

УДК 539.216:546.824-31

ОЦЕНКА КОНТРАСТА КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛЛИПТИЧНОСТИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПАРАМЕТРОВ НАПОЛНИТЕЛЯ АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЫ

Е.Ю. ЗАЯЦ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь

Поступила в редакцию 17 декабря 2013

Проведен анализ частотных зависимостей коэффициентов эллиптичности электромагнитной волны (ЭМВ) с правой и левой поляризациями от электродинамических параметров наполнителя анизотропной среды плазмаподобного типа. Приведены результаты численного анализа отношения коэффициентов эллиптичности волн с правой и левой поляризациями для анизотропного наполнителя. Установлены закономерности трансформаций частотных характеристик при фиксированных электродинамических параметрах потока частиц, пронизывающих магнитодиэлектрический наполнитель. Приведенные результаты могут быть использованы в качестве основы для создания радиотехнических систем поиска и идентификации анизотропных неоднородностей.

Ключевые слова: электромагнитная волна, анизотропная среда, модуль коэффициента отражения, диэлектрическая проницаемость, удельная проводимость, резонансная частота, коэффициент эллиптичности.

Введение

Поляризационная несогласованность приемных и передающих антенн радиотехнических систем приводит к потере информации при обнаружении и идентификации анизотропных неоднородностей. Даже при взаимодействии электромагнитной волны (ЭМВ) с изотропной средой, имеющей конечные электродинамические параметры, происходит трансформация поляризационной структуры отраженной ЭМВ.

В работах [1, 2] показано, что при воздействии линейно поляризованной ЭМВ на анизотропную среду (АС) возникает кроссполяризационная составляющая, свидетельствующая об изменении эллиптичности отраженной волны. Задача взаимодействия ЭМВ с круговой поляризацией АС исследована и решена в работе [3], где приведены результаты исследований трансформаций отраженных характеристик анизотропной среды плазмаподобного типа (АСПТ) при изменениях параметров потока частиц и магнитодиэлектрического наполнителя, позволяющие проводить приближенные оценки искажений электромагнитной волны (ЭМВ) с круговой поляризацией.

Задачей настоящей статьи является проведение анализа зависимостей коэффициентов эллиптичности ЭМВ с правой и левой поляризациями при вариациях электродинамических параметров наполнителя при фиксированных параметрах потока частиц, пронизывающих среду.

Коэффициенты эллиптичности АСПТ правой и левой волн

Представляя ЭМВ круговой поляризации в виде суперпозиции двух волн с горизонтальной и вертикальной поляризациями несложно определить коэффициент эллиптичности ЭМВ правой и левой волн поляризаций [4].

$$k_{BГ}(F, \theta, f) = \sqrt{\frac{R_B^2 + R_{ГВ}^2 \mp R_B \cdot R_{ГВ} \sin(\varphi_B - \varphi_{ГВ})}{R_{Г}^2 + R_{ВГ}^2 \mp R_{Г} \cdot R_{ВГ} \sin(\varphi_{Г} - \varphi_{ВГ})}}$$

Здесь $R_B, R_{Г}$ – коэффициенты отражения с вертикальной и горизонтальной поляризациями; $R_{ГВ}, R_{ВГ}$ – кросс-поляризационные компоненты; F – фактор, описывающий электродинамические свойства анизотропной среды ($\xi(N, \nu, \epsilon, \sigma, \mu)$).

В статье приведен анализ трансформаций частотных зависимостей коэффициента эллиптичности для фиксированного угла θ и дискретных значений фактора F , а именно изменение диэлектрической проницаемости в диапазоне от 1 до 15 и удельной проводимости среды от 10^{-5} до 1.

Численные исследования коэффициентов эллиптичности

Результаты численных исследований частотных зависимостей коэффициентов эллиптичности ЭМВ с правой и левой поляризациями при различных значениях диэлектрической проницаемости приведены на рис. 1. Анализ сечений объемной частотной характеристики показывает, что при малых значениях диэлектрической проницаемости отмечается резкое увеличение кривизны изменения коэффициента эллиптичности, с увеличением значений проницаемости резонанс уменьшается. Пиковое значение коэффициента эллиптичности может достигать 8, что свидетельствует об изменении направления вращения ЭМВ.

