

Государственный комитет РСФСР
по делам науки и высшей школы
Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П. Королёва

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ
С ОПТИМАЛЬНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Методические указания
к лабораторной работе

Составитель И.Л.К а л а ш н и к

УДК 621.376.5

Исследование антенной решетки с оптимальной диаграммой направленности: Метод. указания к лаб. работе / Сачар. авиационн.-т. ; Сост. И.Л.Калашник. Самара, 1991. 20 с.

излагается методика теоретического и экспериментального исследования направленных волноводов, уровня бокового излучения и поляризационных характеристик линейной антенной решетки, состоящей из различного количества излучателей, выполненных в виде двухходовых спиралей Архимеда.

Методические указания предназначены для студентов радиотехнического факультета специальности 2301. Составлены на филиале кафедры "Радиотехнические устройства".

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензент А.С.М о р о з о в

Лабораторная работа

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ОПТИМАЛЬНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Цель работы - изучить принцип действия и конструкцию антенной решетки (АР), исследовать ее направленные свойства: ширину диаграммы направленности (ДН), уровень боковых лепестков (УБЛ) и отклонение максимума диаграммы направленности (дн) от нормали к линии расположения излучателей.

1. Расчетная часть

При подготовке к лабораторному занятию необходимо изучать соответствующие разделы лекций, материалы, изложенные в работах [1-7], и настоящие методические указания, выполнить предлагаемое домашнее задание.

1.1. Диаграмма направленности АР, описываемая полиномом Чебышева

Оптимальными диаграммами принято называть диаграммы, наилучшим образом удовлетворяющие заданным требованиям. К антеннам с оптимальной ДН относятся антенны, ДН которых имеют наименьший уровень боковых лепестков при заданной ширине главного максимума и, наоборот, наименьшую ширину главного максимума при заданном уровне боковых лепестков.

Такие антенны называют дольф-чебышевскими оптимальными антеннами. Это название они получили от автора по фамилии Дольф, который впервые решил задачу синтеза оптимальной антенны, используя математический аппарат полиномов Чебышева.

Антенна с оптимальной ДН представляет собой линейную или двух-
 мерную решетку излучателей, размещенных на одинаковом расстоянии
 друг от друга со специальным амплитудным распределением тока вдоль
 антенны. Если все излучатели возбуждаются в фазе, то луч направлен
 по нормали к плоскости раскрытия антенны. Если задать постоянный
 сдвиг фаз между излучателями, то луч можно отклонить на необходимый
 угол.

Для того, чтобы ДН антенны обладала указанными оптимальными
 свойствами, необходимо, чтобы она описывалась полиномом Чебышева.

Полиномами Чебышева называют полиномы вида

$$\begin{aligned} T_m(x) &= \cos(m \arccos x) \quad \text{при } |x| \leq 1, \\ T_m(x) &= \cosh(m \operatorname{arccosh} x) \quad \text{при } |x| > 1, \end{aligned} \quad (1)$$

где x - аргумент полинома; m - порядок полинома, определяе-
 мый высшей степенью переменной x .

Заменив косинус кратного аргумента степенным рядом, получим
 формулы для полиномов Чебышева в виде многочленов:

