

## Отображение поляризационной информации радиолокационного зондирования

А.В. Кочетов, П.С. Панфилов

АО «НПП «Радар ммс», Санкт-Петербург, Новосельковская, 37, [radar@radar-mms.com](mailto:radar@radar-mms.com).

*Отображение поляризационной информации на экране цветного дисплея радиолокатора основано на использовании кросс-поляризационных компонент излучаемого и принимаемого сигналов. Приведены фотографии с экрана когерентной РЛС при радиолокационном зондировании местности с поляризационной обработкой РЛ-сигналов. Предложенный способ отображения поляризационной информации на экране цветного дисплея дает возможность произвести предварительную селекцию целей по поляризационным признакам.*

При отображении радиолокационной информации на экране оператора поляризационной РЛС возникает необходимость предварительной селекции радиолокационной информации по поляризационным признакам.

Традиционные способы отображения радиолокационной информации на экране дисплея РЛС используют монохромные или цветные дисплеи, на котором информация о РЛ обстановке выводится либо в монохромном виде, когда интенсивность свечения пропорциональна амплитуде принимаемых РЛС сигналов, либо в псевдоцветовом отображении, при котором амплитуде принимаемых РЛС сигналов сопоставляется таблица цветов.

При разработке поляризационной РЛС на экран оператора необходимо выводить значительно больше информации о поляризационном состоянии фоно-целевой обстановки. Такая информация может использоваться для предварительной селекции целей по поляризационным признакам и выделения отражений от целей с известными поляризационными характеристиками на фоне помех. С другой стороны, информация о цели должна выводиться на экран оператора без энергетических потерь и не зависеть от поляризационного базиса целей и вида поляризации используемых РЛС сигналов.

Для отображения поляризационной информации радиолокационного зондирования на экране РЛС в [1] предложен способ, в котором используется информация кросс-поляризационных компонент излучаемого и принимаемого сигналов РЛС. Такой способ отображения может быть использован для некогерентных и когерентных РЛС, сверхширокополосных и сверхкороткоимпульсных РЛС, РЛС подповерхностного зондирования.

Структурная схема поляризационной РЛС для отображения цветовой информации радиолокационного зондирования на экране оператора приведена на рис. 1. Поляризационная РЛС может быть построена как по когерентной схеме, так и по некогерентной. Антенна РЛС должна иметь возможность излучать и принимать электромагнитные волны двух ортогональных поляризаций в одном из известных поляризационных базисов, например, в базисе линейных поляризаций или в базисе круговых поляризаций. Антенно-фидерный тракт РЛС должен иметь возможность формировать на излучение и прием виды поляризаций, указанные на рис. 1. Вид поляризации излучения или приема определяется фазовыми или временными задержками сигналов при возбуждении ортогональных поляризаций электромагнитных волн в свободном пространстве.

Для отображения на экране дисплея выбраны три кросс-поляризационные компоненты РЛ-сигнала: кругового поляризационного базиса, линейного поляризационного базиса сигналов вертикальной и горизонтальной поляризации, а также линейного поляризационного базиса сигналов, излучаемых и принимаемых под углом  $\pm 45^\circ$ .

Каждый из кросс-поляризационных компонент подводится к своему каналу RGB дисплея поляризационного радиолокатора. В каналы лучей *Green*, *Red* и *Blue* соответственно вводятся сигналы кросс-поляризованных компонент кругового базиса, линейного базиса вертикальной и горизонтальной поляризаций и линейного базиса сигналов  $\pm 45^\circ$ . Амплитуда сигналов кросс-поляризационных компонент, подводимых к дисплею пропорциональна мощности сигналов, рассеиваемых целью при облучении ее электромагнитной волной соответствующего поляризационного базиса.

Можно показать, что сумма мощностей кросс-поляризационных компонент сигналов, рассеиваемых целью и выбранных для отображения на цветном дисплее поляризационного радиолокатора, равна следу энергетической матрицы рассеяния цели  $P_0$ :

$$P_0 = 2(s_{v,h}^2 + s_{l,r}^2 + s_{-45,+45}^2) ,$$

где:  $s_{v,h}^2$  – мощность сигнала кросс-поляризационной компоненты, рассеянной целью в линейном поляризационном базисе вертикаль-горизонталь;

$s_{l,r}^2$  – мощность сигнала кросс-поляризационной компоненты, рассеянной целью в круговом поляризационном базисе;

$s_{-45,+45}^2$  – мощность сигнала кросс-поляризационной компоненты, рассеянной целью в линейном поляризационном базисе  $\pm 45^\circ$ .

