

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХКАНАЛЬНОЙ ПО ПОЛЯРИЗАЦИИ
ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ЗАДАННОЙ КОНСТРУКЦИИ**

В настоящее время значительно возросли требования к антенным системам радиотехнических средств различного назначения, что обусловлено усложнением ожидаемых сигнальных и помеховых условий их работы, необходимостью решения задач электромагнитной совместимости и т.д. Применение антенных систем двухканальной поляризации [1] может значительно повысить эффективность функционирования радиолиний связи в современных условиях, например повысить пропускную способность канала связи, значительно улучшить возможности по подавлению нежелательных мешающих внешних излучений. Двухканальные по поляризации антенные системы предполагают возможность излучения и приема ортогональных по поляризации сигналов, что на практике может быть затруднительным, если не учитывать конструкцию конкретной антенны, ее поляризационные характеристики в широком секторе углов. С другой стороны, вопросам синтеза двухканальных по поляризации антенн, в частности фазированным антенным решеткам, уделялось недостаточное внимание [2 – 4]. В связи с чем и возникла необходимость разработки математической модели фазированной антенной решеткой заданной конструкции для решения задач анализа направленных и поляризационных свойств, а также для задач обоснования требований к отдельным техническим параметрам при конструировании ФАР.

Математическая модель фазированной антенной решетки заданной конструкции позволяет получить такие основные характеристики антенны, как амплитудная, фазовая, поляризационная и частотная характеристики в заданном секторе электронного управления лучом. Основой для построения модели является решение внешней задачи теории антенн [2] в соответствии с методом Гюйгенса – Кирхгофа в предположении известного решения внутренней задачи распределения полей отдельных дискретных источников.

Основными исходными данными разработанной модели и программы в среде MathLab являются тип, размещение и характеристики отдельных элементарных излучателей, а также их взаимное влияние. В качестве элементарных излучателей могут использоваться полуволновые вибраторы, резонансные щели, открытые концы волноводов, рупорные антенны. Учитывается в модели развязка по поляризации отдельного элементарного излучателя, статистика амплитудно-фазового распределения.

В математической модели ФАР рассчитывается величина коэффициента развязки по поляризации в элементарных излучателях в заданном направлении, т.е. отношение напряженности электрического поля на основной поляризации сигнала к его кроссовой составляющей. Взаимное расположение элементарных излучателей может быть произвольным, линейным, плоским либо объемным. Исходными данными модели являются задаваемые параметры антенной системы: линейные размеры излучаемого раскрытия, длина волны, расположение и размеры излучателей, среднее значение и СКО коэффициента развязки по поляризации в элементарных излучателях ФАР по нормали, а также задается положение максимума диаграммы направленности.

В модели учитывается статистика амплитудно-фазового распределения в раскрытии ФАР, учитывающая фактор случайности точного расположения и ориентации элементарных излучателей в раскрытии, что приводит к снижению максимального уровня основного лепестка диаграммы направленности, к “заплыванию” нулей диаграммы направленности, к возрастанию боковых лепестков и т.д.

На выходе модели имеем возможность получить коэффициент усиления ФАР в заданном направлении максимума диаграммы направленности, матрицу эллиптичности и ориентации поляризационного эллипса электромагнитной волны, характеризующие поляризационный базис антенны. Кроме того, рассчитываются пространственные диаграммы направленности ФАР на основной поляризации (например, горизонтальной) и кроссовой (верти-

кальной), а также картографическое представление данных диаграмм. Для удобства анализа приводятся сечения диаграмм направленности в двух главных плоскостях, в плоскости $E(\varphi=0)$ и в плоскости $H(\varphi=90)$.

Поляризационные характеристики приводятся в виде зависимости угла эллиптичности и угла ориентации поляризационного эллипса от пространственного угла θ при фиксированном φ , т.е. в одном из сечений.

Рассмотрим некоторые результаты моделирования некоторой типовой ФАР. Излучатели в ФАР располагаются в круглом раскрыве эквидистантной решетки, метод управления положением максимума диаграммы направленности фазо-фазовый, фазовращатели дискретные 4-хразрядные. При моделировании предполагалось, что длина волны соответствует сантиметровому диапазону, расстояние между излучателями – $0,7\lambda$, радиус раскрыва ФАР – 5λ .