при $m = 2N$ - четном

$$T_{2N}(x) = \sum_{p=0}^N B_{2p}^{2N} x^{2p}, \quad (2)$$

при $m = 2N - 1$ - нечетном

$$T_{2N-1}(x) = \sum_{p=1}^N B_{2p-1}^{2N-1} x^{2p-1}.$$

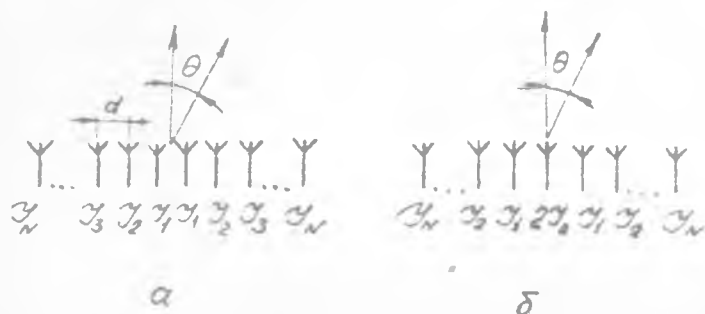
В формулах (2) коэффициенты B_p^a - коэффициенты полинома Че-
 бышева порядка a при B степени переменной x . Эти коэффи-
 циенты вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} B_{2p}^{2N} &= \frac{(-1)^{N-p} 2^{2p-1} 2N(N+p-1)!}{(2p)!(N-p)!}, \\ B_{2p-1}^{2N-1} &= \frac{(-1)^{N-p} 2^{2p-2} (2N-1)(N+p-2)!}{(2p-1)!(N-p)!}. \end{aligned} \quad (3)$$

Первые восемь полиномов Чебышева записываются формулами

$$\begin{aligned}
 T_0(x) &= 1, \\
 T_1(x) &= x, \\
 T_2(x) &= 2x^2 - 1, \\
 T_3(x) &= 4x^3 - 3x, \\
 T_4(x) &= 8x^4 - 8x^3 + 1, \\
 T_5(x) &= 16x^5 - 20x^3 + 5x, \\
 T_6(x) &= 32x^6 - 48x^4 + 18x^2 - 1, \\
 T_7(x) &= 64x^7 - 112x^5 + 56x^3 - 7x, \\
 T_8(x) &= 128x^8 - 256x^6 + 160x^4 - 32x^2 + 1.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

На рис. 1, а изображена схема линейной антенны с четным числом излучателей $2N$, на рис. 1, б - с нечетным числом $2N + 1$.



Р и с. 1. Расположение и нумерация излучателей в решетке

При синфазном питании излучателей луч направлен по нормали к линии расположения излучателей ($\theta = 0$). Диаграмма направленности сложной антенны определяется произведением двух множителей: диаграммы одного элемента $F_1(\theta)$ на множитель решетки $F_N(\theta)$:

$$F(\theta) = F_1(\theta) F_n(\theta). \quad (5)$$

Диаграмма одного элемента практически всегда широкая, поэтому диаграмма направленности системы в основном определяется множителем решетки.

Если луч направлен по нормали ($\theta = 0$), то расстояние между излучателями d должно выдерживаться из условия

$$\frac{\lambda}{2} \ll d \ll \lambda.$$

Выполнение неравенства $d \ll \lambda$ необходимо для того, чтобы диаграмма направленности имела один максимум. Неравенство $\frac{\lambda}{2} \ll d$ присуще именно оптимальной антенне. При $d < \frac{\lambda}{2}$ распределение тока в антенне существенно возмущается. Токи в излучателях становятся большими по амплитуде и знакопеременными по фазе, и при значительном уменьшении расстояния d по сравнению с λ можно получить сверхнаправленную антенну.

Полином Чебышева имеет вид диаграммы направленности при переменной

$$x = \cos \frac{k d \sin \theta}{2}, \quad (7)$$

где $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - коэффициент фазы, d - расстояние между излучателями, θ - угол направления максимума луча. Тогда множитель решетки запишется:

при четном числе излучателей $2N$

$$F_n(\theta) = T_{2N-1}(ax) = T_{2N-1}\left(a \cos \frac{k d \sin \theta}{2}\right); \quad (8)$$

при нечетном числе излучателей $2N+1$

$$F_n(\theta) = T_{2N}(ax) = T_{2N}\left(a \cos \frac{k d \sin \theta}{2}\right). \quad (9)$$

Наивысшая степень полинома m всегда на единицу меньше числа излучателей.

Нормируем диаграмму направленности. Тогда уровень боковых лепестков будет

$$\varphi = \frac{1}{T_m(a)} \quad (10)$$

В децибелах уровень боковых лепестков запишется

$$\varphi_{дБ} = -20 \lg T_m(a).$$

Положение нулей диаграммы можно найти из выражения

$$\cos\left(\frac{\pi d \sin \theta_{0\rho}}{\lambda}\right) = \frac{1}{a} \cos\left(\frac{2\rho-1}{2m} \pi\right). \quad (11)$$

Положение максимумов боковых лепестков определяется по формуле

$$\cos\left(\frac{\pi d \sin \theta_{m\rho}}{\lambda}\right) = \frac{1}{a} \cos \frac{\rho\pi}{m}, \quad (12)$$

где ρ - порядковый номер нуля или максимума.

