

Исследование влияния кроссполяризационного излучения зеркальной антенны на точность радиополяриметрических измерений радиотеплового излучения атмосферы с осадками.

И.Н. Ростокин, Е.В. Федосеева, Е.А. Ростокина

Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВПО "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых"

E-mail: arostokina@yandex.ru

Представлена теоретическая и экспериментальная оценка влияния кроссполяризационных свойств зеркальной антенны на погрешность радиополяриметрических исследований атмосферы с осадками, для чего было проведено теоретическое исследование основных факторов влияния кроссполяризационной составляющей диаграммы направленности на параметры Стокса и экспериментально оценено влияние этих факторов на величину антенной температуры СВЧ радиометрической системы.

The theoretical and experimental estimation of influence cross polarizations properties of the mirror aerial on an error radiopolarizations researches of an atmosphere with deposits for what theoretical research of major factors of influence cross polarizations the making diagram of an orientation on parameters Stocks has been lead is submitted and influence of these factors on size is experimentally appreciated by the aerial of temperature of a microwave of radiometric system.

Введение

Поляризационная зависимость коэффициентов ослабления, излучения и рассеяния радиотеплового излучения является характерной особенностью распространения миллиметровых и сантиметровых волн в атмосфере при наличии гидрометеоров. Деформация крупных капель при падении их в воздухе приводит к зависимости ослабления от поляризации радиотеплового излучения в атмосфере с осадками.

Измерение поляризационных характеристик радиотеплового излучения гидрометеоров составляет основу дистанционного определения интенсивности осадков, параметров распределения капель дождя по размерам и параметров пространственной структуры дождя [1].

1. Влияние кроссполяризации на результаты радиополяриметрических измерений

Каждый параметр Стокса, проходя через антенну радиометрической системы, претерпевает определенные изменения. Величина этих изменений зависит от геометрии отражающей поверхности и от свойств первичного облучателя.

В раскрыве антенны помимо основной поляризации присутствует и ортогональная составляющая (кроссполяризация), которая возникает за счет поворота вектора электрического поля при отражении от зеркала антенны. Эта составляющая приводит к появлению в диаграмме направленности антенны компоненты кроссполяризации [2].

Диаграмма направленности и фаза кроссполяризационной составляющей относительно основной зависит от распределения поля кроссполяризационной составляющей в раскрыве антенны.

За счет наличия в диаграмме направленности составляющей кроссполяризации состояние поляризации выходного излучения приемной антенны (поле в фокальной плоскости) отличается от состояния поляризации излучения исследуемого объекта

или среды (плоская волна, проходящая от внешнего источника излучения), что вносит дополнительный вклад в величину антенной температуры на выходе ортогональной поляризации.

Таким образом, при проведении радиополяриметрических исследований атмосферы с осадками необходимо учитывать прирост антенной температуры, обусловленный кроссполяризационным приемом радишумового излучения на противоположных поляризациях.

2. Экспериментальное исследование влияния кроссполяризации на величину антенной температуры СВЧ радиометрической системы

Основная цель экспериментальных исследований заключается в определении величины радишумового излучения проникающего по каналу кроссполяризации, при приеме радишумового излучения на двух ортогональных поляризациях.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

- исследование кроссполяризационных ДН первичного облучателя зеркальной антенны;
- исследование кроссполяризационных ДН зеркальной осесимметричной антенны СВЧ радиополяриметрической системы.

При поляризационных измерениях антенна должна быть оснащена облучателем, который должен принимать произвольно поляризованное излучение или, иначе говоря, одновременно две ортогональные составляющие поляризации. Такими облучателями могут быть открытый конец круглого волновода или конический рупор.



Рис. 1.



Рис. 2.

В экспериментальных исследованиях использовалось осесимметричное зеркало (размеры рефлектора 900x1000 мм, $f/d = 0.5$, $\theta_{0.5} = 1.5^\circ$, $K_V = 40$ дБ, уровень кроссполяризации – 30 дБ) с опорно-поворотным механизмом (рис.1) [3], оснащенное коническим гофрированным рупором ($\theta_{0.5} = 36^\circ$, $K_V = 14$ дБ) с делителем поляризации ($\Delta f = 10.7 - 12.7$ ГГц, развязка между каналами – 25 дБ, потери -1.5 дБ) и двумя СВЧ приемниками ($\Delta f = 10.7 - 12.7$ ГГц, $K_V = 60$ дБ, $K_{III} = 0.4$ дБ) на каждую поляризацию (рис.2) [4].

При измерении кроссполяризационных ДН целесообразно применение так называемого поляризационного фильтра, устанавливаемого в раскрытие одной из антенн и

представляющего собой линейную решетку проводников или пластин. Такой фильтр радиопрозрачен только для одной линейной поляризации поля.