Таким образом, на экране дисплея отображается вся информация о цели, разложенная по составляющим цветового треугольника RGB. Полная мощность сигнала, подводимого к дисплею поляризационной РЛС, не зависит от взаимной ориентации (угла визирования) цели относительно РЛС.

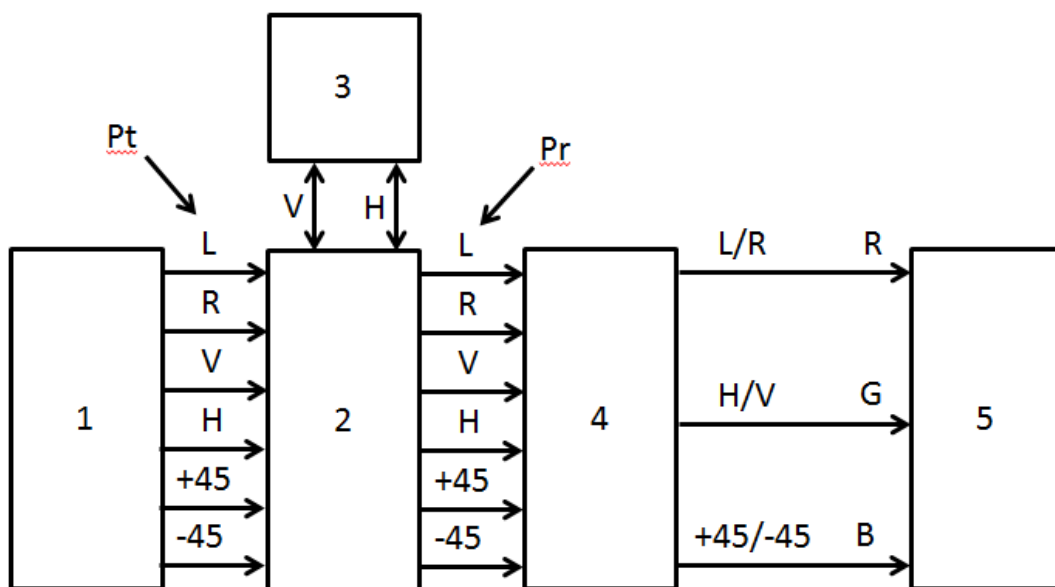


Рис. 1. Структурная схема поляризационной РЛС:

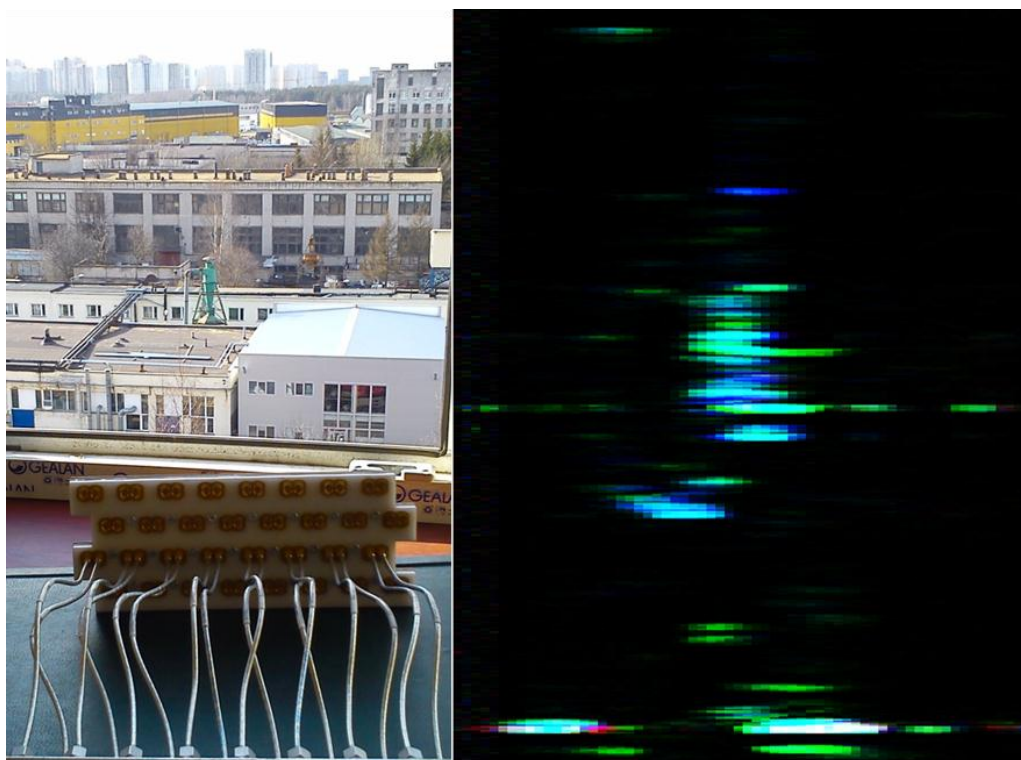
1 - передатчик, 2 - антенно-фидерный тракт, 3 – антенна, 4- приемник, 5 – дисплей.