Половина ширины главного лепестка на нулевом уровне получится из (11), если положить $\rho = 1$:

$$\cos\left(\frac{\pi d \sin \theta_0}{\lambda}\right) = \frac{1}{a} \cos \frac{\pi}{2m}, \quad (13)$$

где θ_0 - половина ширины луча на нулевом уровне.

Ширину диаграммы направленности на уровне половинной мощности можно определить по одной из формул:

$$2\theta_{0,5} = 2 \arcsin \left\{ \frac{\lambda}{\pi d} \arccos \left[\frac{1}{a} \operatorname{ch} \left(\frac{1}{m} \operatorname{arctch} \frac{1}{\sqrt{2a}} \right) \right] \right\}, \quad (14)$$

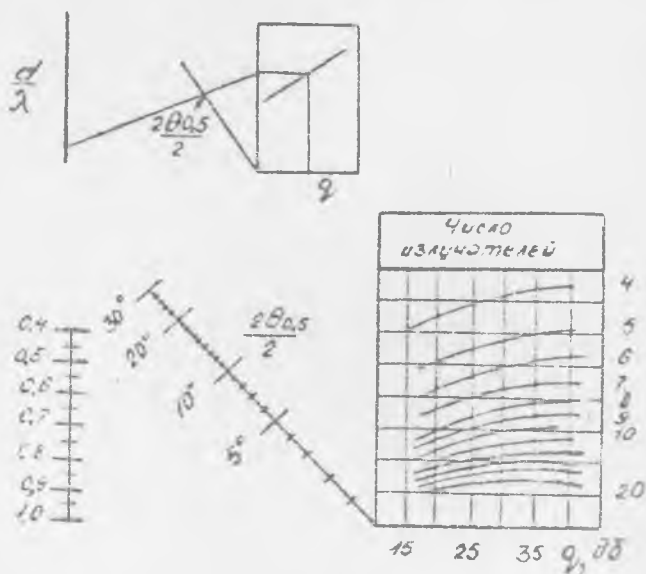
$$2\theta_{0,5} = 2 \arcsin \left(\frac{\lambda}{\pi d} \sqrt{0,36 + 1,39 \ln \frac{1}{a} + a^2 \frac{\ln \frac{1}{a}}{2}} \right) \quad (15)$$

или при $2\theta_{0,5} < 12^\circ$

$$2\theta_{0,5} = \frac{0,6362}{L} \sqrt{0,36 + 0,693 \ln \frac{1}{q} - \frac{q^2}{2} \ln \frac{1}{q}}, \quad (16)$$

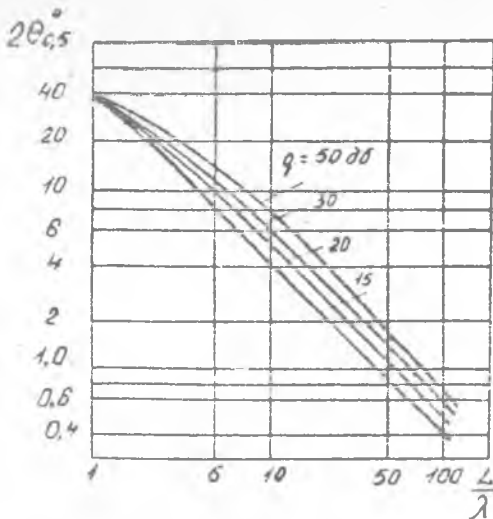
где L - длина антенны.

Для облегчения расчетов по формуле (14) на рис. 2 приведена номограмма, связывающая между собой половину ширины дуга на уровне половинной мощности, расстояние между излучателями и уровень боковых лепестков [2].



Р и с. 2. Номограмма

На рис. 3 приведены зависимости ширины диаграммы направленности на уровне половинной мощности от длины антенны при различных уровнях боковых лепестков, рассчитанные по формуле (15). Из рисунка видно, что с уменьшением уровня боковых лепестков расширяется главный максимум и чем длиннее антенна, тем больше это расширение.



