

## Сверхширокополосная антенна круговой поляризации для излучения импульсных сигналов

М.В. Головачев, А.В. Кочетов, О.С. Миронов, В.А. Сарычев

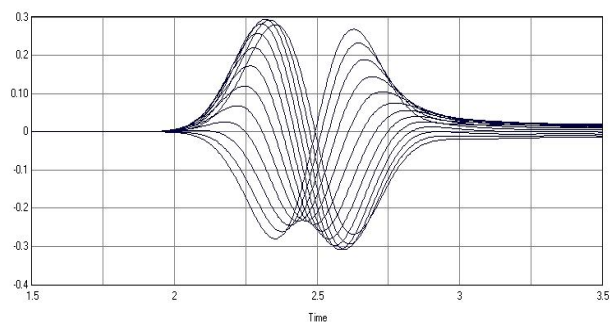
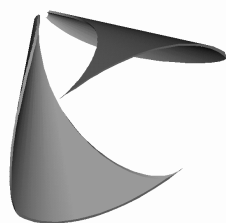
ОАО «НПП «Радар ммс», Санкт-Петербург, ул. Новосельковская д. 37, radar@radar-mms.com

*Предложена модель сверхширокополосной антенны для излучения импульсных электромагнитных волн круговой поляризации. Измерены поляризационные параметры ЭМ волны в дальней зоне, построены соответствующие графики и годографы.*

*The model of ultra wideband antenna for radiation of circular polarized pulse electro-magnetic waves. The far field polarization parameters are measured.*

Для излучения и приема электромагнитных волн, возбуждаемых импульсными сигналами, как правило, используются антенны линейной поляризации. Излучение импульсными сигналами электромагнитных волн (ЭМВ) круговой поляризации наталкивается на определенные трудности связанные с тем, что за время действия импульса вектор напряженности электрического поля должен развернуться на некоторый угол, а годограф вектора напряженности должен описать в пространстве некоторую фигуру, с плавным нарастанием амплитуды на входе в импульс и спаданием на выходе из него.

Антенны эллиптической поляризации для излучения и приема импульсных сигналов рассмотрены в [1]. Антенны выполнены в виде ТЕМ-рупора с лепестками специальной формы рис.1. При оптимальном выборе формы лепестков и угла при вершине рупора коэффициент эллиптичности составляет величину не выше 0.73, а годограф вектора напряженности электрического поля описывает в пространстве фигуру, напоминающую кардиоиду.

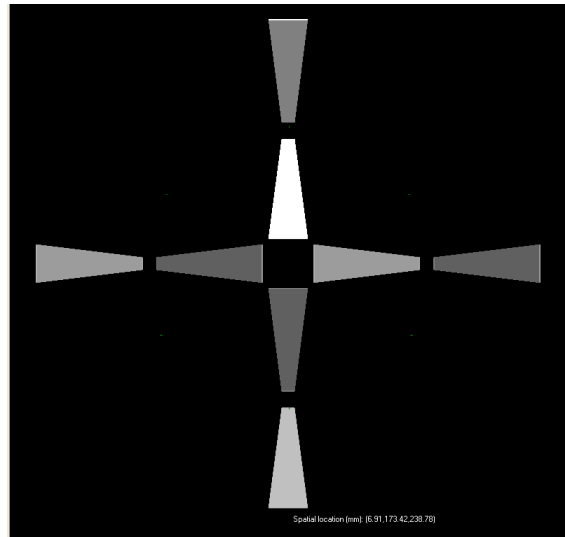


а) антенна  
эллиптической поляризации

б) форма импульса напряженности  
электрического поля ЭМВ.

