

## **Исследование эффекта деполяризации микроволнового излучения скрытыми опасными объектами на теле человека**

*Представлены первые результаты исследования возможности использования эффекта деполяризации для идентификации скрытых объектов, расположенных под одеждой человека. Экспериментально показано, что амплитуда поля ортогональной поляризации по отношению к падающему, рассеянного металлическими и пластиковыми предметами, достаточно велика для возможности их идентификации, а помощью многопозиционной микроволновой системы удаленного досмотра.*

**Ключевые слова:** микроволновые системы досмотра, эффект деполяризации, скрытые объекты

В настоящее время формирование изображения волновыми электромагнитными полями производится с помощью многопозиционных микроволновых систем (ММС), отличающихся сложностью необходимого оборудования и алгоритмов. Однако эти системы не могут уверенно обнаруживать скрытые металлические объекты на микроволновом изображении тела человека ввиду сильной зависимости вероятности обнаружения от формы объекта, его положения и ограниченной разрешающей способности ММС.

Один из путей решения этой проблемы состоит в анализе эффекта деполяризации, который заключается в изменении плоскости поляризации рассеянной металлическим предметом волны на его острых ребрах и вершинах. Анализ поляризационных свойств объектов радиосцены является определяющим в возможности обнаружения металлических объектов [1], но для создания алгоритмов такого анализа требуется определить величину данного эффекта. Эта задача и является первостепенной для дальнейшего усовершенствования ММС.

Наличие эффекта деполяризации было описано ещё в [2], для идеально проводящего тела произвольной формы зависит от:  $a$  - некоторой длины, характеризующей размер тела,  $R, \vartheta, \varphi$  – сферических координат точки наблюдения (начало системы координат лежит вблизи тела,  $R \gg a$ ),  $\gamma$  – угла между нормалью к фронту волны и осью  $z$ , а также  $\bar{\Sigma}_{1,2}(\gamma, \vartheta, \varphi)$  и  $\Sigma_{1,2}(\gamma, \vartheta, \varphi)$  – неизвестных угловых функций;  $E_{\varphi, \vartheta}$ ,  $H_{\varphi, \vartheta}$  – нормированные значения, соответствующие рассеянному телом полю:

$$\left. \begin{aligned} E_{\varphi} = -H_{\vartheta} &= \frac{ia}{2} \left[ E_{0x} \bar{\Sigma}_1(\gamma, \vartheta, \varphi) + H_{0x} \Sigma_1(\gamma, \vartheta, \varphi) \right] \frac{e^{ikR}}{R} \\ E_{\vartheta} = -H_{\varphi} &= \frac{ia}{2} \left[ E_{0x} \bar{\Sigma}_2(\gamma, \vartheta, \varphi) + H_{0x} \Sigma_2(\gamma, \vartheta, \varphi) \right] \frac{e^{ikR}}{R} \end{aligned} \right\} (1)$$

Как видно, поляризация рассеянного поля зависит сложным образом не только от формы и электрических свойств объекта, но и от направлений наблюдения и облучения. Однако строгое решение дифракционной задачи для объектов сложной формы является трудоемким и навсегда оправданным. В данном случае можно использовать программные пакеты электромагнитного моделирования [3]. Но результат, полученный в таком пакете, требует

экспериментального подтверждения. Для выполнения такого подтверждающего эксперимента была собрана измерительная система (Рис. 1), состоящая из векторного анализатора цепей Agilent 5230c, фокусирующей антенны на поворотном стенде, приемной антенны с необходимыми приводами вращения, помещенными в безэховую камеру, микроконтроллеров управления с блоками питания и персонального компьютера.