Р и с. 3. Зависимость $\theta_{0,5}$ от длины волны

Важным параметром антенны с оптимальной диаграммой является параметр α . Из формул (I0) и (II) следует, что при известном числе излучателей: (степени полинома m) α определяет уровень боковых лепестков и ширину луча. Если задан уровень боковых лепестков q , то параметр α определяется по одной из следующих формул:

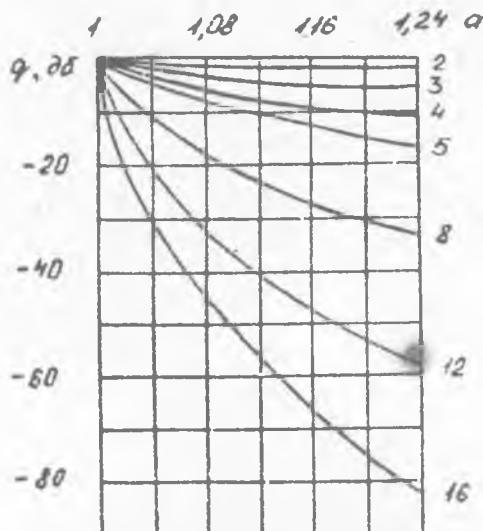
$$\alpha = ch \left(\frac{1}{m} \operatorname{arsh} \frac{1}{q} \right), \quad (17)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{1}{q} + \sqrt{\frac{1}{q^2} - 1} \right)^{\frac{1}{m}} + \left(\frac{1}{q} - \sqrt{\frac{1}{q^2} - 1} \right)^{\frac{1}{m}} \right]. \quad (18)$$

При большом числе излучателей и большой величине $\frac{1}{q}$ справедливо приближенное равенство

$$\alpha \approx \left(\frac{2}{q} \right)^{\frac{1}{m}} + \left(\frac{2}{q} \right)^{-\frac{1}{m}}. \quad (19)$$

На рис. 4 показаны зависимости уровня боковых лепестков от параметра α при различном числе излучателей, рассчитанные по формуле (17). Из рисунка следует, что чем больше α , тем меньше уровень боковых лепестков.



Р и с. 4. Зависимость уровня боковых лепестков от параметра α при различном числе излучателей

Если задана θ на нулевом уровне, параметр α определяется формулой

$$\alpha = \frac{\cos \frac{\pi}{2m}}{\cos \left(\frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \right)} \quad (20)$$

Токи в излучателях вычисляются по формулам:
при четном числе излучателей $2N$

$$I_n = \sum_{p=0}^N (-1)^{N-p} \alpha^{2p-1} \frac{(2N-1)(p+N-2)!}{(p-n)!(p+n-1)!(N-p)!}; \quad (21)$$

при нечетном числе излучателей $2N + 1$

$$C_n = \sum_{p=n}^N (-1)^{n-p} \frac{a^{2p} 2N(p+N-1)!}{(p+n)!(p-n)!(N-p)!} \quad (22)$$

Формулы (21), (22) удобны для расчета на ЭВМ.

1.2. Методика расчета антенны с оптимальной диаграммой.

Антенна, излучающая по нормали к линии расположения излучателей

Формулами (10), (13), (14) устанавливается однозначная связь между степенью полинома Чебышева m , которая на единицу меньше числа излучателей, уровнем боковых лепестков и ШДН.

Вариант 1. задано число излучателей и ширина ДН на нулевом уровне.

Расчет антенны начинается с определения степени полинома m , которая на единицу меньше числа излучателей.

далее необходимо выбрать расстояние между излучателями d исходя из неравенства $\frac{\lambda}{2} < d < \lambda$. При любом d в этих пределах сохраняются оптимальные соотношения между шириной главного максимума и уровнем боковых лепестков.

1. По формуле (13) определяется параметр a . В этой формуле θ_0 - половина ширины луча на нулевом уровне. Вычисление величины a должно производиться с точностью до четырех значащих цифр.

