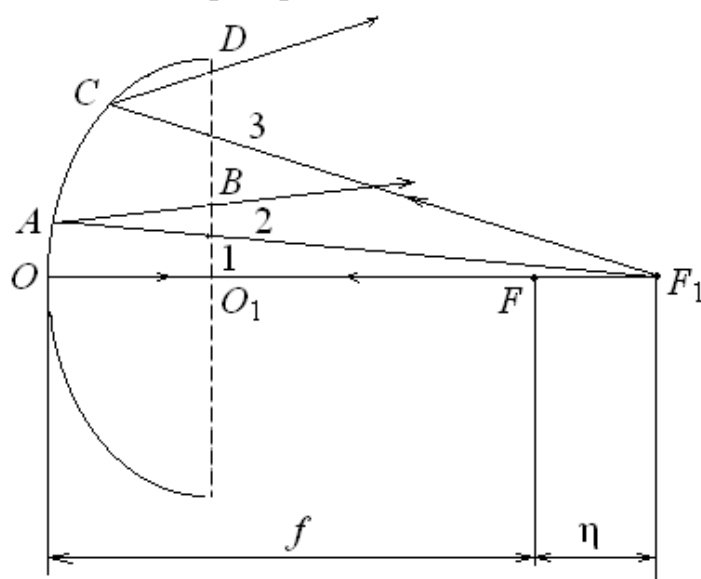


Рис.2.3 – Ход лучей в параболической антенне при вынесенном из фокуса облучателе

нии соотношения:

$$R_{\text{ОПТ}} = \frac{1}{\eta} \cdot (f + D^2/64f)^2 + f, \quad (2.2)$$

где $R_{\text{ОПТ}}$ – расстояние между передающей и приёмной антеннами;

η – величина выноса фазового центра облучателя;

f – фокусное расстояние;

d – диаметр зеркала.

Поворачивая параболическую антенну вокруг оси, определяют величину сигналов, принятых антенной с разных направлений. Полученная таким образом ДН должна совпадать с ДН, снятой в дальней зоне без выноса облучателя. Следует отметить, что экспериментально снимаемые ДН – это ДН по мощности. Для построения амплитудой ДН необходимо извлекать корень квадратный из показаний прибора.

2.2.2. Измерение поляризационной диаграммы

Вид поляризации излучаемого или принимаемого антенной поля определяется ориентацией вектора электрического поля в пространстве. Если вектор электрического поля колеблется в плоскости, проходящей через направление распространения волны, то такое поле называется линейно поляризованным. Если конец вектора электрического поля за один период колебания описывает эллипс в плоскости, нормальной направлению распространения волны, то такое поле называют эллиптически поляризованным. Частным случаем поля с эллиптической поляризацией является поле с круговой поляризацией. Поляризационные свойства антенны характеризуются эллипсом поляризации (рис. 2.4).

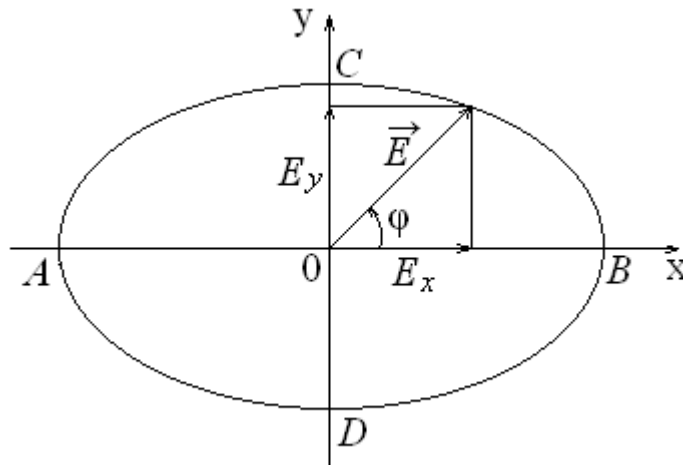


Рис. 2.4 – Эллипс поляризации

При любой ориентации вектора \vec{E} в декартовой системе координат его можно разложить на вертикальную и горизонтальную составляющие

$$\vec{E} = \vec{i} \cdot E_x + \vec{j} \cdot E_y.$$

Эллипс поляризации описывает соотношение между компонентами E_x и E_y поля антенны при различных ориентациях антенны. Эллипс поляризации характеризуется коэффициентом эллиптичности:

