

Исследование частотной зависимости положения фазового центра сверхширокополосных антенн

И.Д. Павлов

АО «Центральное конструкторское бюро автоматики»

Аннотация: в работе рассмотрены три сверхширокополосные антенны – комбинированная спиральная, модифицированная Вивальди и логопериодическая зигзагообразная. Для каждой из трех рассмотренных антенн определена частотная зависимость положения фазового центра. Определено, что наименьшим диапазоном изменения положения фазового центра характеризуется комбинированная спиральная антенна, наибольшим – логопериодическая зигзагообразная.

Ключевые слова: широкополосная антенна, спиральная антенна, антенна Вивальди, фазовый центр

1. Введение

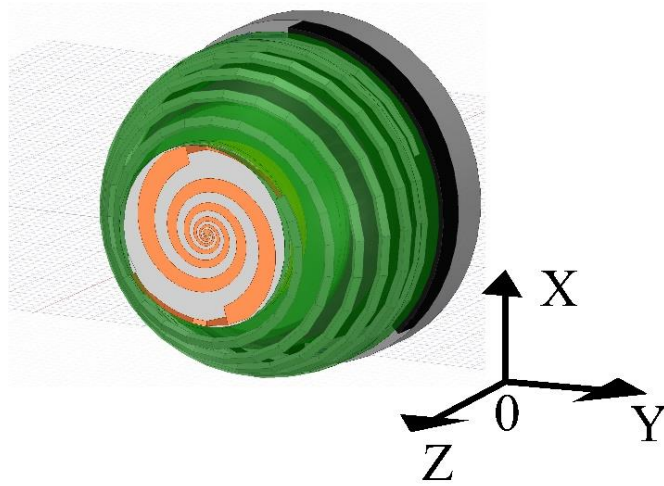
Постоянное совершенствование характеристик радиотехнических систем предполагает, в числе прочего, расширение диапазона рабочих частот. Расширение диапазона рабочих частот требует применения широкополосных и сверхширокополосных антенн, поскольку антенны являются необходимым элементом любой радиотехнической системы. Многие радиотехнические системы реализуют пассивные методы определения направления на источник излучения (в том числе и фазовый). Для определения направления на источник излучения необходимо связать антенную решетку радиотехнической системы с некоторой системой координат, в которой указанное направление должно быть найдено. С учетом этого, желательно, чтобы координаты антенн в выбранной системе координат совпадали с координатами фазовых центров этих антенн. Указанное совпадение координат позволит снизить систематическую ошибку определения направления на источник излучения.

В настоящей работе рассмотрены три сверхширокополосные антенны:

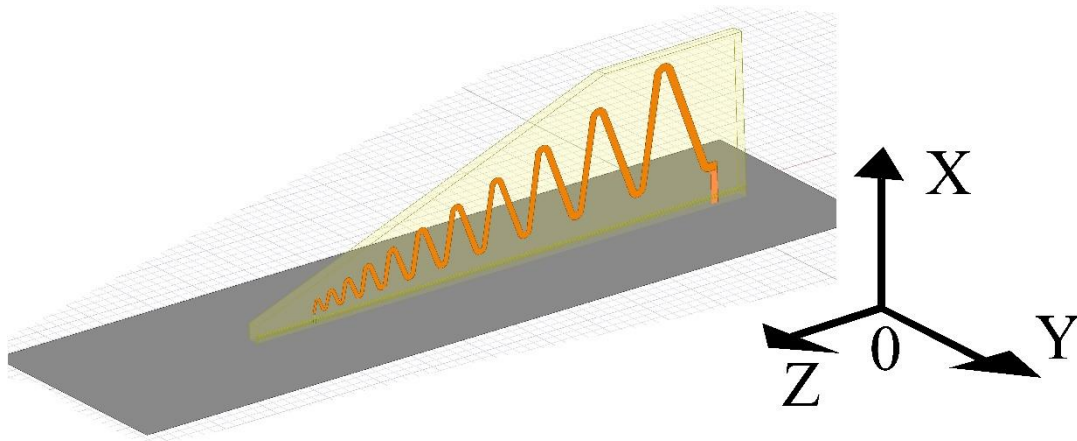
- комбинированная спиральная;
- логопериодическая зигзагообразная (ЛПЗ)
- модифицированная антенна Вивальди.

Общий вид указанных антенн приведен на рисунке 1.