2. По формуле (10) определяется уровень боковых лепестков φ . $T_m(a)$ вычисляется из формулы (4) или берется из таблиц [2].

3. По одной из формул (14) - (16) ведется расчет ширины диаграммы направленности на уровне 0,5 мощности. В нашем случае расчет ведется по формуле (16).

4. По формулам (21), (22) рассчитываются токи в излучателях.

5. По формулам (5), (8), (9) рассчитывается диаграмма направленности антенны. По формулам (8), (9) следует рассчитать лишь главный лепесток. Боковые лепестки можно строить приближенно, определив положение нулей (11) и максимумов (12).

При задании ширины луча не на нулевом уровне, а на уровне половинной мощности параметр φ определяется из номограммы рис. 2.

Вариант 2. задано число излучателей и уровень боковых лепестков φ .

Степень полинома n и расстояние между излучателями выбираются аналогично варианту I.

По формулам (17), (18), (19) определяется параметр α . Ширина дН на нулевом уровне определяется по формуле (13). Дальнейший расчет ведется по варианту I, пп.3-5.

I.3. Методика расчета антенны, излучающей под углом $\theta_{2\pi}$ от нормали к линии расположения излучателей

Если в антенне с оптимальной диаграммой создать линейный фазовый набег вдоль антенны, то луч отклонится от нормали. Оптимальные соотношения между шириной диаграммы направленности и уровнем боковых лепестков сохраняются при выполнении условия $\alpha \geq \frac{\pi}{2}$. Для отклонения луча на угол $\theta_{2\pi}$ необходимый фазовый сдвиг фаз токов в соседних излучателях определяется из соотношения

$$\sin \theta_{2\pi} = \frac{\Delta\psi}{kd}. \quad (23)$$

Чтобы не появился второй максимум в диаграмме, на расстояние d накладывается дополнительное условие

$$\frac{d}{\lambda} < \frac{1}{1 + \sin \theta_{2\pi}}. \quad (24)$$

Расчет оптимальной антенны с отклоненным на угол $\theta_{2\pi}$ лучом производится по формуле (5), в которой множитель решетки определяется при четном числе излучателей $2N$ формулой

$$F_N(\theta) = T_{2N-1} \left\{ \alpha \cos \left[\frac{kd}{2} (\sin \theta - \sin \theta_{2\pi}) \right] \right\}, \quad (25)$$

при нечетном числе излучателей $2N + 1$ формулой

$$F_N(\theta) = 2T_{2N} \left\{ \alpha \cos \left[\frac{kd}{2} (\sin \theta - \sin \theta_{2\pi}) \right] \right\}. \quad (26)$$

Положение нулей диаграммы находятся из выражения

$$\cos \left[\frac{\pi d}{2} (\sin \theta - \sin \theta_{2\pi}) \right] = \frac{1}{\alpha} \cos \left(\frac{2p-1}{2n} \pi \right). \quad (27)$$

Половина ширины главного лепестка на нулевом уровне получится из (27), если положить $\rho = 1$:

$$\cos \left[\frac{\pi d}{\lambda} (\sin \theta - \sin \theta_{2A}) \right] = \frac{1}{a} \cos \frac{\pi}{2m} \quad (28)$$

Ширина отклоненной диаграммы направленности на уровне половинной мощности определяется по формулам

$$\begin{aligned} 2\theta_{0,52A} &= \theta_2 - \theta_1, \\ \sin \theta_2 &= \sin \theta_{2A} + \sin \theta_{0,5}, \\ \sin \theta_1 &= \sin \theta_{2A} - \sin \theta_{0,5}. \end{aligned} \quad (30)$$

Здесь $\theta_{0,5}$ - половина ширины нестиснутого луча.

Антенна с оптимальной диаграммой представляет собой решетку отдельных излучателей: вибраторов, открытых концов волноводов, малых рупоров, цилиндрических спиралей, плоских спиралей и т.д.

