

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.67

Кеда
Владимир Васильевич

Рамочные антенны с управляемой поляризацией

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-39 80 02 Радиотехника, в том числе системы и
устройства радионавигации, радиолокации и телевидения

Научный руководитель
Юрцев Олег Анатольевич
Доктор технических наук, профессор

Минск 2015

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Применение антенн с управляемой поляризацией в радиолокационной технике позволяет повысить помехозащищенность радиолокационных систем. Для расширения функциональных возможностей радиолокационных станции, особенно в диапазоне метровых волн, требуется измерение полной поляризационной матрицы рассеяния объекта, что достижимо при управляемой поляризации электромагнитной волны в режимах приема и передачи. В диапазоне метровых волн обычно для этого используются линейные вибраторы, расположенные по отношению друг друга под углом 90° и возбуждаемые по развязанным входам. Рамочные антенны превосходят вибраторные по своим диапазонным свойствам и КНД. Однако рамочные антенны с управляемой поляризацией в литературе представлены недостаточно. В настоящей работе описывается рамочная антенна с двумя сдвоенными волновыми рамками, в которой обеспечивается прием и передача на четырех линейных поляризациях.

Целью работы является выявление закономерностей во влиянии геометрических параметров антенны на её характеристики и параметры. Полученные закономерности должны облегчить поиск оптимальных геометрических параметров антенны.

Для достижения заданной цели была разработана математическая модель использующая уравнение для тока в тонких проводниках Поклингтона. Интегральное уравнение решается методом Галеркина при использовании в качестве базисных и весовых функций – импульсных функций подобластей. На основе математической модели разработана программа численного моделирования, позволяющая рассчитывать характеристики и параметры, как отдельного излучателя, так и излучателя в составе антенной решётки. Проверка адекватности математической модели проводилась путём сравнения результатов, полученных в разработанной программе с результатами, полученными в программе MMANA и результатами, полученными в ходе эксперимента. Сравнение результатов полученных с помощью разработанной программы, программы MMANA и результатов эксперимента не выявило критичных расхождений результатов, превышающих погрешность эксперимента.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью работы является выявление закономерностей во влиянии геометрических параметров антенны на её характеристики и параметры. Полученные закономерности должны облегчить поиск оптимальных геометрических параметров антенны.

Объектом исследования являются рамочная антенна с управляемой (переключаемой) поляризацией.

Предметом исследования являются параметры и характеристики указанной антенны при различных параметрах геометрии.

Для достижения заданной цели были решены следующие задачи:

1. Разработана математическая модель использующая уравнение для тока в тонких проводниках Поклингтона. Интегральное уравнение решается методом Галеркина при использовании в качестве базисных и весовых функций – импульсных функций подобластей.

2. На основе математической модели разработана программа численного моделирования, позволяющая рассчитывать характеристики и параметры, как отдельного излучателя, так и излучателя в составе антенной решётки. Проверка адекватности математической модели проводилась путём сравнения результатов, полученных в разработанной программе с результатами, полученными в программе MMANA и результатами, полученными в ходе эксперимента. Сравнение результатов полученных с помощью разработанной программы, программы MMANA и результатов эксперимента не выявило критичных расхождений результатов, превышающих погрешность эксперимента.

3. С помощью разработанной программы получены зависимости входного сопротивления от параметров геометрии антенны, исследовано влияние параметров геометрии антенны на диапазонные и направленные свойства антенны. На основании результатов моделирования решена задача оптимизации геометрических параметров антенны по минимуму КСВ, в диапазоне 150–200 МГц в фидерной линии с волновым сопротивлением 50 Ом. По результатам моделирования сделаны выводы.

Некоторые из результатов работы были опубликованы в статье [1-А].

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Работа состоит из трёх глав, введения и заключения.

В введении обосновывается актуальность темы магистерской диссертации, изложены цели, задачи и назначение работы.

