

Эффективность использования триортогональной антенны для задач радиомониторинга

Г. С. Грибов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
ggribov@yandex.ru

Аннотация. В данной работе выполнено исследование эффективности триортогонального антенного элемента для задач определения местоположения, радиопеленгования и перехвата. Приведено сравнение с несимметричным вертикальным вибратором, который используется при построении антенных решеток КВ диапазона.

Ключевые слова: поляризация, КВ диапазон, триортогональная антенна, радиомониторинг

I. ТЕОРИЯ

В настоящее время средства определения местоположения, пеленгования и перехвата КВ диапазона построены на базе кольцевых антенных решеток (рис.1). Такие антенные решетки обеспечивают высокую точность и чувствительность пеленгования, а также позволяют формировать диаграммы направленности в азимутальной и угломестной плоскостях с низким уровнем боковых лепестков.



Рис. 1. Большебазисная кольцевая антенная решетка КВ диапазона

Большая часть приемных антенн КВ диапазона принимает только одну из компонент электромагнитной волны. Обычно используются антенные элементы, принимающие вертикальную составляющую поля.

В связи с особенностями распространения радиоволн в неоднородной по высоте ионосфере под влиянием магнитного поля Земли возникают эффекты Фарадея и Коттона–Мутона [1, 2]. Данные эффекты приводят к искажению начальной поляризации радиоволны,

изменяют параметры поляризации и расщепляют электромагнитную волну на обыкновенную и необыкновенную составляющие, которые распространяются по различным траекториям. В приемной части формируется суперпозиция многомодового распространения различных поляризованных радиоволн. Таким образом, результирующая интерференционная картина в приемной вертикально поляризованной антенной решетке будет приводить к следующим эффектам [3]:

- поляризационные замирания, связанные поворотом плоскости поляризации в ионосфере;
- снижение уровня принимаемого сигнала, обусловленного поляризационным рассогласованием антенны и принимаемого сигнала;
- неоднозначность определения угловых координат в результате деформации вертикальной составляющей фазового фронта электромагнитной волны.

Приведенные выше эффекты влияют на точность и чувствительность пеленгования. Поэтому одним из путей повышения точности пеленгования и местоопределения источника является использование триортогональных антенных элементов в структуре кольцевой антенной решетки. Такие антенны позволяют значительно повысить поляризационную согласованность принимаемого сигнала и антенны, тем самым повышая отношение сигнал/шум, а также дают возможность произвести пространственно-поляризационную обработку сигнала.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для экспериментальных исследований в качестве триортогональной антенны использовалась антенна HA230/403 фирмы Rohde & Schwarz [4]. Данная антенна представлена на рис. 2.



Рис. 2. Триортогональная антенна HA230/403 фирмы Rohde & Schwarz

Диаграммы направленности исследуемой антенны в вертикальной плоскости при разных поляризациях на разных частотах представлены на рис. 3–4.

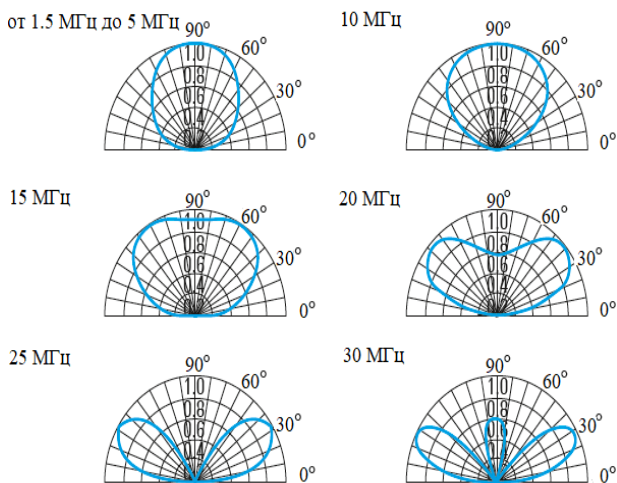


Рис. 3. Диаграмма направленности в вертикальной плоскости при горизонтальной поляризации

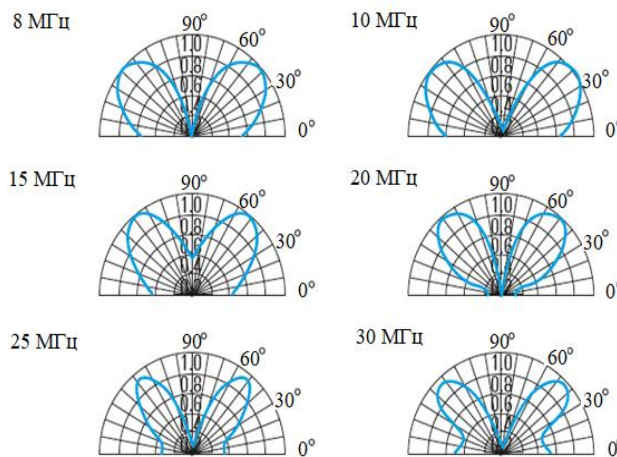


Рис. 4. Диаграмма направленности в вертикальной плоскости при вертикальной поляризации

В ходе исследования было произведено сравнение эффективности антенны HA230/403 Rohde & Schwarz с несимметричным объемным вертикальным вибратором, который используется при построении кольцевых антенных решеток КВ диапазона.