Случайные амплитудные и фазовые ошибки искажают диаграмму направленности и, в первую очередь, увеличивают уровень боковых лепестков. В результате снижается к.н.д. антенны. Уменьшение к.н.д. под влиянием случайных ошибок в фазе и амплитуде токов излучателей можно оценить из соотношения

$$\frac{D}{D_0} \approx \frac{1}{1 + \left(\frac{3}{4} \pi\right) \left(\frac{d}{\lambda}\right)^2 (\delta J^2 + \delta \psi^2)}, \quad (31)$$

где D_0 - к.н.д. антенны без ошибок; $\delta J, \delta \psi$ - среднеквадратические амплитудная и фазовая ошибки соответственно.

1.4. Домашнее задание

Рассчитать и исследовать линейную решетку, имеющую соответственно 2, 4, 6, 8 излучателей. Излучатели представляют собой плоские арифметические спирали с постоянным шагом (спирали Архимеда).

В таблице для каждой бригады приведены число излучателей в антенной решетке и частоты, на которых необходимо производить расчеты.

Номер бригады	I	2	3	4
Количество излучателей	2	4	6	8
f ср, ГГц	5,8	6	6,2	6,4
Расстояние между излучателями, d	0,55 $\lambda_{ср}$	0,6 $\lambda_{ср}$	0,7 $\lambda_{ср}$	0,8 $\lambda_{ср}$

1. Исходя из работ [6,7], по нижеприведенным формулам рассчитать диаграмму направленности плоских спиралей:

$$F_{\theta n}(\theta) \approx \cos \theta J_n(k a_n \sin \theta) / k a_n \sin \theta f_3(\theta), \quad (32)$$

$$F_{\theta n}(\theta) \approx J_n'(k a_n \sin \theta) f_3(\theta), \quad (33)$$

где $k a_n \approx n \cos \alpha$ - электрический периметр активной области рабочей волны T_n ; $J_n(x), J_n'(x)$ - функция Бесселя n -го порядка и ее производная по аргументу; $f_3(\theta) = \sin(k h \cos \theta)$ - множитель диаграммы направленности, учитывающий расстояние h от плоскости спирали до экрана. Расчет проводить для режима T_1 .

2. Рассчитать коэффициент поляризации

$$p_n(\theta) \approx \cos \theta J_n(k a_n \sin \theta) / k a_n \sin \theta J_n'(k a_n \sin \theta), \quad (34)$$

результаты сравнить с экспериментом.

3. Рассчитать минимальный и максимальный диаметр спирали Архимеда, исходя из коэффициента перекрытия по частоте $K = 2$ по следующим формулам:

$$\frac{\pi D_{\min}}{\lambda_{\min}} \geq 1, \quad (35)$$

т.е., когда наименьший виток спирали равен или немного длиннее минимальной волны;

$$\frac{\pi D_{\max}}{\lambda_{\max}} = 1,5, \quad (36)$$

т.е., когда наибольший виток спирали равен (1,5...3) λ_{\max} .

4. Рассчитать количество витков спирали Архимеда, исходя из ширины проводящей плоскости $S = 0,4$ мм, расстояния между полосками $\tau = 0,4$ мм.

5. Для спиральных излучателей из таблицы определить степень полинома Чебышева m , она меньше на единицу числа излучателей.

6. По формуле (13) определить параметр a . Ответ должен содержать не менее четырех значащих цифр.

7. По формуле (10) определить уровень боковых лепестков ρ . Значение $T_m(a)$ вычисляется из выражений (4).

8. Рассчитать ширину диаграммы направленности на уровне половинной мощности по формуле (14) или по приведенным на рис. 2 номограммам.

9. По формулам (5), (8), (9), (32) рассчитать диаграмму направленности антенны и сравнить с полученной экспериментально.