**Рис. 1. Коническая антенна эллиптической поляризации**

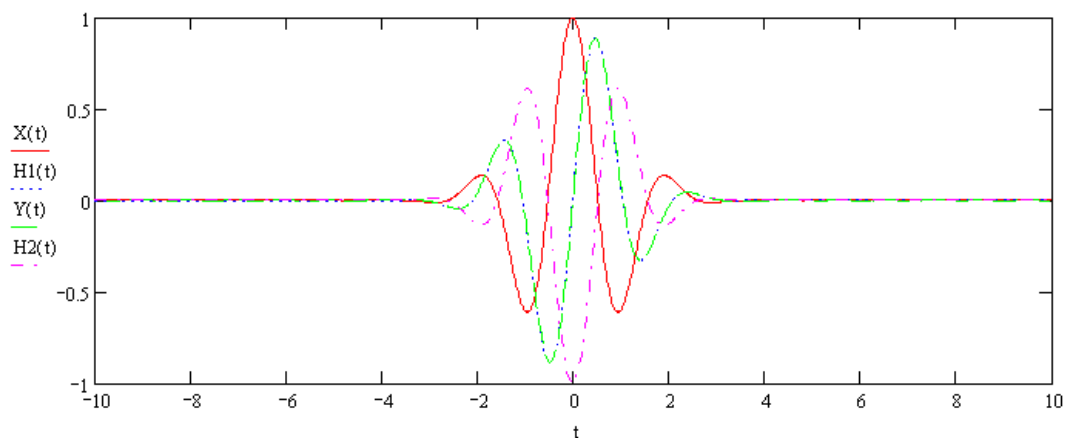
Другим способом формирования электромагнитной волны круговой поляризации является способ, описанный в [2].



**Рис. 2. Комбинация 4-х взаимно ортогональных антенн линейной поляризации**

Антенна рис. 2 представляет собой комбинацию двух взаимно ортогональных ТЕМ-рупоров возбуждаемых импульсными сигналами, сдвинутыми во времени так, чтобы после формирования антенной электромагнитного поля сигналы оказались в квадратуре друг относительно друга. Вектор напряженности электромагнитного поля, формируемого в пространстве, описывает круг на относительно небольшом участке времени действия импульса. На входе в импульс и при выходе из него антенна формирует электромагнитную волну линейной поляризации. Это связано с тем, что спектры импульсов, возбуждаемые ортогональными антеннами идентичны, а временной сдвиг второго импульса относительно первого трансформируется в линейный фазовый сдвиг спектра. Таким образом, в спектре электромагнитной волны круговая поляризация формируется в некотором узком диапазоне частот.

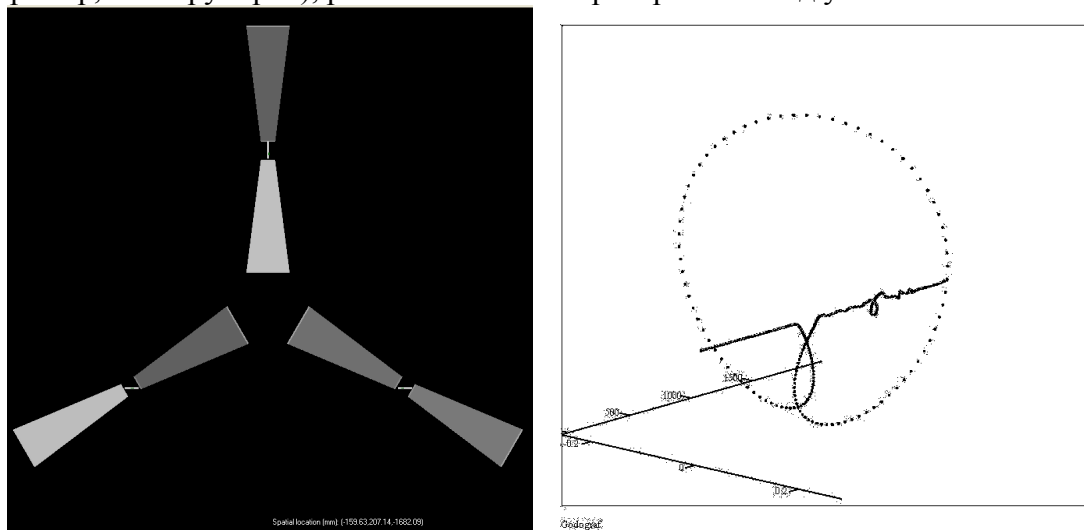
Для того, чтобы во всем спектре излученного электромагнитного поля формировалась круговая поляризация антенна должна формировать в взаимно ортогональные сигналы и во времени, и в пространстве, и в частотной области. Для этого антенна должна излучить пару ортогональных в пространстве сигналов вида рис. 3, где второй сигнал соответствует производной от первого. В этом случае спектральные компоненты сдвинуты на  $90^\circ$  во всем диапазоне частот. Сформировать импульсный сигнал в точности соответствующий его производной и подвести к антенне не представляется возможным, однако, возможно сформировать ортогональный сигнал в некотором его приближении.