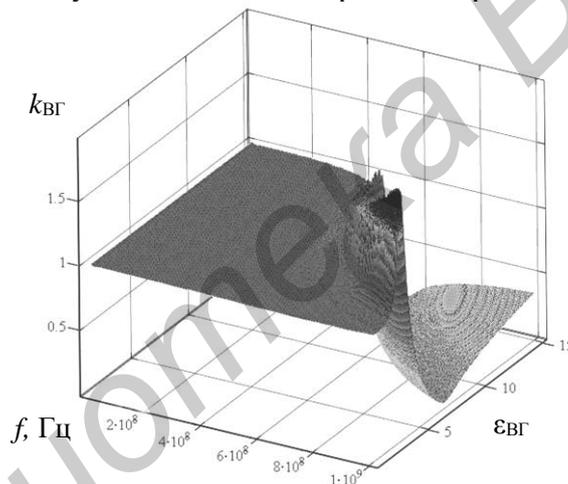


Рис. 1. Трансформация частотной характеристики модуля коэффициента эллиптичности ЭМВ с правой и левой поляризациями при вариации диэлектрической проницаемости анизотропного наполнителя

Результаты численного анализа коэффициентов эллиптичности ЭМВ правой и левой поляризаций при вариациях удельной проводимости анизотропного наполнителя приведены на рис. 2. Анализ объемной частотной характеристики при вариации удельной проводимости среды свидетельствует о возрастании коэффициента эллиптичности при росте численного значения проводимости. Характеристика имеет резонансные свойства, хотя они и проявляются при очень малых ее значениях. А для остальных значений (больших 0) влияние на коэффициент эллиптичности минимально или отсутствует.

Из рис. 3 видно, что с ростом диэлектрической проницаемости наблюдается более резкое изменение отношения коэффициента эллиптичности, а с увеличением удельной проводимости (значения больше 1) отношение коэффициента эллиптичности не изменяется.

Из графиков следует, что существуют отличия распространения волн с противоположными вращением вектора электрической напряженности поля. Из полученных данных можно сделать вывод, что процесс идентификации АСПТ будет более четким при высоких значениях диэлектрической проницаемости и проводимости среды, что свидетельствует об отличии условий распространения волн с ортогональным вращением вектора электрической напряженности поля.

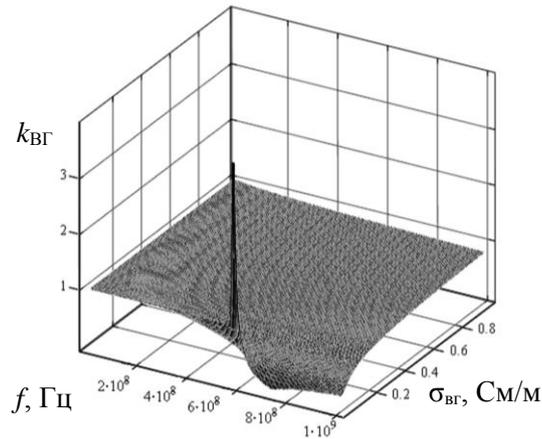


Рис. 2. Трансформация частотной характеристики модуля коэффициента эллиптичности волн с правой и левой поляризациями при вариации удельной проводимости анизотропного наполнителя

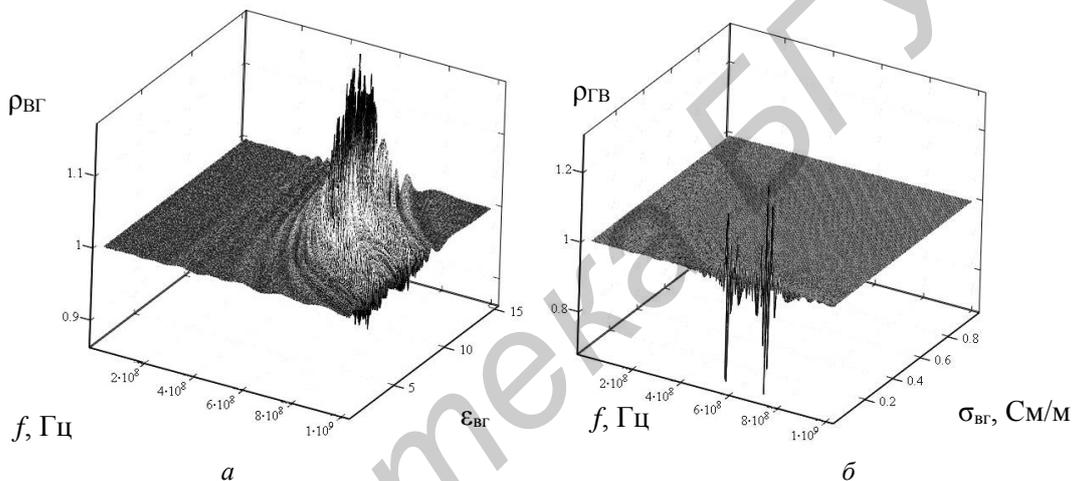


Рис. 3. Трансформация отношения коэффициентов эллиптичности ЭМВ правой и левой поляризаций для проницаемости (а) и проводимости (б) среды для анизотропного наполнителя