Выбранные для отображения цветовые составляющие кросс-поляризационных компонент отраженного сигнала позволяют оператору РЛС произвести предварительную идентификацию целей на экране дисплея в соответствии с ее характеристиками рассеяния. В частности, *зеленым* цветом отображаются все цели, характеризующиеся нечетным количеством переотражений падающей электромагнитной волны, например отражатели типа *плоскость*, *сфера*, *трехгранные угловые отражатели* и другие. *Синим* цветом отображаются цели, характеризующиеся четным количеством переотражений падающей электромагнитной волны, например *двугранные угловые отражатели*, расположенные горизонтально

или вертикально по отношению к антенне РЛС. *Красным* цветом отображаются цели, также характеризующиеся четным количеством переотражений (*двугранные уголкового отражатели*), но расположенные под углом  $45^\circ$  по отношению к антенне РЛС. Отметки от цели, появляющиеся на экране дисплея в различных цветовых комбинациях, позволяют сделать вывод о сложном характере отражений от цели, наблюдаемой оператором.

Ниже приведены снимки экрана поляризационной РЛС, где реализован предложенный принцип отображения поляризационной информации.

На рис. 2 приведен снимок экрана индикатора при горизонтальном расположении антенной системы поляризационной РЛС.



**Рис. 2. Вид экрана оператора поляризационной РЛС с цветовым отображением информации о поляризационном состоянии целей.**