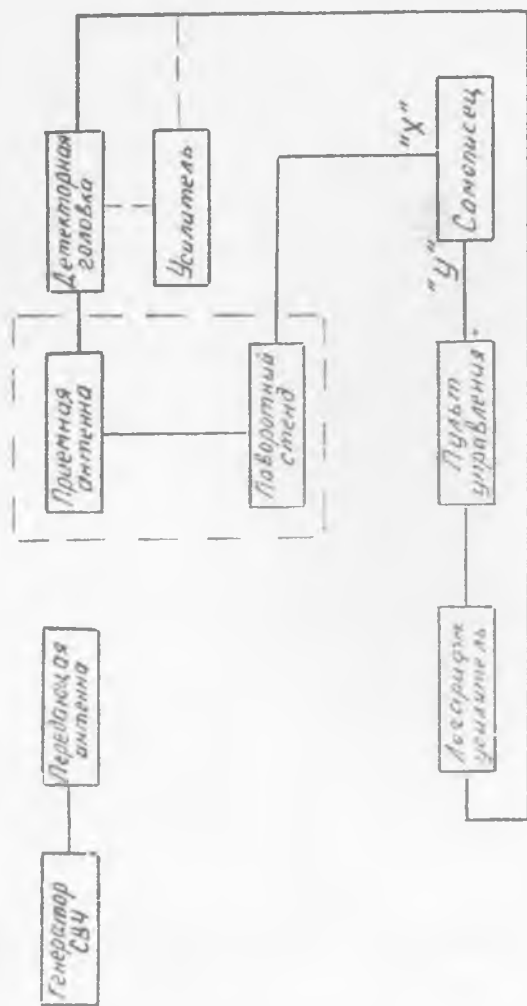
10. Исходя из формулы (23), рассчитать набег фаз в каждом излучателе для отклонения луча на угол $\theta_{2л} = 10^\circ$, определив при этом из формулы (24) дополнительные условия на $\frac{a}{\lambda}$.

11. По формулам (5), (25), (26) рассчитать диаграмму направленности оптимальной антенны с отклонением на угол $\theta_{2л}$ лучом.

2. Экспериментальная часть

2.1. Описание экспериментальной установки

Схема установки показана на рис. 5. Исследуется линейная антенная решетка в режиме приема электромагнитного поля вертикальной и горизонтальной поляризации. Высокочастотный сигнал с амплитудной манипуляцией поступает от генератора к передающей рупорной антенне по коаксиальному кабелю через коаксиально-волноводные переходы. Принятый исследуемой антенной СВЧ-сигнал детектируется детекторной головкой. Продетектированный сигнал поступает на вход логарифмического усилителя. Логарифмический усилитель преобразует импульсное (формы "меандр") или синусоидальное напряжение частотой 1 кГц в постоянное, пропорциональное логарифму входного сигнала. Сигнал с выхода логарифмического усилителя подается на вход "У" самописца. На вход "X" самописца подается сигнал с потенциометрического датчика азимута или угла места координатно-поворотного устройства, пропорциональный углу поворота испытуемой антенны. Для записи диаграммы направленности испытуемой антенны в линейном масштабе на вход линейного детектора логарифмического усилителя подается сигнал с детекторной головки, предварительно усиленный усилителем У2-4.



Р и с. 5. Схема экспериментальной установки

2.2. Порядок эксперимента

1. Включить измерительную установку.
2. Установить на генераторе СВЧ частоту, указанную в домашнем задании для каждой бригады.
3. Установить исследуемую линейную антенную решетку параллельно плоскости земли на одном уровне с передающей рупорной антенной. При этом продольная ось излучающего рупора должна совпадать с серединой линейной решетки излучателей. На шкалах координатно-поворотного устройства установить углы начала отсчета при измерении. Антенны откалибровать на максимальный прием.
4. Снять диаграммы направленности антенной решетки при вертикальной и горизонтальной поляризациях излучаемого поля. Для этого рупорную антенну установить на излучение поля с вертикальной поляризацией.

на логарифмическом усилителе ручкой чувствительности устанавливается динамический диапазон записи диаграммы направленности на осциллопе в децибелльной шкале. Ручкой усиления по оси "X" самописца устанавливается масштаб записи диаграммы направленности по углам, равный $\pm 45^{\circ}$. Затем включается поворотное устройство по азимуту и записывается диаграмма направленности. После этого, не изменяя масштаба, на этом же листе миллиметровки производится запись диаграммы направленности при горизонтальной поляризации. По записанным диаграммам определяется ширина диаграммы направленности по уровню 3 дБ, уровни боковых лепестков и наклон максимума диаграммы направленности на вертикальной и горизонтальной поляризациях.

