

Лабораторная работа 1.

ВИБРАТОРНЫЕ АНТЕННЫ

Целью работы является изучение характеристик вибраторных антенн. Указанные антенны являются наиболее распространенными простыми излучателями, которые используются как самостоятельные слабонаправленные антенны и как составные элементы сложных излучающих систем.

1.1. Описание макетов и методика эксперимента

В лабораторной работе исследуются диаграммы направленности (ДН) и поляризационные диаграммы [П] ряда модификаций вибраторных антенн (рис. 1.1). Исследование проводится в безэховой камере универсального измерительного стенда. Каждый макет, изображенный на рис. 1.1, представляет собой собственно антенну, укрепленную на вертикальной штанге 1, выполняющей одновременно роль коаксиальной линии питания; вертикальную цилиндрическую часть 2, заключающую в себе детекторную секцию; опорную площадку 3 с низкочастотным разъемом, с помощью которой устройство устанавливается на поворотном столе измерительного стенда. Рассмотрим макеты исследуемых антенн.

Антенна, изображенная на рис. 1.1, а, - симметричный вибратор, питаемый с помощью коаксиальной линии и четвертьволнового щелевого симметрирующего устройства. Ненормированная ДН тонкой симметричной вибраторной антенны в любой меридиональной плоскости (т.е. в горизонтальной плоскости в условиях установки и по отношению к рис. 1.1 ,а) определена выражением

$$f(\vartheta) = (\cos(kl \cos \vartheta) - \cos kl) / \sin \vartheta \quad (1.1)$$

Где l - длина плеча вибратора; θ - угол наблюдения в сферической системе координат, отсчитываемый от оси вибратора и изменяющийся в пределах $0-180^\circ$. Макет антенны позволяет легко производить смену плеч вибратора, что дает возможность

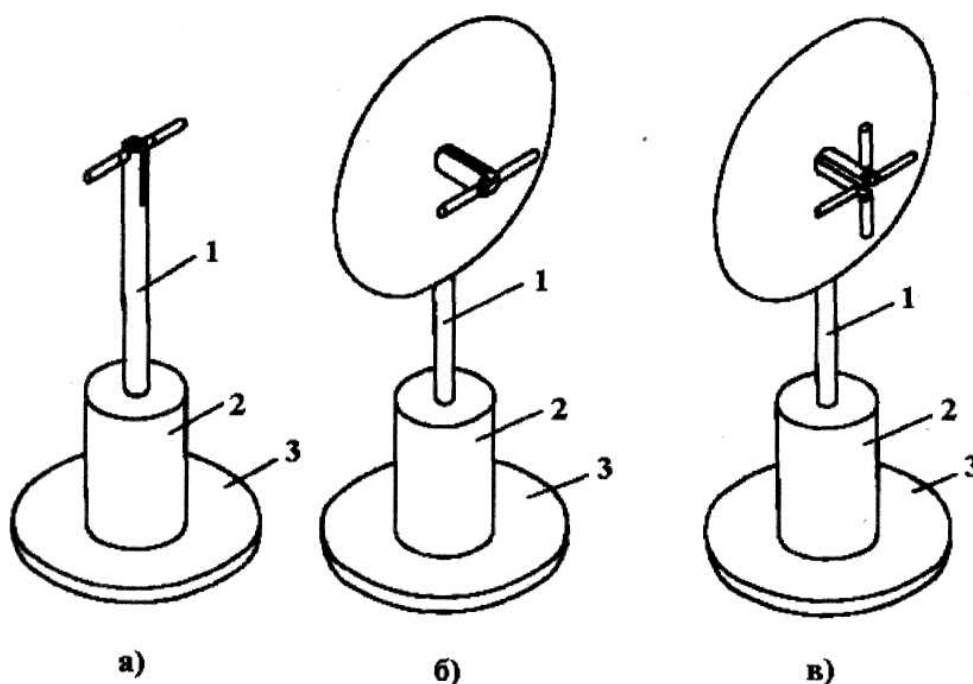


Рис.1.1 Макеты вибраторных антенн

исследовать зависимость характеристики направленности от длины плеча вибратора. Результаты эксперимента могут быть сопоставлены с результатами расчета. Поле вибраторной антенны в плоскости вектора H (т.е. в плоскости, перпендикулярной оси вибратора) при любых длинах плеча не зависит от угла φ , т.е. представляет собой окружность. Эта зависимость на лабораторной установке не может быть исследована, что обусловлено конструкцией макета.