Подобный фильтр может представлять собой решетку из тонких проволок, расположенных на расстоянии $\lambda/8$ от поверхности зеркала. Проводники должны быть расположены так, чтобы повторять кривизну зеркала. Расстояние между проводниками устанавливается в пределах $\lambda/8 - \lambda/10$. Такая система отражает волны с вектором поляризации параллельным проводникам и поглощает электромагнитные волны с ортогональной поляризацией. Однако, для антенн с большим излучающим раскрытием конструкция такого фильтра оказывается достаточно сложной.

В ходе экспериментальных исследований было необходимо измерить диаграммы направленности основной и кроссполяризации отдельно для облучателя и для зеркальной осесимметричной антенны при приеме квазитеплого излучения полупроводникового генератора шума, имеющего определенную поляризацию.

Структурные схемы экспериментальных установок представлены на рис.3 и 4.

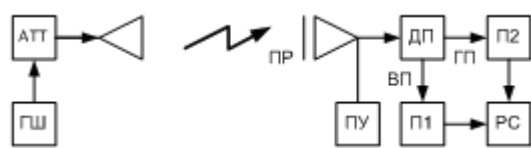


Рис. 3.

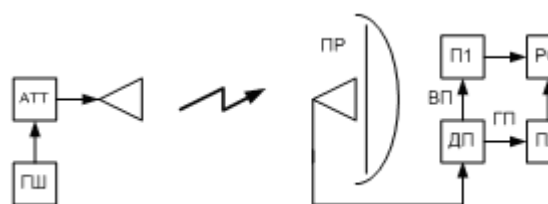


Рис. 4.

В состав установок входят следующие элементы: ГШ – генератор шума; АТТ – плавный волноводный аттенюатор; ПР - поляризационная решетка; ПУ – поворотное устройство; ДП – волноводный делитель поляризации; ВП – выход вертикальной поляризации; ГП – выход горизонтальной поляризации; П1 – СВЧ приемник вертикальной поляризации; П2 – СВЧ приемник горизонтальной поляризации; РС - персональный компьютер.

3. Результаты экспериментальных исследований

Для исследования кроссполяризационных свойств облучателя зеркальной осесимметричной антенны была изготовлена специальная поляризационная решетка (ширина проводников 2 мм, расстояние между ними 3 мм.), устанавливаемая в раскрыве гофрированного рупора и позволяющая произвольно изменять угол наклона поляризации. Поляризационная решетка представляет собой печатную плату диаметром 95 мм, выполненную на стеклотекстолите толщиной 0,35 мм.

На рис. 5 представлена ДН облучателя осесимметричной антенны, где при приеме вертикально поляризованного шумового сигнала помимо ДН в вертикальной плоскости присутствует шумовой сигнал, принимаемый по горизонтальной (кросс) поляризации ($T \approx 70K$). Уровень кроссполяризационного излучения практически постоянный во всем диапазоне углов перемещения антенны (от -90° до $+90^\circ$). Установка в раскрыве облучателя вертикально ориентированной поляризационной решетки позволяет исключить влияние сигнала, поступающего по кроссполяризации (рис.6).

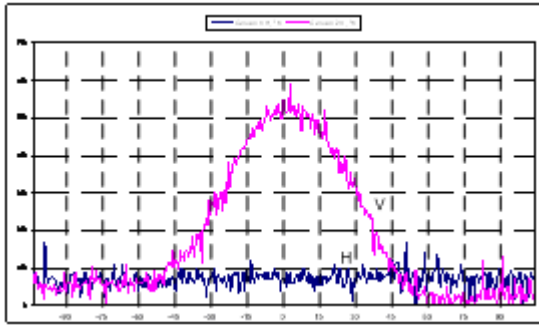


Рис. 5.

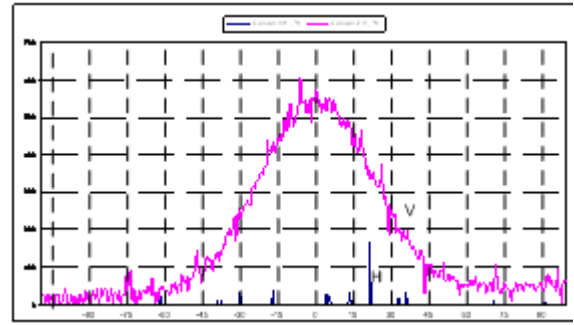


Рис. 6.

Аналогичный эффект наблюдается при изменении поляризации принимаемого шумового излучения на противоположную (горизонтальную) при соответствующей ориентации поляризационной решетки (рис.7 и 8).

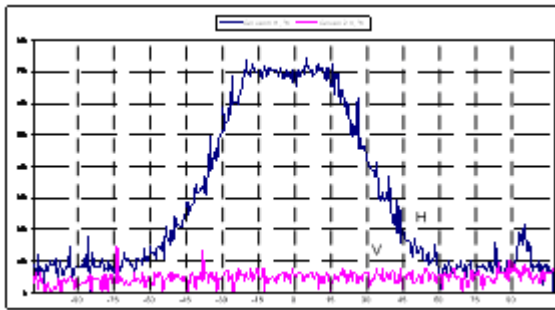


Рис. 7.