Результаты измерений сравнить с расчетными.

По результатам записи построить зависимость разности диаграмм, снятых при вертикальной и горизонтальной поляризациях от углов:

$$F(N_1 - N_2) = f(\theta).$$

5. Снять поляризационную характеристику антенной решетки в максимуме диаграммы направленности. Для этого необходимо установить передающую и приемную антенны на максимальный прием сигнала. Затем, поворачивая передающий рупор вокруг продольной оси, снять зависимость показаний индикатора измерительного усилителя от угла поворота. Произвести калибровку показаний индикатора по максимальному значению. Построить поляризационную характеристику в полярной системе координат и определять коэффициент эллиптичности антенной решетки.

3. С о д е р ж а н и е о т ч е т а

Счет по лабораторной работе должен включать:
наименование и цель работы;
краткие теоретические сведения, результаты расчета домашнего задания;
схему экспериментальной установки;
результаты экспериментального исследования (оно мляется в виде таблиц, графиков и прикладывается к отчету);
краткие выводы по каждому пункту эксперимента.

К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. Каково устройство и принцип действия антенной решетки?
2. Как рассчитывается диаграмма направленности антенной решетки?
3. Как определяется множитель решетки?
4. Из каких соображений выбирается расстояние между излучателями в антенной решетке?
5. Каким образом выбирается порядок полинома Чебышева m при расчете антенной решетки?
6. Каким образом может быть рассчитана диаграмма направленности исходя из числа излучателей?
7. Как рассчитать диаграмму направленности антенной решетки, отклоненной от нормали к линии расположения излучателей?
8. Как рассчитывается одиночный излучатель антенной решетки?
9. Чем определяется коэффициент перекрытия по частоте плоской спиральной антенны?
10. Из каких соображений выбирается ширина проводящей полоски и шаг плоской спиральной антенны?
11. Какую поляризацию поля излучает плоская спиральная антенна? Чем она определяется? Какую поляризацию излучает антенная решетка, состоящая из плоских спиралей Архимеда?
12. Каким образом снимается диаграмма направленности антенной решетки?
13. Как определяется ширина диаграммы направленности и отклонение максимума антенной решетки?
14. Как определяется поляризация излучаемого поля антенной решетки?
15. Как определяется коэффициент усиления антенной решетки?

Библиографический список

1. М а р к о в Г.Т., С а з о н о в Д.М. Антенны. М.:Энергия, 1975.
2. Антенны и устройства СВЧ. Расчет и проектирование антенных решеток и их излучающих элементов /Под ред. проф. Д.И.В о с к р е - с е н с к о г о. М.:Советское радио, 1972. С. 87-114.
3. З е л к и н В.Г. Построение излучающей системы по заданной диаграмме направленности. М.:Госэнергоиздат, 1963. С. 127-136.
4. К ю н Р. Микроволновые антенны. М.:Судостроение, 1967. С.107-114.
5. Л о к р о в с к и й В.Л. Оптимальные линейные антенны, излучающие под заданным углом к оси //Радиотехника и электроника. 1957. № 5. С. 559-565; К теории оптимальных линейных антенн //Радиотехника и электроника. 1957. №12. С. 1550-1551.
6. Сверхширокополосные антенны /пер.с англ.; под ред. Л.С.Б е - н е н с о н а. М.: Мир, 1964. С. 151-217.
7. М р ц е в О.А., Р у н о в А.В., К а з а р и н А.Н. Спиральные антенны. М.: Советское радио, 1974. С. 192-196.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ
С ОПТИМАЛЬНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Составитель К а л а ш н и к Иван Емельянович

Редактор Т.К.К р е т и н и н а
Техн.редактор Н.М.К а л е н ю к
Корректор Л.Я.Ч е г о д а е в а

Подписано в печать 15.10.91. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага оберточная белая. Печать офсетная.
Усл.печ.л. 1,2. Усл.кр.-отт. 1,3. Уч.-изд.л. 1,15.
Тираж 100 экз. Заказ № 218. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.п.Королева.
445086, Самара, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии Самарского
авиационного института. 443001, Самара,
ул. Ульяновская, 18.