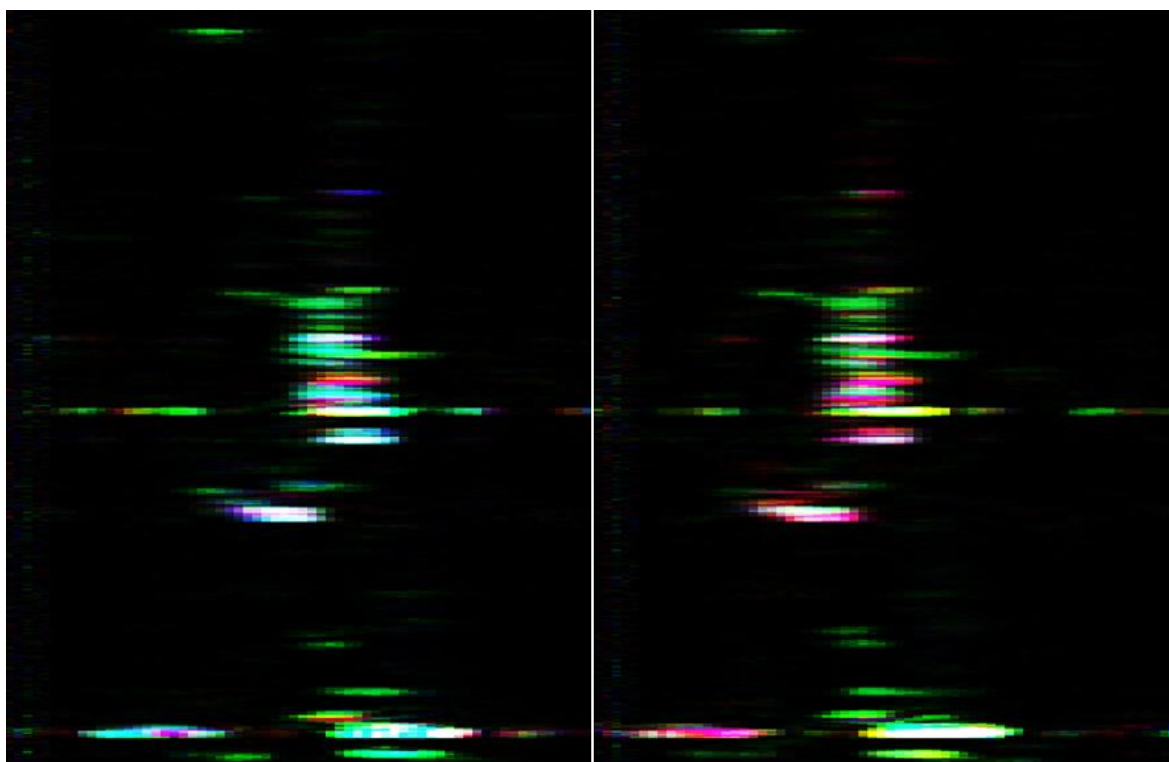
Длительность импульса 40 нс.

Цветовая информация о поляризационном состоянии целей на экране индикатора РЛС позволяет оператору произвести начальную идентификацию целей по поляризационным признакам. В частности, зеленым цветом подсвечиваются простые радиолокационные цели в виде отражений от плоскости или трехгранных уголкового отражателей. Зеленым цветом могут подсвечиваться различные метеообразования.

Синим цветом на экране индикатора подсвечиваются более сложные цели, обратное рассеяние от которых обусловлено дифракцией падающей электромагнитной волны на двугранных отражателях. Это могут быть, например, отражения от вертикально стоящих зданий, две стены которых образуют двугранный угол; рассеяние падающей волны с учетом переотражения от подстилающей поверхности.

Красным цветом на экране индикатора РЛС могут подсвечиваться цели искусственного происхождения – это обратное рассеяние от целей типа двугранных отражателей, но расположенных под углом  $45^\circ$  к горизонту.

На рис. 3 антенная система поляризационной РЛС повернута по углу визирования на величину  $24^\circ$  влево или вправо.



а) поворот влево на  $24^\circ$

б) поворот вправо на  $24^\circ$

**Рис. 3. Вид экрана оператора поляризационной РЛС при повороте антенной решетки по углу визирования.**

При повороте антенной решетки поляризационной РЛС по углу визирования цветное отображение кроссовой компоненты базиса круговых поляризаций (зеленый канал отображения) не меняется. В тоже время цветное отображение кроссовых компонент базиса линейных поляризаций меняется местами.

Отметки от целей, появляющиеся на экране оператора поляризационной РЛС в различных цветовых комбинациях позволяют сделать вывод о сложном характере наблюдаемой цели, возможно искусственного происхождения. Для распознавания поляризационных характеристик такого отражения возможен расчет параметров собственной матрицы рассеяния цели и определение собственного поляризационного базиса.

Отображение в цветном виде поляризационной информации радиолокационного зондирования местности в отличие от монохромного (черно-белого) изображения дает существенные преимущества при наблюдении оператором радиолокационной обстановки на экране РЛС. Отслеживается динамика изменения поляризационного состояния целей, повышается концентрация внимания за флюктуирующими и статическими отметками, различающихся по цветовой гамме, появляется возможность выбора цели по поляризационным признакам, радиолокационное изображение на экране дисплея получается динамичным и существенно снижает утомляемость оператора.

### **Литература**

1. Головачев М.В., Калугин Н.Ю., Кочетов А.В. Отображение РЛ информации на экране цветного дисплея поляризационного радиолокатора // Доклады Сибирского поляризационного семинара. СибПол 2004. Сургут. 7-9 сентября 2004 г.