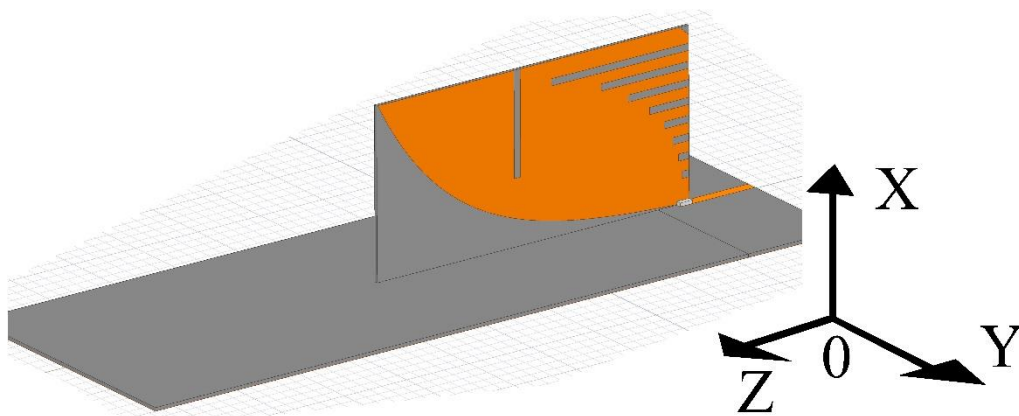
С учетом всего вышеперечисленного цель работы можно сформулировать следующим образом – исследовать частотную зависимость пространственного положения фазового центра сверхширокополосных антенн, среди которых комбинированная спиральная, логопериодическая зигзагообразная и модифицированная антенна Вивальди.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Общий вид рассматриваемых в работе антенн: а) комбинированная спиральная; б) логопериодическая зигзагообразная; в) модифицированная Вивальди.

2. Методика поиска фазового центра

Обобщая приведенные в работах [1]-[4] определения, сформулировать понятие фазового центра антенны можно следующим образом – фазовый центр – это центр эквифазной волновой поверхности. В случае, при котором электромагнитная волна излучается точечным изотропным источником, такая поверхность была бы сферой [1]. В случае практических антенн поверхность будет или сегментом сферы, или аппроксимироваться такими сегментами [1].

Сечение такой сферической поверхности, построенное в Декартовых координатах, должно быть как можно ближе к прямой, поскольку поверхность является эквифазной. С учетом этого можно найти пространственное положение фазового центра антенны смещая ее вдоль какой-либо из координатных осей и оценивая равномерность получаемых при этом сечений фазовой диаграммы направленности.

Указанный способ поиска пространственного положения фазового центра описан и применяется в [3]-[5]. Кроме того, его удобно реализовать в пакетах электродинамического моделирования, к примеру в HFSS.

Применительно к HFSS этот способ реализуется путем введения дополнительной системы координат и смещением ее центра относительно основной системы координат с последующим анализом сечений фазовой диаграммы направленности, построенных относительно дополнительной системы координат.

3. Результаты моделирования

Описанным выше со способом в среде электродинамического моделирования HFSS были получены частотные зависимости положения фазовых центров трех рассматриваемых в работе антенн. Указанные зависимости приведены на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 приведены частотные зависимости положения фазового центра вдоль оси OZ для трех рассматриваемых антенн. На рисунке 3 приведены частотные зависимости положения фазового центра вдоль оси OX для трех рассматриваемых антенн.

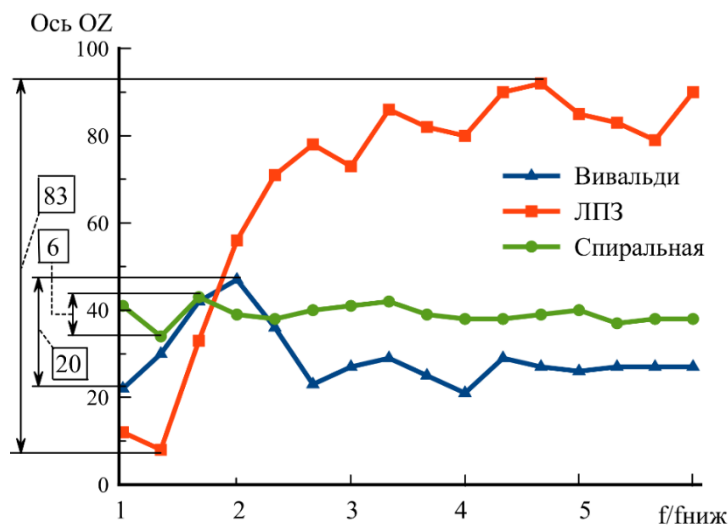


Рисунок 2. Частотные зависимости положения фазового центра вдоль оси OZ для трех рассмотренных антенн.