**Рис. 3. Комбинация взаимно ортогональных сигналов (вейвлет Морле)**

Рассмотрим модель антенны для излучения сверхкоротких импульсов и формирования электромагнитного поля круговой поляризации рис.4.

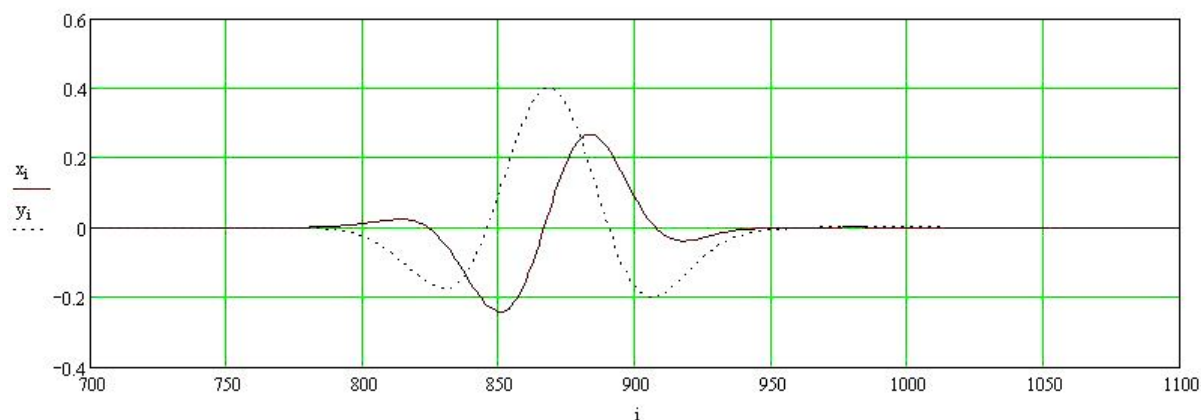
Такая антенна представляет собой комбинацию трех антенн линейной поляризации (например, ТЕМ-рупоров), расположенных в пространстве под углом  $120^\circ$ .