На рис. 1 показана пространственная диаграмма направленности (ДН) ФАР на основной поляризации (горизонтальной) при отклонении максимума диаграммы направленности на углы $\varphi=37$ град. и $\theta=24$ град. Заметим, что угол θ соответствует углу между направлением максимума излучения и нормалью ФАР, угол φ – угол в картинной плоскости между проекцией направления максимума излучения и опорным направлением, например горизонтальным ортом антенны.

Пространственная диаграмма направленности ФАР на основной поляризации

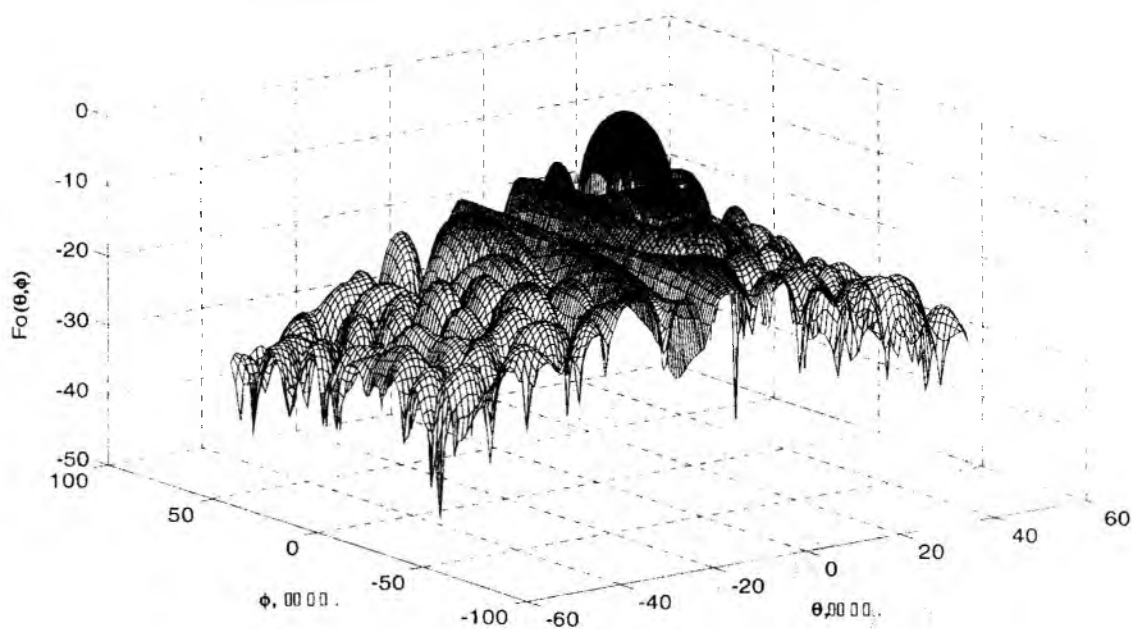


Рис.1

Отметим снижение уровня главного лепестка пространственной ДН, нормированного по отношению к уровню главного лепестка вдоль нормали ФАР, возрастание уровня боковых лепестков, несимметричность и асимметрию формы лепестков и их распределения.

На рис.2 показано картографическое представление пространственной диаграммы направленности ФАР на основной поляризации по уровню минус 18,8 дБ и минус 26,6 дБ.

На рис. 3 и 4 представлены соответственно пространственная ДН и ее картографическое изображение для крессовой поляризации (вертикальной линейной).

Отметим существенный уровень крессовой составляющей при отклонении максимума ДН от нормали (минус 11,2 дБ), что приведет к искажению поляризационных параметров исходных линейно поляризованных волн. На рис. 5 и 6 представлены зависимости углов эллиптичности и ориентации соответственно поляризационного эллипса.