Цель исследования заключалась в сравнении качества приема радиосигналов КВ диапазона с помощью 4-канального приемника с идентичными каналами приема. На приемник поступали сигналы реперных станций, принимаемые ортогональными диполями и вертикальным штырем антенны HA230/403, а также несимметричным объемным вибратором. Полученные сигналы оцифровывались с помощью АЦП и записывались в течение 24 часов. По записанным данным каждые полчаса рассчитывалось медианное значение отношения сигнал/шум для каждого антенного элемента. Зависимости отношения сигнал/шум на частотах 4.996 МГц, 9.996 МГц, 10.100 МГц и 16.971 МГц представлены на графиках 5–8.

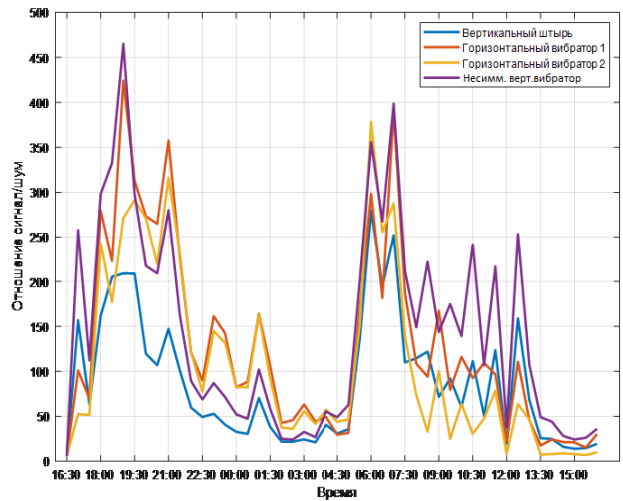


Рис. 5. Зависимость отношения сигнал/шум для каждого антенного элемента от времени суток на частоте 4.996 МГц. (562 км от источника излучения)

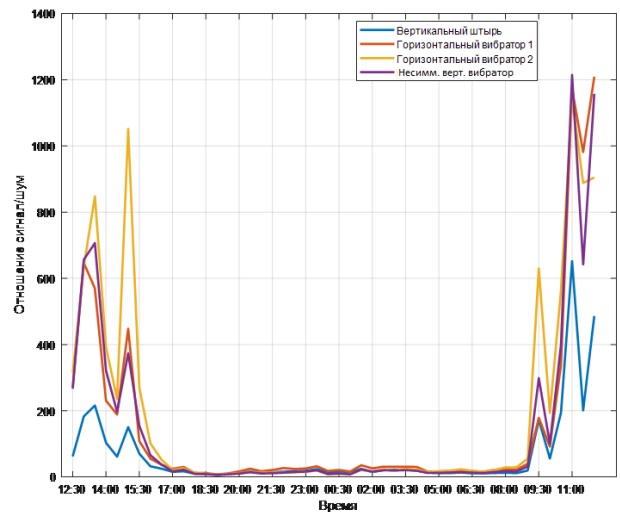


Рис. 6. Зависимость отношения сигнал/шум для каждого антенного элемента от времени суток на частоте 9.996 МГц. (562 км от источника излучения)

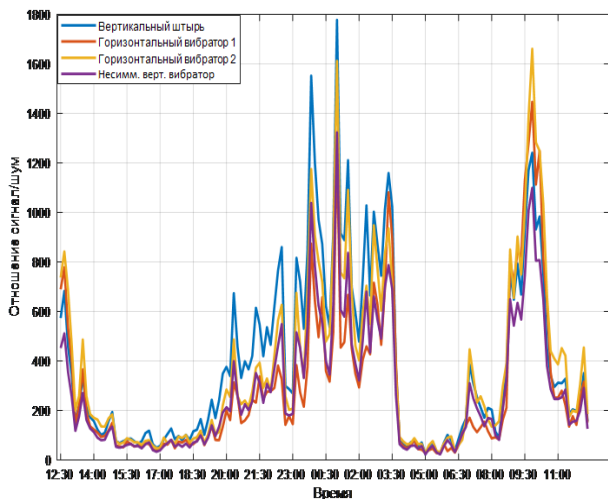


Рис. 7. Зависимость отношения сигнал/шум для каждого антенного элемента от времени суток на частоте 10.100 МГц. (1460 км от источника излучения)

