

УДК 621.396

В.С. Вунтесмери, канд. техн. наук, Ю.В. Вунтесмери, канд. техн. наук,
Г.П. Красилич, канд. техн. наук

Работа двух передатчиков с близкими частотами на одну антенную систему

Рассматриваются возможные пути уменьшения потерь мощности двух передающих устройств при работе на одну антенну за счет ее усложнения. Показана возможность создания антенной системы без потерь мощности с близкими амплитудными и отличающимися фазовыми диаграммами направленности для двух передатчиков с перекрывающимися диапазонами частот.

The technique for power losses decrease of two transmitters working with the same antenna are considered. It was shown that it is possible to design the antenna system without power losses and with similar amplitude and different phase radiation patterns for two transmitters with overlapped bands.

Введение

Идеальное недиссипативное пассивное устройство, обеспечивающее работу на одну антенну двух некогерентных передатчиков с близкими и перекрывающимися диапазонами частот (рис. 1), должно быть согласовано по всем входам и обеспечивать абсолютную развязку между передатчиками при отсутствии потерь между передатчиками и антенной.

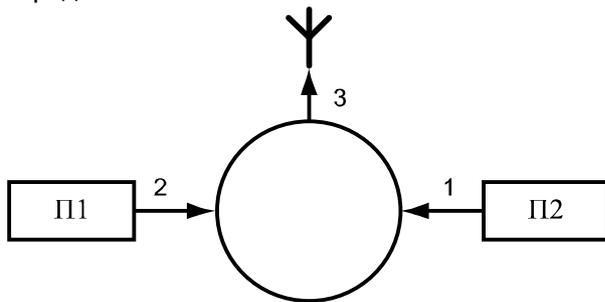


Рис. 1

Идеализированная матрица рассеяния такого устройства должна иметь вид

$$[S] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Анализ матрицы (1) показывает принципиальную невозможность реализации такого устройства. Действительно, несимметрия матрицы рассеяния предполагает наличие гиротропной среды, но условие унитарности $[s]_t \times [s] = [1]$

необходимое для недиссипативного пассивного устройства не выполняется.

Настоящая работа посвящена поиску оптимального с точки зрения потерь мощности, способа развязки двух некогерентных передатчиков с близкими и перекрывающимися диапазонами частот.

Существующие реализации развязки двух передатчиков при работе на одну антенну

На практике для развязки передатчиков при работе на одну антенну применяют резистивные делители-сумматоры мощности и трехдецибелльные направленные ответвители.

Применение для развязки передатчиков резистивного делителя-сумматора мощности приводит к потере половины мощности каждого передатчика на резисторе.

Потери половины мощности передатчиков не избежать также при использовании трехдецибелльных направленных ответвителей. Наиболее широкополосным среди них является трехдецибелльный направленный ответвитель на связанных линиях с волнами типа Т [2].

На рис. 2 показана типичная схема работы двух передатчиков с близкими и перекрывающимися диапазонами частот на одну антенну с применением трехдецибелльного направленного ответвителя. Направленный ответвитель с учетом отражения от антенны обеспечивает развязку между передатчиками в полосе рабочих частот не более 15...20 дБ, что явно не достаточно для устранения интермодуляционных искажений. Поэтому, между передатчиками и делителем включают вентили или циркуляторы с развязкой не менее 30...50 дБ, в зависимости от допустимого уровня интермодуляционных искажений. Для широкополосных систем связи в метровом и декаметровом диапазонах волн, в качестве развязки могут быть использованы широкополосные геликоновые вентили [5].

Потери половины мощности каждого передатчика на нагрузке плеча 3 можно избежать применяя шлейфные или направленные фильтры [1,2,3] при достаточном разnose частот передатчиков. Этот путь приемлем в части дециметрового и в сантиметровом диапазонах волн, где есть возможность достаточного разnose