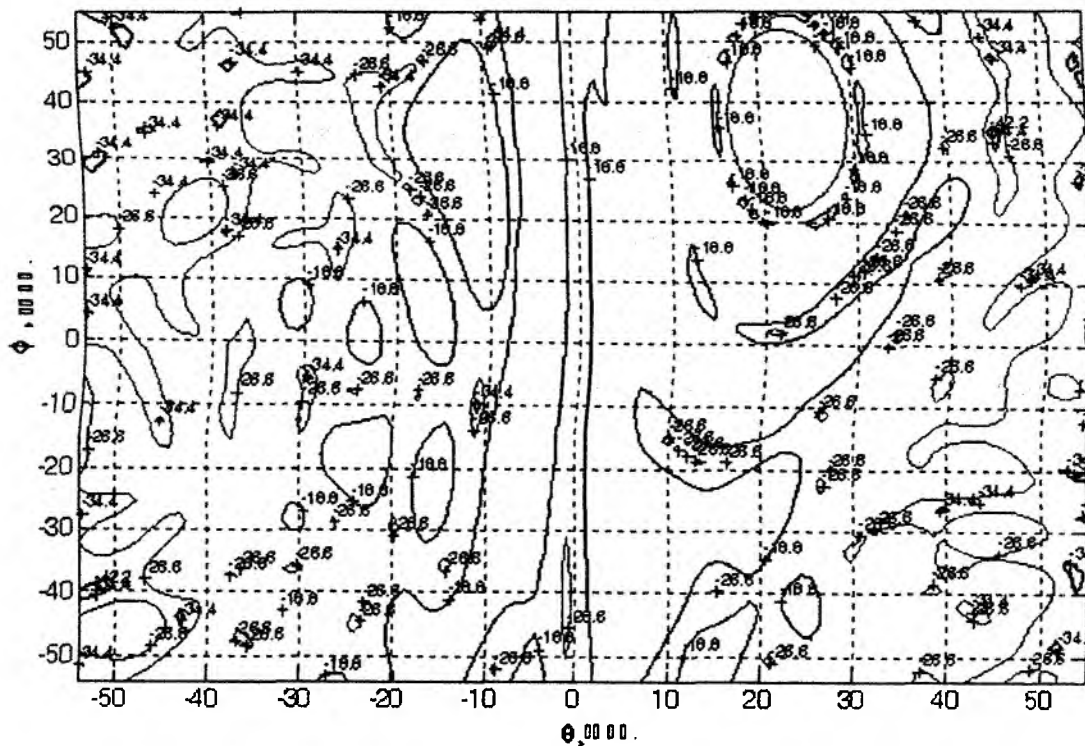


Рис. 2

Пространственная диаграмма направленности ФАР на кроссовой поляризации

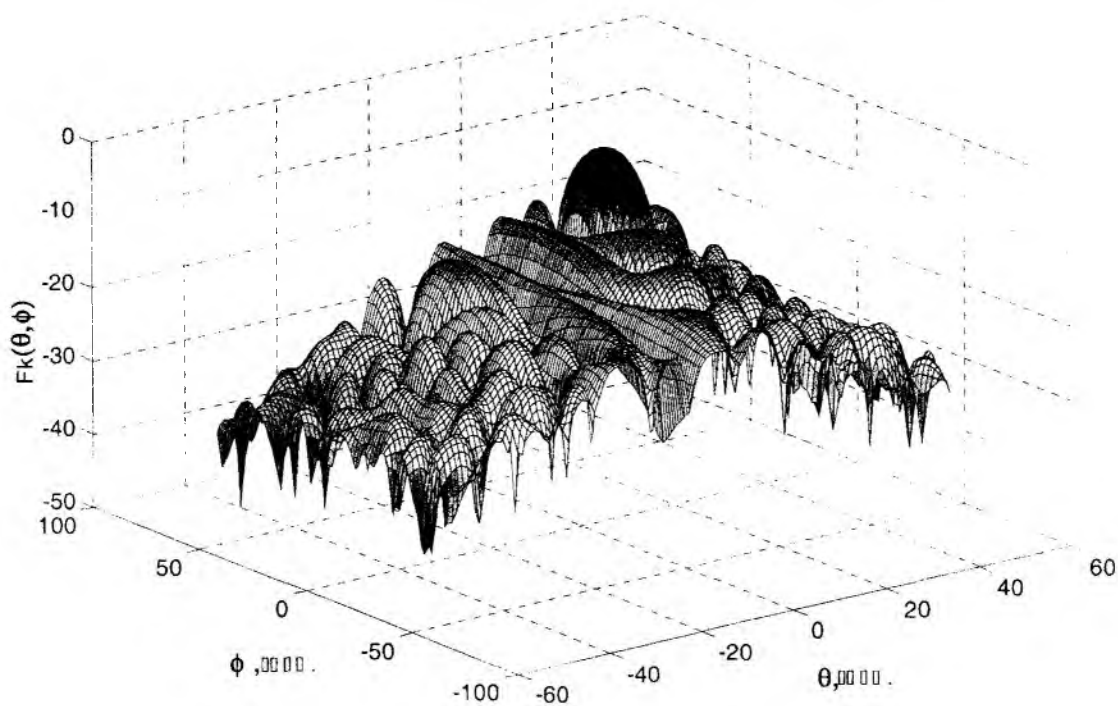


Рис. 3

Отметим существенное искажение поляризационных параметров излучаемого поля: угол эллиптичности может изменяться от минус 12 дБ до 26 дБ, а угол ориентации поляризационного эллипса от значения 24,8 град до 30,4 град. Указанные искажения поляризационной структуры излучаемых и принимаемых волн могут существенно влиять на качество принимаемых сигналов, особенно в условиях воздействия внешних нежелательных излучений. Однако указанная поляризационная структура антенной системы может быть учтена при дальнейшей обработке поляризационных векторных сигналов в радиотехнических средствах раз-

личного назначения, например так, как показано в [5]. Использование антенн двухканальной поляризации с учетом их поляризационных характеристик, а также ортогональных по частотно-временной структуре сигналов позволяет эффективно подавлять внешние нежелательные излучения по основному и по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. Отличительной особенностью при этом является возможность подавления даже неполяризованных источников помех.