В случае расположения симметричного вибратора вблизи какого-либо металлического тела его характеристика направленности резко изменяется. Антенна, изображенная на рис. 1.1,б, позволяет исследовать свойства вибраторной антенны, расположенной вблизи металлической плоскости, параллельно ей. Макет антенны дает возможность устанавливать вибратор горизонтально (как показано на рисунке) или вертикально путем поворота вокруг перпендикуляра к экрану. Возможна и наклонная установка.

При бесконечных размерах плоскости ее влияние может быть учтено введением зеркального изображения с током встречного направления. Таким образом, расчет диаграммы направленности исследуемой антенны приближенно может быть выполнен по формулам для решетки из двух

противофазных излучающих элементов. Формулы диаграмм направленности в плоскости вектора H и плоскости вектора E , соответственно, имеют вид:

$$f_H(\vartheta) = \sin(kh \cos \vartheta) \quad (1.2)$$

$$f_E(\vartheta) = \left\{ \left[\cos(kl \sin \vartheta) - \cos kl \right] / \cos \vartheta \right\} \sin(kh \cos \vartheta) \quad (1.3)$$

где h - высота подвеса вибратора над металлическим экраном; l - длина плеча вибратора; θ - угол наблюдения в сферической системе координат, отсчитываемый от оси решетки (от перпендикуляра к экрану) в одну или другую сторону в пределах $\theta = (0-90)^\circ$

На рис. 1.1 ,в изображена турникетная вибраторная антенна. Токи в вибраторах сдвинуты по фазе на 90° , а их амплитуды одинаковы. В результате в направлении перпендикуляра к плоскости расположения вибраторов создается поле круговой поляризации. Крест вибраторов может быть повернут относительно горизонтальной оси (перпендикуляра к экрану), а вся антенна на вращающемся столе может быть повернута вокруг вертикальной оси на любой угол. Это позволяет ориентировать антенну любом направлении в пределах передней полусферы в сторону источника и исследовать в этом направлении ее поляризационную диаграмму. Совокупность измеренных поляризационных диаграмм позволяет построить поляризационные характеристики в любых плоскостях.

При этих измерениях следует иметь в виду, что турникетный излучатель расположен над металлическим экраном, а потому, за счет влияния зеркального изображения, в плоскости экрана не излучает (в действительности излучает, но очень плохо, т.к. экран не бесконечный). Излучение в заднюю полусферу обусловлено только слабыми, затекающими на тыльную поверхность токами. В этих областях измерения проводить не следует.

1.2. Расчетное задание

1. Рассчитать диаграмму направленности симметричного вибратора в Е-плоскости. Вибратор считать тонким. Длина плеча задается для каждой бригады в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Бригады	1	2	3	4	5	6
l/λ	0.18	0.22	0.16	0.20	0.24	0.14
l/λ	0.34	0.38	0.32	0.36	0.40	0.30
l/λ	0.50	0.54	0.42	0.46	0.56	0.40
l/λ	0.60	0.62	0.58	0.56	0.62	0.50
Пло- скость	Н-плоскость			Е-плоскость		
h/λ	0.25	0.22	0.20	0.17	0.12	0.10
h/λ	0.30	0.37	0.48	0.32	0.45	0.50
h/λ	0.55	0.57	0.64	0.68	0.73	0.75
h/λ	0.65	0.67	0.71	0.73	0.80	1.00

Нормированная диаграмма направленности строится в полярной системе координат сплошной линией. Масштаб: единичная амплитуда -5см. Направление $\theta = 90^\circ$ ориентируется на бланке диаграммы вертикально вверх. Диаграмма изображается на отдельном листе.

2. Рассчитать диаграмму направленности полуволнового вибратора, расположенного на высоте h параллельно бесконечному металлическому экрану. Расчет провести для Е- и Н- плоскостей. Исходные данные для каждой бригады приведены в табл. 1.1. Нормированные диаграммы строятся в полярной системе координат в том же, как и в предыдущем пункте, масштабе сплошной линией. Направление $\theta = 0^\circ$ на бланке диаграммы ориентируется вертикально вверх. Каждая рассчитанная диаграмма изображается на отдельном листе. При выполнении расчетного задания по пунктам 1 и 2 каждый студент рассчитывает одну ДН из табл. 1.1.

3. В связи с тем, что на установке может быть выполнен весьма большой объем исследований, который заведомо не удастся выполнить в отведенное время, каждый студент бригады составляет свою наиболее интересную и содержательную программу проведения экспериментов. В качестве обязательных пунктов в программу включается измерение рассчитанных характеристик. Наилучшая программа утверждается

преподавателем для выполнения в лаборатории.