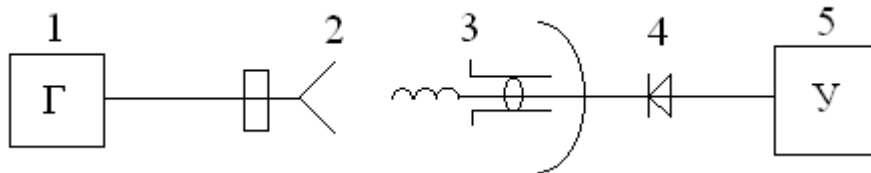
$$\frac{E_y}{E_x} = \sqrt{\frac{1 + m^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}{m^2 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}, \quad (2.3)$$

где $m = \frac{AB}{CD}$ – отношение полуосей эллипса поляризации,

φ – угол между осью x и вектором \vec{E} .

2.3. Описание экспериментальной установки

Структурная схема экспериментальной установки изображена на рис. 2.5.



1 – генератор ГЗ-14А; 2 – передающая рупорная антенна; 3 – параболическая антенна; 4 – детектор; 5 – измерительный усилитель У2-4А.

Рис.2.5 – Структурная схема экспериментальной установки

Сигнал генератора сантиметрового диапазона ГЗ-14А подаётся на передающую рупорную антенну и излучается ею. Параболическая антенна, облучатель которой может перемещаться как вдоль оси зеркала, так и поворачиваться на некоторый угол, принимает излучённый сигнал. Затем сигнал по прямоугольному волноводу поступает на кристаллический детектор. Продетектированный сигнал по коаксиальному кабелю поступает на измерительный усилитель У2-4А. В качестве облучателя в данной конструкции используется цилиндрическая спиральная антенна, закрытая прозрачным для радиоволн обтекателем из пенопласта.

2.4. Порядок выполнения работы

1. Включить и настроить в соответствии с инструкцией (Приложение 3) измерительный усилитель У2-4А.

2. Включить генератор в соответствии с Приложением 2 и установить режим внутренней модуляции. Установить частоту генератора по шкале в соответствующем окне второго поддиапазона в пределах 55 – 90 мм. Настроиться ручками «отражатель» и «коррекция» на максимальную выходную мощность по показаниям усилителя У2-4А при положении его входного делителя 10^{-2} .

3. Рассчитать радиус дальней зоны R_{min} .

4. Совместить с фокусом зеркала фазовый центр облучателя ($f = 22$ см); при этом оси передающей и приёмной антенн должны находиться на одной прямой.

5. Установить передающую антенну на расстоянии, равном или большем R_{min} .

6. Снять ДН параболической антенны в дальней зоне при вертикальной и горизонтальной поляризациях передающей антенны. Диаграммы направленности снимать через 1° в пределах главного и одного бокового лепестков ДН. Вид поляризации определяется ориентацией рупорной антенны. Вертикальной поляризации соответствует горизонтальное положение широкой стенки раскрыва рупора.

7. Сместить облучатель из фокуса вдоль оси зеркала на расстояние $\eta = 3$ см и снять ДН параболической антенны в дальней зоне при вертикальной поляризации облучателя. Убедиться в искажении ДН при смещении облучателя из фокуса.

8. Совместить с фокусом зеркала фазовый центр облучателя и повернуть облучатель на угол не более 10° от оси зеркала. Снять ДН для вертикальной поляризации. Обратит внимание на положение максимума излучения.

9. Поставить облучатель параболической антенны в фокус и, вращая вокруг горизонтальной оси передающую рупорную антенну, снять поляризационную диаграмму параболической антенны. Измерения проводить через 30° , антенну поворачивать сначала в одну сторону до 180° , затем в другую.

10. Рассчитать по формуле (2.2) оптимальное расстояние $R_{опт}$, при котором происходит компенсация фазовых ошибок в раскрыве зеркала для случая выноса облучателя из фокуса на расстояние $\eta = 3$ см.

11. Установить передающую рупорную антенну на расстоянии $R_{опт}$ и снять ДН параболической антенны для вертикальной поляризации при облучателе, находящимся в фокусе. Убедиться в искажении в этом случае ДН при снятии её в ближней зоне.

12. Сместить облучатель параболической антенны из фокуса на расстояние $\eta = 3$ см и снять ДН. При этом передающая антенна должна находиться на расстоянии $R_{опт}$. Снять ДН при вертикальной поляризации и сравнить с диаграммой, снятой в дальней зоне, когда облучатель находился в фокусе зеркала.