Первая глава работы – обзор литературы. В ней рассмотрена литература по типам рамочных антенн и методам их численного моделирования. Кроме того в данном разделе показаны неосвещенные в литературе вопросы и исходя из них уточняются цели и задачи диссертации.

Третья глава – разработка математической модели и программы численного моделирования. В главе описана используемая в работе математическая модель и её реализация в виде программы численного моделирования, построенная на основе уравнения для тока в тонких проводниках Поклингтона. Интегральное уравнение решается методом Галеркина при использовании в качестве базисных и весовых функций – импульсных функций подобластей. Разработанная программа численного моделирования, позволяет рассчитывать характеристики и параметры, как отдельного излучателя, так и излучателя в составе антенной решётки. В этой же главе приводится проверка адекватности математической модели. Проверка проводилась путём сравнения результатов, полученных в разработанной программе с результатами, полученными в программе MMANA и результатами, полученными в ходе эксперимента. Сравнение результатов полученных с помощью разработанной программы, программы MMANA и результатов эксперимента не выявило критичных расхождений результатов, превышающих погрешность эксперимента.

Четвертая глава – результаты численного моделирования. В данной главе приводятся зависимости во влиянии параметров геометрии на параметры и характеристики антенны. Зависимости получены путём численного моделирования. На основании результатов моделирования решена задача оптимизации геометрических параметров антенны по минимуму КСВ в диапазоне 150–200 МГц в фидерной линии с волновым сопротивлением 50 Ом. По результатам моделирования сделаны выводы.

В заключении подводятся итог проведенной работы, и приведены рекомендации по практическому использованию результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над диссертацией была разработана математическая модель рамочной антенны с управляемой поляризацией использующая уравнение для тока в тонких проводниках Поклингтона. Интегральное уравнение решается методом Галеркина при использовании в качестве базисных и весовых функций – импульсных функций подобластей. На основе математической модели разработана программа численного моделирования, позволяющая рассчитывать характеристики и параметры, как отдельного излучателя, так и излучателя в составе антенной решётки. Проверка адекватности математической модели проводилась путём сравнения результатов, полученных в разработанной программе с результатами, полученными в программе MMANA и результатами, полученными в ходе эксперимента. Сравнение результатов полученных с помощью разработанной программы, программы MMANA и результатов эксперимента не выявило критичных расхождений результатов, превышающих погрешность эксперимента.

Показано, что:

– наличие согласующих элементов почти не влияет на ДН по основной поляризации, но увеличивает уровень излучения с ортогональной поляризацией;

– тем больше длина согласующего элемента и чем дальше он расположен от центра антенны, тем выше уровень кросс-поляризации, данная зависимость сохраняется и при возбуждении наклонной поляризации;

– антенна без рефлектора и согласующих элементов (при возбуждении горизонтальной поляризации) обладает активным входным сопротивлением в диапазоне 150-250 Ом и отрицательным реактивным в пределах -200 – -60 Ом, при длине стороны рамки $0.136-0.25\lambda$, минимум реактивного сопротивления (около -60 Ом) соответствует длине стороны рамки 0.181λ , максимум (около -200 Ом) соответствует длинам стороны рамки 0.136λ и 0.25λ ;

– активная и реактивная части входного сопротивления антенны при переключении поляризации с горизонтальной в наклонную возрастают примерно вдвое (при этом форма зависимостей R_{vh} и X_{vh} от параметров Y_e и L_e при горизонтальной и наклонной поляризации практически совпадают). Это означает, что оптимизация антенны работающей в указанных режимах должна производиться под входное сопротивление соответствующее горизонтальной поляризации и равное $\rho/\sqrt{2}$, где ρ – волновое сопротивление фидера;

– значение реактивной части входного сопротивления антенны почти не зависит от положения согласующего элемента и определяется в основном его длиной;

– чем длиннее согласующий элемент и чем ближе он расположен к центру антенны, тем больше понижается активная часть входного сопротивления антенны;