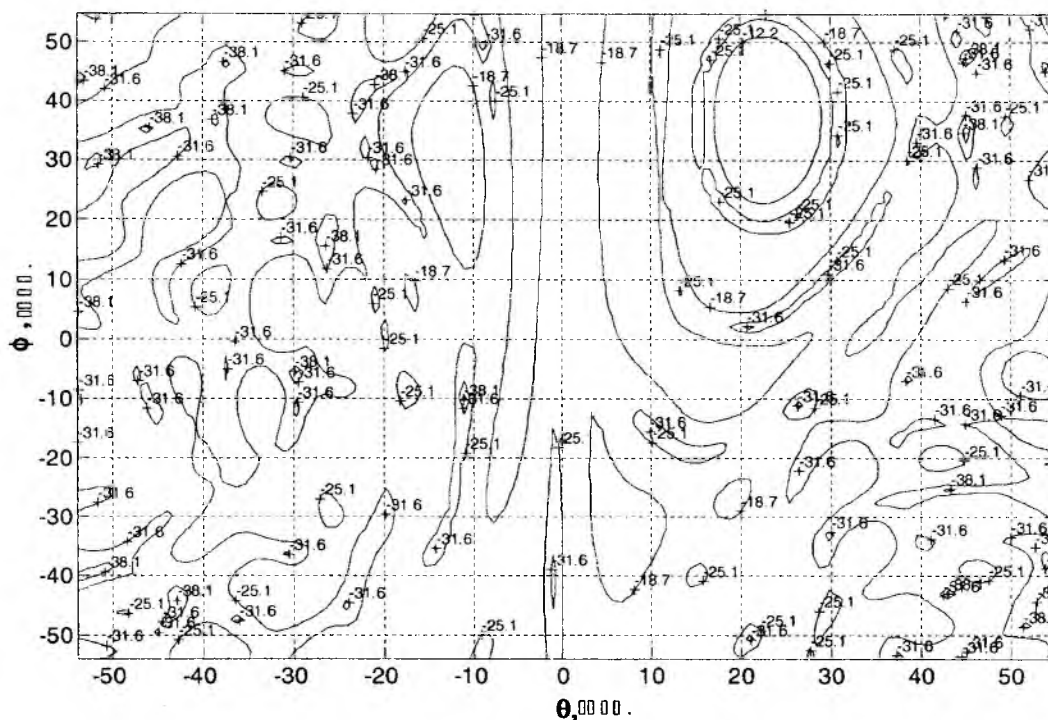


Рис. 4

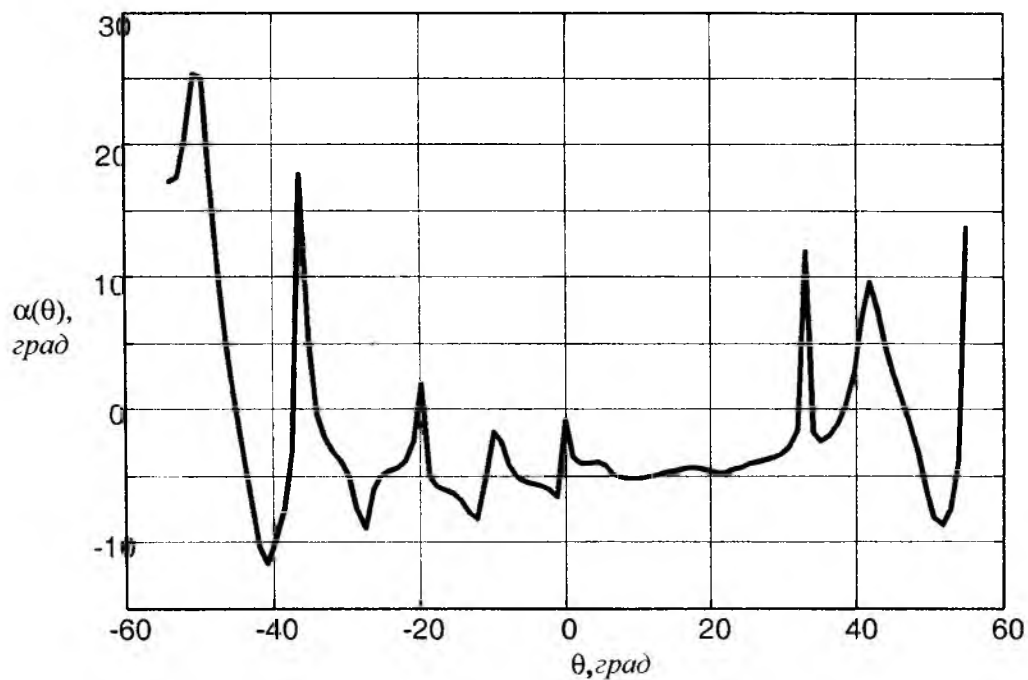


Рис. 5

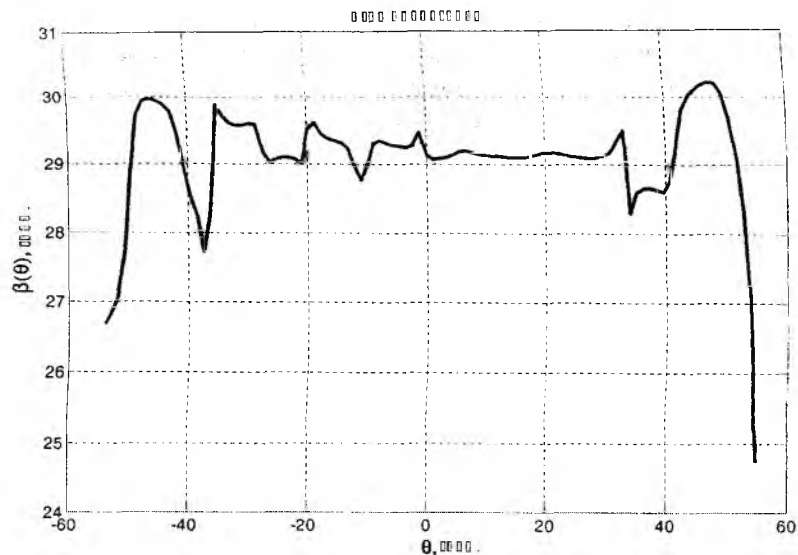


Рис. 6

Таким образом, разработанная математическая модель и программа позволяют выявить тонкую поляризационную структуру излучаемого поля современных ФАР. Учет поляризационных характеристик современных ФАР может существенно повысить эффективность работы радиотехнического средства в целом.

Список литературы: 1. Казаков Е. Л. Радиолокационное распознавание космических объектов по поляризационным признакам. Одесса: ОИУМ, 1999. 230с. 2. Проблемы антенной техники / Под ред. Л. Д. Бахраха, Д. Н. Воскресенского. М.: Радио и связь, 1989. 368 с. 3. Родимов С. П., Поповский В. В. Статистическая теория поляризационно-временной обработки сигналов и помех в линиях связи. М.: Радио и связь, 1984. 272с. 4. Ширман Я. Д., Манжос В. Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. М.: Радио и связь, 1981. 416с. 5. Чи існує можливість підвищення ефективності захисту сучасних радіолокаторів від завад / Б. В. Храбростін, О. О. Мартинчук, Д. В. Фоменко // Радіоелектроніка та інформатика. 2004. №4(29). С. 155-1

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 27.10.2008