2.5. Расчётное задание.

1. Рассчитать ДН параболической антенны по формуле

$$F(\theta) = \frac{2J_1(kr \cdot \sin \theta)}{kr \cdot \sin \theta}, \quad (2.4)$$

где $J_1(kr \cdot \sin \theta)$ – функция Бесселя (см. Приложение 1);

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, λ – длина волны;

$r = 20$ см – радиус зеркала;

θ – угол между нормалью к раскрыву и направлением на точку пространства, где определяется поле.

Эта формула предполагает равномерное распределение не только фазы, но и амплитуды поля по раскрытию зеркала. В действительности амплитуда поля спадает к краю зеркала, что приводит к расширению ДН. Поэтому расчётная формула дает более узкую ДН.

2. Сравнить экспериментально снятые ДН с расчётными. Обработка экспериментальных ДН сводится к двум действиям: нормировке и извлечению корня квадратного. При нормировке все показания усилителя для данной диаграммы делятся на их максимальное значение. В результате максимумы всех диаграмм становятся равными 1. Это облегчает сравнение экспериментальных ДН между собой и с расчётными.

Детектор, включенный в цепь приёмной антенны, при слабых сигналах имеет квадратичную вольт-амперную характеристику и поэтому показания усилителя пропорциональны не напряженности поля E , а плотности потока мощности.

2.6. Требования к оформлению отчёта

1. Отчёт должен быть оформлен в соответствии с общими требованиями и правилами оформления отчётов по лабораторным работам, принятыми в ТУСУРе.

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, поляризационную диаграмму в полярной системе координат, определение вида поляризации антенны.

4. В отчёте должны быть представлены выводы по существу проделанной работы.

2.7. Контрольные вопросы

1. Что такое дальняя зона?
2. Как снимается ДН в дальней зоне?
3. В чём заключается методика определения ДН по измерениям в ближней зоне?
4. Почему возникает необходимость измерения ДН антенн в ближней зоне?
5. Как и почему изменится ДН при смещении облучателя из фокуса а) вдоль фокальной оси, б) поперёк фокальной оси?
6. Что такое эллипс поляризации и поляризационная диаграмма антенны?
7. Чем определяется тип поляризации параболической антенны: зеркалом или облучателем?
8. Какой вид имела бы измеренная поляризационная диаграмма, если поляризация параболической антенны была бы линейная?

9. На рисунках 2.3 и 2.5 сознательно сделаны две неточности. Найдите их.

3. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

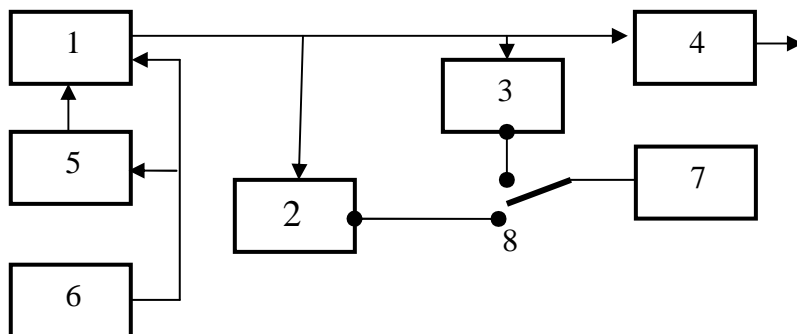
1. Антенны и устройства СВЧ: Учебник для вузов/ Д.И. Воскресенский и др. – М.: Радиотехника, 2006. – 375с.
2. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высшая школа, 1988. – 432с.
3. Ерохин Г.А. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 491с.
4. Методы измерения характеристик антенн СВЧ / Ред. Н.М. Цейтлин. – М.: Радио и связь, 1985. – 368с.
5. Славников В.С. Общие требования и правила оформления отчёта о лабораторной работе: Методические указания. – Томск: ТУСУР, 1983. – 14с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЗНАЧЕНИЯ ФУНКЦИИ $U(x) = 2J_1(x)/x$