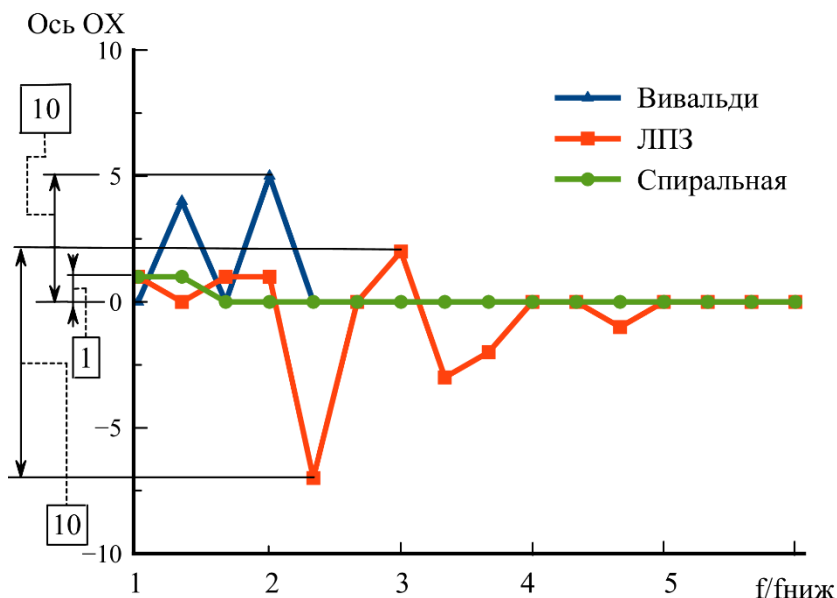


Рисунок 3. Частотные зависимости положения фазового центра вдоль оси OX для трех рассмотренных антенн.

Исходя из зависимостей, представленных на рисунках 2 и 3, можно сделать вывод о том, что наибольшим диапазоном изменения пространственного положения фазового центра характеризуется логопериодическая зигзагообразная антенна (83 мм вдоль оси OZ и 10 мм вдоль оси OX), а наименьшим – комбинированная спиральная антенна (6 мм вдоль оси OZ и 1 мм OX).

Модифицированной антенне Вивальди соответствует следующий диапазон изменения пространственного положения фазового центра – 20 мм вдоль оси OZ и 5 мм вдоль оси OX.

Сравнивая полученные результаты, можно отметить, что диапазон изменения пространственного положения фазового центра, соответствующий логопериодической зигзагообразной антенне, в 4 раза шире, чем у модифицированной антенны Вивальди и в 13 раз шире, чем у комбинированной спиральной.

3. Заключение

В результате проведенного исследования определено, что диапазоны изменения пространственного положения фазового центра для трех рассматриваемых антенн существенно отличаются. В случае спиральной комбинированной и логопериодической зигзагообразной в 13 раз, в случае логопериодической зигзагообразной и модифицированной Вивальди в 4 раза. С учетом этого можно сделать вывод о том, что применение в составе сверхширокополосных радиотехнических систем (в особенности реализующих фазовый метод) комбинированной спиральной антенны является предпочтительным. Вместе с тем важно отметить, что диапазон изменения пространственного положения фазового центра является не единственным параметром, определяющим выбор антенны для радиотехнической системы. Более того, выбор антенны как правило, основан на компромиссе между несколькими параметрами, среди которых автор предлагает учитывать и исследованный в настоящей работе.

Список литературы

1. Хабиров Д.О., Удров М.А. Методика определения координат центра излучения антенны и практические аспекты ее применения // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2015. – №3. – С. 30-33.
2. Калинин Ю.Н. Измерение координат фазового центра антенны // Антенны. – 2014 – № 4. – С. 54-62.
3. Evaluating the Effectiveness of Applying the Phase Center for Antenna Measurements // Katsushige Harima // 2017 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications (CAMA), Tsukuba, Japan, 4-6 December. IEEE, 2017.
4. Enrique G. Plaza., German Leon., Susana Loredó., Luis F. Herran Calculating the phase center of an antenna a simple experimental method based on linear near-field measurements // Antennas and propagation magazine. – 2017 – Vol. 59. – №5. – P. 130-175.
5. Jun-ping Shang., De-min Fu., Ying-bo Deng., Shuai Jiang // Measurement of phase center for antenna with the method of moving reference point // 2008 8th International symposium antennas and EM theory, Kunming, China, 2-5 November. IEEE 2008.