**Рис. 4. Комбинация 3-х антенн линейной поляризации**

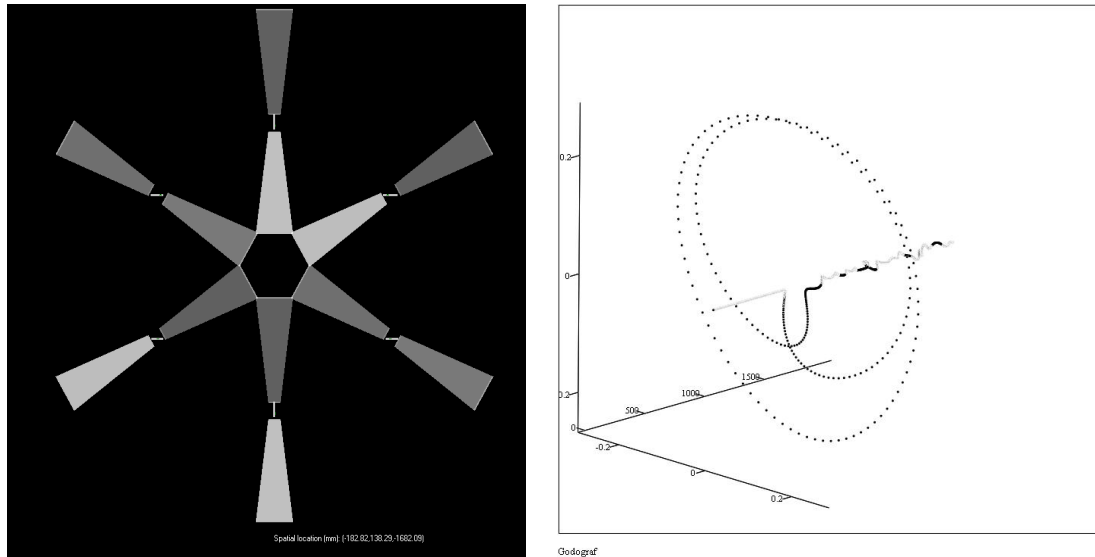
Как видно из рис.4, антенны не ортогональны в пространстве и запитаны импульсными сигналами с некоторым временным сдвигом. При этом импульс, подводимый к антенне 1, опережает по времени импульс, подводимый к антенне 2, а импульс, подводимый к антенне 3, - отстает по времени на ту же величину.

В результате в свободном пространстве в направлении нормали формируется электромагнитное поле, поляризация которого плавно “разворачивается” во времени. При надлежащем выборе амплитуды возбуждения антенн и параметров временного сдвига в свободном пространстве формируются взаимно ортогональные компоненты сигналов (рис.5), спектральные составляющие которых сдвинуты на угол  $90^\circ$  во всем диапазоне рабочих частот.



**Рис. 5. Ортогональные компоненты электромагнитного поля , излучаемого антенной круговой поляризации**

Интересен случай, когда модель антенны представляет собой 6-ти лучевую звезду, последовательно возбуждаемую импульсными сигналами (рис. 6). Годограф вектора напряженности электрического поля плавно входит в спираль, последовательно описывает круг в полтора оборота вокруг своей оси и также плавно из нее выходит.



**Рис. 6. Комбинация 6-и антенн линейной поляризации**

Для определения поляризационного состояния излучаемого электромагнитного поля (рис. 5) воспользуемся аппаратом преобразования Гильберта [3].

Огибающая и фаза комплексного импульсного сигнала определяются через преобразование Гильберта:

$$A_1(t) = \sqrt{s_1^2(t) + h_1^2(t)}, \quad \Phi_1(t) = \arctg \frac{h_1(t)}{s_1(t)}$$

$$A_2(t) = \sqrt{s_2^2(t) + h_2^2(t)}, \quad \Phi_2(t) = \arctg \frac{h_2(t)}{s_2(t)},$$

где:  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  - взаимно ортогональные в пространстве составляющие сигнала, излучаемого антенной;

$h s_1(t)$  и  $h s_2(t)$  - преобразование Гильберта соответственно.

Фазорные поляризационные параметры сигнала [2] получим следующим образом:

$$\gamma(t) = \arcsin \frac{A_2(t)}{\sqrt{A_1^2(t) + A_2^2(t)}}, \quad \delta(t) = \Phi_2(t) - \Phi_1(t)$$

Фазорные параметры описывают поляризационное состояние пары импульсных сигналов, имеют временную зависимость и анализируются на интервале действия импульса.

### **Литература**

1. Головачев М.В., Кардо-Сысоев А.Ф., Кочетов А.В. и др. Принципы формирования сверхширокополосных радиополяриметрических каналов связи // Электросвязь №5, 2007.
2. Козлов Н.И., Логвин А.И., Сарычев В.А. Поляризация радиоволн. Поляризационная структура радиолокационных сигналов. М.: Радиотехника, 2005. 704 с.
3. М.В. Головачев, А.В. Кочетов, О.С. Миронов Анализ фазорных поляризационных параметров импульсных сигналов, принимаемых сверхширокополосной измерительной антенной // Настоящий сборник