x	$U(x)$	x	$U(x)$	x	$U(x)$
0.0	1.0000	2.3	0.469	4.6	-0.112
0.1	0.999	2.4	0.433	4.7	-0.119
0.2	0.995	2.5	0.398	4.8	-0.124
0.3	0.989	2.6	0.362	4.9	-0.128
0.4	0.98	2.7	0.327	5.0	-0.131
0.5	0.969	2.8	0.293	5.1	-0.132
0.6	0.956	2.9	0.259	5.2	-0.132
0.7	0.94	3.0	0.226	5.3	-0.131
0.8	0.922	3.1	0.194	5.4	-0.128
0.9	0.902	3.2	0.162	5.5	-0.124
1.0	0.88	3.3	0.134	5.6	-0.119
1.1	0.856	3.4	0.105	5.7	-0.114
1.2	0.83	3.5	0.079	5.8	-0.107
1.3	0.803	3.6	0.053	5.9	-0.1
1.4	0.774	3.7	0.029	6.0	-0.092
1.5	0.744	3.8	0.	6.1	-0.084
1.6	0.712	3.9	-0.014	6.2	-0.75
1.7	0.68	4.0	-0.033	6.3	-0.66
1.8	0.646	4.1	-0.05	6.4	-0.57
1.9	0.612	4.2	-0.066	6.5	-0.047
2.0	0.577	4.3	-0.08	6.6	-0.038
2.1	0.641	4.4	-0.092	6.7	-0.028
2.2	0.505	4.5	-0.103	6.8	-0.019

ГЕНЕРАТОР ГЗ-14А



1 – клистронный блок, 2 – волномер, 3 – термистор, 4 – аттенюаторы,
5 – модулятор, 6 – блок питания, 7 – индикаторный прибор,
8 – переключатель.

Рис. П 1.1 – Структурная схема генератора ГЗ-14А

Генератор сигналов ГЗ-14А является источником высокочастотных сигналов, калиброванных по частоте и уровню, предназначенный для различных радиотехнических измерений в лабораторных условиях.

Технические данные генератора

1. Рабочий диапазон частот 7500 – 10400 МГц покрывается двумя клистроном К30 (7500 – 9100 МГц) и К29 (8600 – 10400 МГц).

2. Уровень выходной калиброванной мощности 10^{-4} – 10^{-10} Вт, уровень выходной некалиброванной мощности не менее 5 мВт.

3. Генератор может работать в режиме непрерывных и модулированных колебаний; внутренняя модуляция осуществляется симметричными прямоугольными импульсами (меандром) с частотой следования 1 кГц.

Назначение ручек управления

ЧАСТОТА – механическая перестройка частоты клистронов, за счёт изменения объёма резонаторов, являющихся колебательными контурами;

КОРРЕКЦИЯ – настройка на максимум выходной мощности посредством перемещения коротко-замыкающих поршней в волноводах, возбуждаемых клистроном;

ДИАПАЗОН – механическое переключение выходного тракта к одному из клистронов;

НАЧАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ (больше/меньше) – регулировка мощности аттенюатором на входе калиброванных АТТЕНЮАТОРОВ ВЫХОДА;

ОТРАЖАТЕЛЬ – изменение напряжения на отражателях клистронов для настройки на максимальную мощность;

ВОЛНОМЕР – механическая перестройка частоты внутреннего волномера;

ТЕРМИСТОР/ВОЛНОМЕР – переключатель стрелочного прибора из цепи индикации мощности в цепь волномера;

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВОЛНОМЕРА – регулировка чувствительности волномера;

УСТАНОВКА НУЛЯ ГРУБО и ПЛАВНО – установка нуля стрелочного прибора при индикации мощности;

РОД РАБОТЫ – переключатель режимов работы генератора (непрерывный, с внешней модуляцией, с внутренней модуляцией);

ВЫХОД мВт/мкВт – переключатель выхода прибора с милливаттного на микроваттный калиброванный; при работе должен находиться в положении «мВт».

Кроме того, на панели расположены:

- два окна, где фиксируется положение ручки ЧАСТОТА на каждом диапазоне;
- табличка ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРА для грубого определения частоты;
- окно шкалы волномера и стрелочный индикатор для контроля уровня мощности и частоты.