1.3. Экспериментальная часть

Требования к технике безопасности при работе на стенде

1. К работе на стенде допускаются лица, ознакомленные с программой проводимых работ и прошедшие общий инструктаж по технике безопасности в лаборатории кафедры АУ и РРВ.

2. Для исключения возможности СВЧ облучения смотровая дверка безэховой камеры имеет блокировку анодного напряжения генераторов. Категорически запрещается дотрагиваться до кнопки блокировки.

3. При любой возникшей неисправности в стенде немедленно обращаться к дежурному лаборанту либо к преподавателю. Категорически запрещается пытаться самостоятельно исправлять возникшие дефекты.

Задание к экспериментальной части

1, Измерить по точкам рассчитанные диаграммы направленности симметричного вибратора и симметричного вибратора над металлической плоскостью. Результаты эксперимента нанести в виде точек на соответствующие бланки с рассчитанными характеристиками. Точки соединяются пунктирными линиями. Бригады, выполняющие работу под руководством преподавателя, составляют два "фильма" диаграмм (в зависимости от длины вибратора и в зависимости от высоты подвеса полуволнового вибратора над экраном) и анализируют тенденцию изменения диаграмм направленности.

2. Выполняется индивидуальная программа исследований. Все измерения проводятся на длине волны $\lambda = 10\text{см}$. Поскольку ДН исследуемых антенн достаточно широкие, минимальный шаг, с которым могут проводиться измерения, - 10° . Кроме того, должны фиксироваться направления минимумов и максимумов. При обработке экспериментальных данных следует помнить, что характеристика детектора квадратичная.

1.4. Указания к составлению отчета

В день выполнения работы отчет составляется один на бригаду на листках стандартного формата. Если работа на данном занятии не завершена, каждый студент впоследствии представляет индивидуальный отчет. Титульный лист отчета должен быть стандартным, образец его вывешен в лаборатории.

Отчет должен содержать:

1. Схемы измерений;
2. Изображенные на одном листе рассчитанные и измеренные по точкам диаграммы направленности;
3. Диаграммы направленности и поляризационные диаграммы, полученные в соответствии с индивидуальной программой;
4. Анализ каждого отдельного исследования (оценка ширины лепестка, ориентация лепестка, уровень боковых лепестков, заднее излучение, коэффициент эллиптичности и пр.) и обстоятельные выводы по исследованным процессам.

При составлении выводов, которые записываются в конце отчета, необходимо иметь в виду, что именно по этому материалу преподаватель судит о глубине усвоения студентами существа исследуемого предмета.

1.5. Контрольные вопросы

1. Что такое входное сопротивление или входная проводимость антенны?
3. Нарисуйте и объясните зависимость входного сопротивления симметричного вибратора от l/λ (l - длина плеча вибратора) при различных значениях волнового сопротивления вибратора.
4. В чем заключается сущность метода эквивалентных схем, используемого для нахождения входного сопротивления симметричного вибратора?
5. Как зависит волновое и входное сопротивления вибратора от его диаметра? Как сказывается изменение диаметра на широкополосности вибраторной антенны?

6. Изобразите эскиз симметрирующего устройства, использованного в антеннах данной лабораторной работы.

7. Изобразите диаграмму направленности полуволнового (волнового, двухволнового) вибратора в характерных плоскостях.

8. Какие величины КНД характерны для симметричной вибраторной антенны?

9. Какие схемы измерения диаграммы направленности вам известны?

10. Какой вид имеет фазовая характеристика симметричной вибраторной антенны?

11. Имеет ли симметричный вибратор фазовый центр и если да, то в какой точке он расположен?

12. Изменится ли диаграмма направленности симметричного вибратора, если его расположить параллельно бесконечной металлической плоскости вблизи нее?

13. Что такое поляризационная диаграмма? Изобразите поляризационную диаграмму симметричного вибратора (полуволнового вибратора над плоскостью, щелевой антенны в экране бесконечных размеров, турникетной антенны в характерных направлениях, директорной антенны).

14. Какова техника измерения поляризационной диаграммы? Каковы тенденции изменения диаграммы направленности полуволновой щелевой антенны при ограничении размеров экрана?

ЛИТЕРАТУРА

1. Дупленков Д.А., Попереченко Б.А., Серегина А.Р. Методы формирования поля излучения. М.: Моск. энерг. ин-т, 1977. С 18-40, 45-48, 57- 66

2. Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. М.: Энергия, 1975. С 45-47, 61-67, 78-81, 82-88, 347-351, 335-340.

3. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. М.: Высшая школа, 1988. С. 251-253, 228-231, 232-235, 235-239, 253-257, 247-250