– максимальная ширина полосы частот (по $K_{СВ} < 2$ в фидере с волновым сопротивлением 50 Ом) получена у антенны с длинной стороны рамки $L=0.181\lambda$, минимальная у рамки с $L=0.136\lambda$; широкий рабочий диапазон, достигаемый при $L=0.181\lambda$ обусловлен более плавным изменением входного сопротивления с изменением частоты, чем у антенн с другой длинной стороны рамки;

– чем больше размер рефлектора D_e , тем шире рабочий диапазон частот антенны;

– наличие рефлектора вызывает смещение резонансной частоты антенны (частота, на которой реактивная часть входного сопротивления равна нулю) не более чем на 4.3% от резонансной частоты антенны без рефлектора;

– наличие рефлектора снижает активную часть входного сопротивления в 1.1 – 1.5 раза относительно антенны с теми же размерами без рефлектора;

– уровень боковых лепестков, ширина главного лепестка ДН и КНД оптимизированной антенны практически не зависят от частоты и возбужденной поляризации;

– возможно использование антенны в составе антенной решётки.

Приведенные в работе зависимости позволяют выбрать размеры антенны обеспечивающие минимальный КСВ в фидере с заданным волновым сопротивлением на заданной частоте.

Рекомендации по практическому использованию результатов

В случае, когда разрабатываемая антенна должна использоваться в режимах горизонтальной (вертикальной) и наклонной поляризации, в качестве требуемого входного сопротивления нужно использовать входное сопротивление, соответствующее горизонтальной поляризации и равное $\rho/\sqrt{2}$ (где ρ – волновое сопротивление фидера) либо наклонной, равное $2\rho/\sqrt{2}$.

При разработке рамочной антенны с управляемой поляризацией без рефлектора и согласующих элементов, длина стороны рамки выбирается исходя из требуемого входного сопротивления и зависимости представленной на рисунке 3.12, при этом требуемая длина стороны рамки

(в единицах длины волны λ) рассчитывается по формуле $F_0 \cdot L_x / 3 \cdot 10^8$, где: F_0 – частота на которой обеспечивается требуемое входное сопротивление, L_x – длина стороны рамки, для которой получена зависимость (рисунок 3.12). При разработке рамочной антенны с рефлектором и без согласующих элементов, аналогичным образом можно воспользоваться зависимостями на рисунке 3.13 – 3.16 полученными при фиксированных параметрах D_e и D_z (значения входного сопротивления для значений D_e и D_z отличных от приведенных можно получить путём интерполяции).

При разработке антенны без рефлектора и с согласующими элементами, по зависимостям на рисунках 3.17 – 3.28 выбираются длина стороны рамки L , положение согласующего элемента Y_e и длина согласующего элемента L_e , обеспечивающие требуемое входное сопротивление. При необходимости использования антенны в широком диапазоне частот, длина стороны рамки может быть уточнена с использованием зависимостей на рисунках 3.29 – 3.40.

При разработке антенны с рефлектором и с согласующими элементами при выборе длины стороны рамки L , положения согласующего элемента Y_e и длины согласующего элемента L_e можно воспользоваться теми же зависимостями что и для антенны без рефлектора, однако необходимо учитывать понижение входного сопротивления в среднем в 1.3 раза относительно антенны без рефлектора.

В работе приведены размеры и характеристики антенны с согласующими элементами и рефлектором, оптимизированной по максимальной полосе частот (при возбуждении горизонтальной (вертикальной) и наклонной поляризации), в которой обеспечивается $K_{СВ} < 2$ в линии с волновым сопротивлением 50 Ом.

Таким образом, полученные в работе результаты могут значительно ускорить процесс разработки антенны описанной конструкции.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Бобков, Ю.Ю. Рамочная антенна с переключаемой поляризацией/
Ю.Ю. Бобков, И.С. Садовский, О.А. Юрцев, В.В. Кеда // IV Всероссийская
научно-техническая конференция “Электроника и микроэлектроника СВЧ”:
сб. науч. тр. / Санкт–Петербург: СПбГЭТУ, 2014.

Библиотека БГУИР