Ввиду существенной трансформации коэффициентов эллиптичности циркулярной волны при вариациях углов падения, удельной проводимости и диэлектрической проницаемости ЭМВ в качестве приемной следует использовать сложную антенну, позволяющую регистрировать направление вращения вектора электрической напряженности поля. Один из вариантов реализации метода представлен на рис. 4.

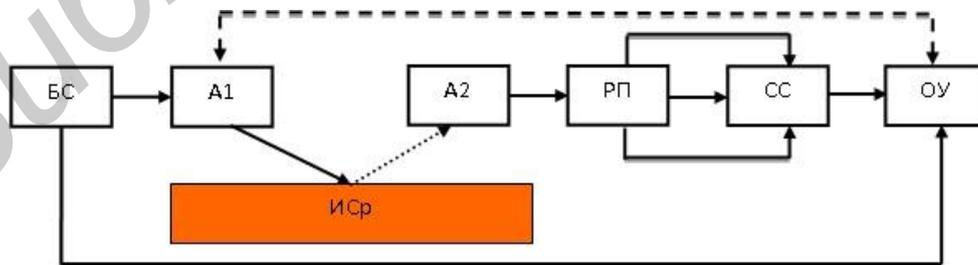


Рис. 4. Схема реализации метода: БС – базовая станция; А1 – передающая антенна с круговой правой и левой поляризациями, А2 – приемная антенна линейной поляризации; РП – разделитель поляризации; СС – схема сравнения; Иср – исследуемая среда; ОУ – окончательное устройство

Схема содержит базовую станцию (БС), сигнал с которой поступает на антенну А1 с круговой поляризацией, с помощью переключателя изменяется направление поляризации с левой на правую. Отраженный от исследуемой среды сигнал принимается антенной А2, которая имеет линейную поляризацию. Сигнал с антенны А2 поступает на блок разделителя

поляризации, в котором реализуется разделение круговой поляризации на две линейно ортогональные поляризации с последующим определением коэффициентов эллиптичности отраженной волны и их отношения. Далее сигнал проходит через схему сравнения и выводится на оконечное устройство.

Заключение

Представленные в статье результаты численных исследований позволяют проводить оценку трансформаций спектров сигналов, используемых для АСПТ. Для повышения уровня идентификации анизотропных образований плазмаподобного типа необходимо создавать вспомогательный канал, обеспечивающий обработку сверхмалой информации, формируемой малыми электромагнитными полями в АСПТ.

EVALUATION OF CONTRAST ELLIPTICITY COEFFICIENT WHEN CHANGING THE PARAMETERS OF THE ANISOTROPIC ENVIRONMENT

E.Yu. ZAYATS

Abstract

The analysis of the frequency dependence of the ellipticity the left and right waves from the electrodynamic parameters of the anisotropic environment from plasma like type filler was carried out. The results of numerical analysis of the relationship ellipticity coefficient right and left waves for anisotropic filler are given. The regularities of the transformation frequency characteristics at fixed electrodynamic parameters of a stream of particles that penetrate magnetodielectric filler are established. The above results can be used as a basis for the creation of radio systems search and identification of anisotropic irregularities on the underlying background isotropic environment.

Список литературы

1. Качан И.А., Гололобов Д.В. // Матер. 5-ой междунар. молодеж. научн.-техн. конф. «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ-2009», Севастополь, 20–25 апреля 2009 г. С. 306.
2. Завадский С.А. // Матер. 6-ой междунар. молодежной научн.-техн. конф. «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций. РТ-2010, Севастополь, 11–15 апреля 2011 г. С. 65.
3. Иванова Е.Ю., Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. // Докл. БГУИР. 2013. № 4 (74). С. 5–9.
4. Иванова Е.Ю., Гололобов Д.В., Кирильчук В.Б. // Докл. БГУИР, 2012. № 6 (68). С. 5–11.