Порядок работы с прибором

1. Включить прибор и дать ему прогреться не менее 5 минут.
2. Ручкой РОД РАБОТЫ установить нужный режим работы генератора.
3. По таблице ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРА и по шкале ЧАСТОТА установить ориентировочно требуемую частоту.
4. Переключить тумблер в положение ТЕРМИСТОР.
5. Вывести ручку НАЧАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ до упора вправо и установить стрелку индикатора на нуль ручками УСТАНОВКА НУЛЯ.
6. Ручку НАЧАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ повернуть влево до появления показаний индикатора и ручками ОТРАЖАТЕЛЬ и КОРРЕКЦИЯ добиться максимальной мощности по показаниям индикаторного прибора.
7. Переключить тумблер в положение ВОЛНОМЕР и установить с помощью градуировочного графика шкалу волномера на деление, соответствующее нужной частоте.
8. Ручкой ЧАСТОТА подстроить частоту генератора под частоту волномера.
9. Повторяя пп. 6 и 8, убедиться в генерации нужной частоты и максимальной мощности.
10. Ручками АТТЕНЮАТОРЫ ВЫХОДА установить достаточный уровень выходной мощности.
11. При изменении режима работы генератора возможны подстройки по частоте и на максимальную мощность.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3**УСИЛИТЕЛЬ У2-4А**

Измерительный усилитель У2-4А предназначен для усиления и измерения сигналов звуковой частоты и их отношений.

Технические данные усилителя.

1. Диапазон частот 0,15 – 20 кГц, разбит на шесть поддиапазонов.
2. Входное сопротивление прибора: при трансформаторном входе – 600 Ом, при без трансформаторном – 10 кОм.
3. Усилитель может работать на широкой полосе пропускания (0,15 – 20 кГц) и в пределах узкой полосы каждого из поддиапазонов.
4. Чувствительность усилителя при широкой полосе не ниже 10 мкВ, при узкой полосе не ниже 1 мкВ.
5. Усилитель измеряет отношение напряжений в диапазоне от 0,0001 до 0,1 с погрешностью $\pm 3\%$ и в диапазоне от 0,1 до 1 с погрешностью $\pm 2\%$.

Назначение ручек управления.

ОТНОШЕНИЕ – делитель входного напряжения, объединяющий 4 ручки, служит для деления измеряемого напряжения в заданном отношении. В положении «К» проводится калибровка усиления;

ДИАПАЗОН ЧАСТОТ кHz – переключает прибор на широкую или одну из узких полос пропускания;

ЧАСТОТА ПЛАВНО кHz – настройка прибора на частоту в режиме узкой полосы пропускания;

УСИЛЕНИЕ – плавная регулировка коэффициента усиления;

ИЗБИРАТЕЛЬНОСТЬ – изменение избирательности при узкой полосе пропускания;

ИЗМЕРЕНИЕ/КАЛИБРОВКА – переключение стрелочного индикатора с режима измерения на режим калибровки.

Особенности применения прибора.

Усилитель У2-4А может использоваться для измерения:

- абсолютного значения входного напряжения в микровольтах (усилитель содержит внутренний калибровочный генератор);
- отношения напряжений с помощью прецизионного входного делителя;
- измерения относительной величины входного напряжения, с использованием стрелочного прибора и переключателей ОТНОШЕНИЕ (одна или две ручки слева).

При измерении диаграмм направленности следует использовать третий пункт по следующим причинам:

- ДН характеризует относительное изменение величины поля;

- точность стрелочного прибора при этом вполне достаточна, поскольку погрешность при измерении ДН обусловлена как отражениями от местных предметов, так и тем, что точная характеристика детектора неизвестна и принимается квадратичной.

Порядок работы с прибором при измерении ДН антенн.

1. Включить усилитель и дать ему прогреться не менее 5 минут. Выходную мощность генератора максимально уменьшить аттенюаторами выхода.
2. Установить узкую полосу пропускания усилителя на частоте 1 кГц.
3. Ручки ОТНОШЕНИЕ поставить в положения максимальной чувствительности: 1 (10 кΩ), 9, 9, 10.
4. Ручку УСИЛЕНИЕ поставить в такое положение, чтобы при отсутствии сигнала показания прибора за счет собственного шума не превышали 10 делений шкалы. При измерениях показания ниже этого уровня следует принимать за нуль.
5. Установить на генераторе режим внутренней модуляции и, увеличивая выходную мощность, установить её такой, чтобы в направлении максимума ДН показания прибора находились во второй половине шкалы при положении ручки ОТНОШЕНИЕ $\times 10^{-2}$. Это означает, что показания прибора следует умножать на 100. При уменьшении сигнала при повороте антенны следует перейти на более чувствительные шкалы ручками ОТНОШЕНИЕ $\times 10^{-1}$ и 1.
6. Для увеличения уровня сигнала перед измерениями следует подстроить частоту настройки усилителя и коротко-замыкающий поршень детекторной секции.