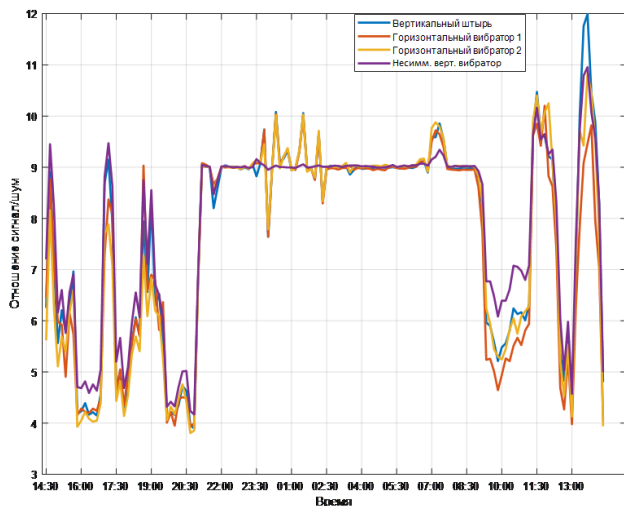


Рис. 8. Зависимость отношения сигнал/шум для каждого антенного элемента от времени суток на частоте 16.971 МГц. (7.665 км от источника излучения).

Из приведенных графиков следует, что на разных частотах и на разной дальности от источника излучения горизонтальная и вертикальная составляющие ведут себя по-разному. На расстоянии 562 км от источника излучения (рис. 5, 6) на частоте 9.996 горизонтальная составляющая радиоволны принимается лучше, чем вертикальная составляющая, при этом на частоте 4.996 МГц несимметричный вертикальный вибратор обеспечивает более качественный прием сигнала. Это связано с тем, что диаграмма направленности триортогональной антенны в вертикальной плоскости меняется от частоты, в то время как диаграмма направленности вертикального вибратора остается неизменной. Система радиомониторинга предназначена для радиопеленгования на любых расстояниях от источника излучения, поэтому для сравнения эффективности антенн производился прием радиосигнала реперной станции, находящейся на расстоянии свыше 5000 км (рис. 8). Как видно из рис. 8,

вертикальная составляющая принимаемого сигнала имеет большее отношение сигнал/шум, чем горизонтальная.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по проведенным экспериментам можно сделать вывод о том, что составляющие электромагнитной волны на разных частотах и при разном расстоянии от источника излучения ведут себя по-разному, а также зависят от траектории распространения электромагнитной волны. Из этого следует, что использование антенных элементов, принимающих обе компоненты поля, позволяет принимать сигнал с большим отношением сигнал/шум, тем самым увеличивая точность пеленгования источника излучения.

Также в ходе эксперимента были выявлены следующие недостатки используемой антенны HA230/403 Rohde & Schwarz:

- в силу того, что горизонтальные элементы симметричные, а вертикальный несимметричный, влияние подстилающей поверхности на электрические характеристики имеют существенные различия. Тем самым не удастся добиться необходимой идентичности каналов в требуемом диапазоне частот;
- направленные свойства горизонтальных антенн в значительной степени зависят от соотношения длины волны и высоты подвеса, что также значительно сужает диапазон рабочих частот;
- расположение вертикального элемента над горизонтальными требует существенного усложнения конструктива в силу значительной высоты антенны.

В итоге для использования триортогонального антенного элемента в составе кольцевой антенной решетки для задач местоположения, пеленгования и качественного приема сигнала необходимо решить вопросы идентичности ортогональных каналов во всем рабочем диапазоне частот и возможности регистрации всех компонент электромагнитного поля.

В дальнейшем планируется разработка модели триортогональной антенны и рассмотрение метода пространственно-поляризационной обработки сигнала для определения параметров поляризации падающей волны и выделения из нее информационного сигнала [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Альперт Я.Л. Распространение ЭМВ и ионосфера. М.: Наука, 1972 г. 564 с.
- [2] Брюнелли Б.Е. Физика ионосферы / Б.Е. Брюнелли, А.А. Негмаладзе. М: Наука, 1988. 528 с.
- [3] Демичев И.В. Анализ особенностей ионосферного распространения радиоволн в декаметровом диапазоне / И.В. Демичев, Д.В. Родин. В кн. Отчет о НИР «Цифран». Череповец: ЧВВИУРЭ, 2017 г. 67 с.
- [4] rohde-schwarz.com/URL:https://www.rohde-schwarz.com/ru/product/ha230-403-productstartpage_63493-9367.html (дата обращения: 17.11.2022)
- [5] Демичев И.В., Шмаков Н.П., Колесников Р.В., Иванов А.В. Пространственно-поляризационная обработка радиосигналов в гиперкомплексном пространстве // Научные технологии, 2018, т. 19, № 10, с. 25–29.