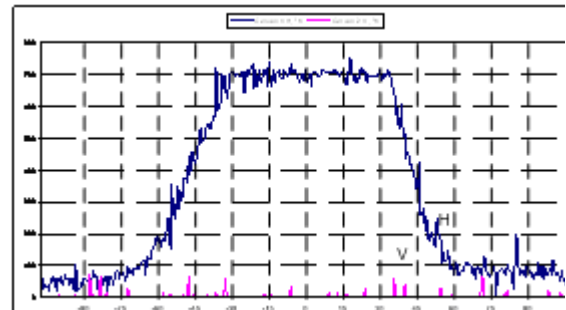


Рис. 8.

Исследование ДН зеркальной осесимметричной антенны (рис.1) осуществлялось при приеме квазитеплого излучения полупроводникового генератора шума, оснащенного пирамидальным рупором и расположенного на мачте высотой 10 м на расстоянии 20 м от исследуемой антенны. Прием происходил на фоне ясного зимнего неба при температуре окружающего воздуха -10°C .

На рис. 9 представлены ДН осесимметричной антенны в вертикальной плоскости и кроссполяризационная ДН при приеме вертикально поляризованного шумового сигнала. Измерения показывают, что на фоне излучения главного лепестка ДН в вертикальной плоскости присутствует излучение ($T \approx 100\text{K}$), принимаемое по каналу горизонтальной поляризации, обусловленное эффектом кроссполяризации.

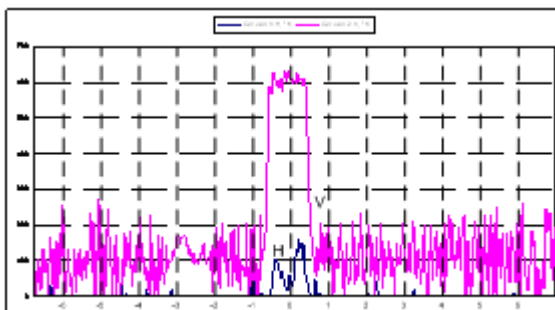


Рис. 9.

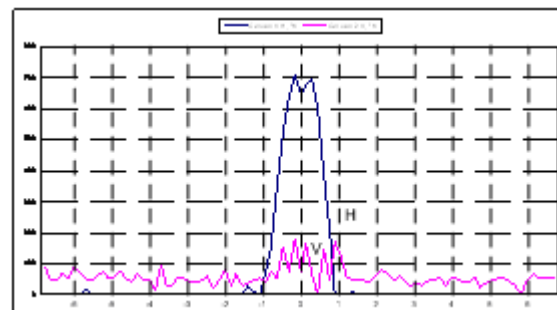


Рис. 10.

При измерении ДН в горизонтальной плоскости (рис.10) наблюдается аналогичное явление кроссполяризационного излучения. В данном случае наличие кроссполяриза-

ционного излучения наблюдается не во всем диапазоне углов перемещения антенны, а только в области главного лепестка ДН (от -1° до $+1^\circ$).

Выводы и перспективы

Результаты проведенных исследований подтверждают, что одним из важных факторов, влияющих на погрешность СВЧ радиополяриметрических измерений, является кроссполяризационное излучение, принимаемое по каналу ортогональной поляризации СВЧ радиометра и обусловленное поворотом вектора электрического поля при отражении от зеркала антенны.

Экспериментально установлено наличие кроссполяризационного приема отдельно для облучателя антенны и для всей осесимметричной антенны, величина этого излучения в данных экспериментах составила 70 – 100К.

Перспективы развития СВЧ радиометрических исследований поляризационных характеристик радиотеплового излучения атмосферы при наличии гидрометеоров связаны с необходимостью учета и компенсации кроссполяризационного излучения, поскольку его наличие вносит значительную погрешность при определении параметров Стокса радиотеплового излучения.

Литература

1. Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А. Поляризация радиоволн. Кн. 3. Радиополяриметрия сложных по структуре сигналов. – М.: Радиотехника, 2008. – 688 с.: ил.
2. Есепкина Н.А., Корольков Д.В., Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры. - М.: Наука, 1973. - 416 с.
3. Федосеева Е.В., Ростокин И.Н., Ечин П.А. Метод относительной калибровки радиометрической системы по локальному источнику шумовой температуры. Вопросы радиоэлектроники. Серия общетехническая (ОТ). Выпуск 1, 2010, С.139-144.
4. Ростокин И.Н., Федосеева Е.В., Росточкина Е.А., Щукин Г.Г. Анализ возможности применения СВЧ - конверторов в задачах радиополяриметрических исследований природных сред. Методы и устройства передачи и обработки информации: Выпуск 13, 2011, С.48-51.