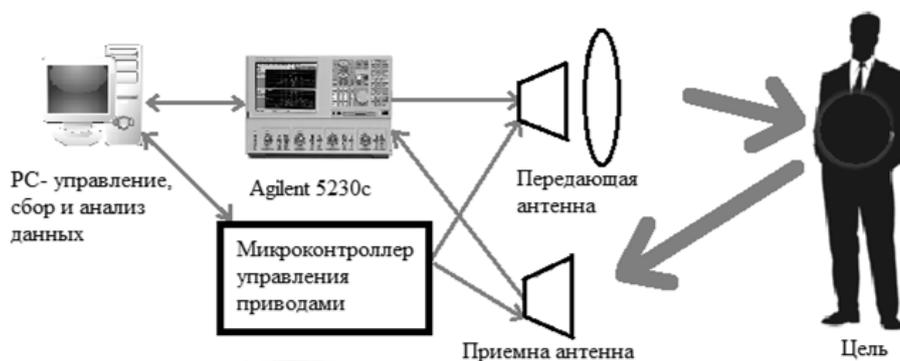


Рисунок 1. Блок-схема измерительной системы

Измерения проводились в диапазоне частот 8-12 ГГц, цель облучалась линейно поляризованной волной, а прием сигнала осуществлялся в двух ортогональных поляризациях. Для оценки эффекта анализировались измеренные средние значения амплитуд рассеянного сигнала двух ортогональных поляризаций. Были проведены измерения различных образцов опасных объектов на теле человека, таких как: муляж пистолета, муляж взрывчатки с поражающими элементами, а также безопасных объектов. Исследование проводилось на группе людей, в повседневной одежде, поочередно располагавшихся на произвольном расстоянии от 1,5 до 2 м с образцами и без. На Рис. 2 представлены результаты, каждая точка

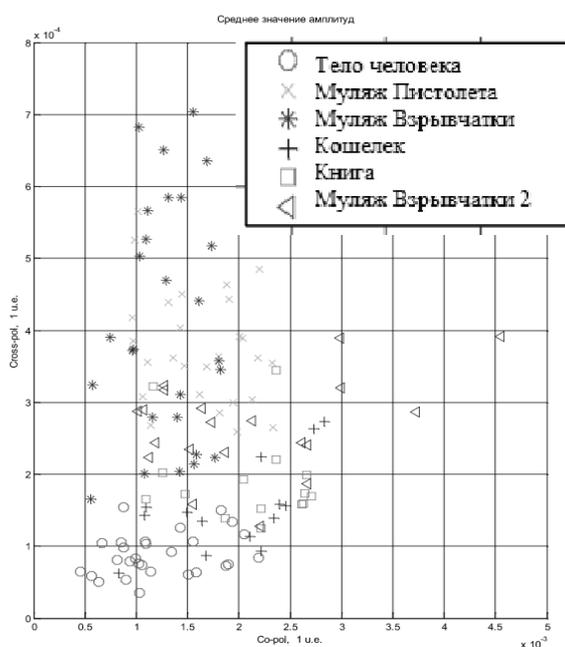


Рисунок 2. Значения амплитуд рассеянного поля в двух поляризациях. По оси  $x$  – основная, по оси  $y$  – ортогональная

соответствует отдельному измерению с определенным образцом на теле человека:

В результате исследования можно сделать вывод, что эффект деполяризации электромагнитного излучения металлическими объектами сложной формы достаточно сильный (отношение амплитуды ортогональной поляризации рассеянного излучения к амплитуде основной поляризации  $\sim 1/6$ ), в отличие от таких диэлектрических объектов, как книга и кошелек.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности применения эффекта деполяризации в многопозиционной микроволновой системе удаленного

досмотра тела человека на предмет наличия опасных объектов.

Библиографический список

1. Уфимцев П. Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции // М.: Сов. радио, 1962, 243 С.
2. O'Reilly D. R., Nicholas J. Bowring, Nacer D. Rezgui, D. Andrews. Target decomposition and polarimetric radar applied to concealed threat detection / D. R. O'Reilly, N. J. Bowring, N.D. Rezgui, D. Andrews //– Millimeter Wave and Terahertz Sensors and Technology, SPIE Proceedings, 2013, V. 8900, 10 p.
3. Kapilevich B.Y., Harmer S.W, Bowring N. J. Non-Imaging Microwave and Millimetre-Wave Sensors for Concealed Object Detection //– CRC Press Reference, 2014, 232 P.