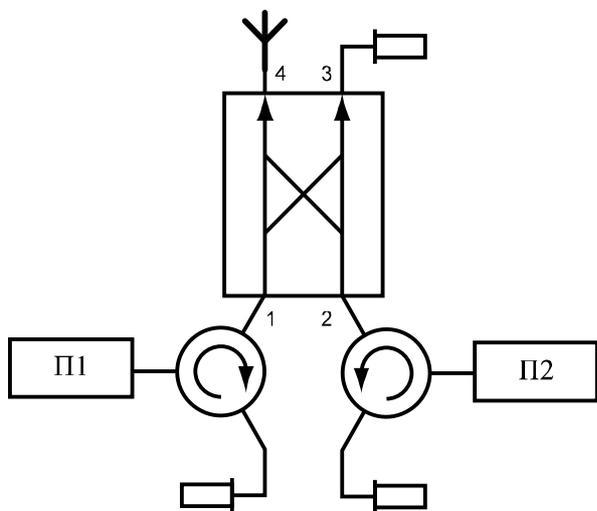


Рис. 2

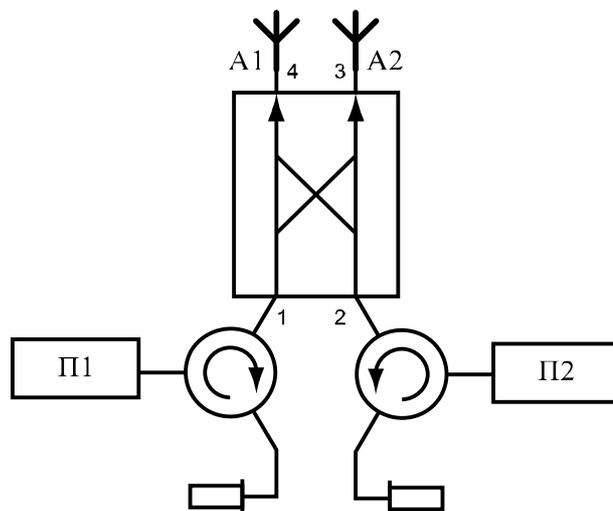


Рис. 3

частот и можно изготовить для фильтров высокочастотные резонаторы относительно небольших габаритов. При переходе на более низкие частоты габариты высокочастотных резонаторов стремительно растут. Например, комбайнер с низкими потерями на диапазон частот 140-147 МГц фирмы Радиал CL10-8V-125-R/2(X/2) имеет массу 41,7 кг без учета стойки 24" [4]. Такая стойка занимает существенную часть ограниченного объема аппаратной. Кроме того, применение фильтров существенно снижает полосу рабочих частот системы связи. Поэтому представляет интерес поиск других возможностей избежать потерь мощности передатчиков.

Развязка передатчиков за счет конструкции антенной системы

Рассмотрим возможность уменьшения потерь мощности передатчиков за счет усложнения антенной системы. Наиболее простым решением проблемы является подключение к выходу 3 второй аналогичной антенны. Такое решение может быть реализовано, например, для покрытия двумя передатчиками и двумя направленными антеннами населенного пункта вытянутого вдоль дороги или расположенного в вытянутом ущелье. Недостатком такого решения проблемы является изрезанность суммарной диаграммы направленности в направлении близком к 90° к оси антенн. Этот недостаток не является существенным для вытянутых населенных пунктов, поскольку в указанном направлении расположено мало абонентов. С учетом многолучевого распространения и близкого к антенне расположения абонентов напряженность поля в месте приема будет достаточна, даже в минимуме суммарной диаграммы направленности антенн.

Для исследования особенностей суммарной диаграммы направленности рассмотрим простую модель двух антенн с диаграммой направленности по азимуту типа кардиоида (рис.3). Вторая антенна подключена к выходу 3 ответвителя вместо нагрузки. Сигналы на антенных выходах направленного ответвителя для первого и второго передатчиков сдвинуты по фазе на ±90°. Максимумы диаграмм направленности направлены под углом 180°. Расстояние между антеннами равно 2d.

Диаграмму направленности первой антенны первого передатчика запишем в виде

$$F1(\varphi) = 0,5(1 - \cos(\varphi))e^{j\frac{\pi}{4}}e^{-j2\pi\frac{d}{\lambda}\cos(\varphi)} \quad (2)$$

Диаграмму направленности второй антенны первого передатчика запишем в виде

$$F1(\varphi) = 0,5(1 + \cos(\varphi))e^{-j\frac{\pi}{4}}e^{j2\pi\frac{d}{\lambda}\cos(\varphi)} \quad (3)$$

Поскольку в дальней зоне суммарное поле равно сумме полей от каждой антенны суммарная диаграмма направленности первого передатчика равна сумме диаграмм (2) и (3). Подключение второго передатчика ко входу 2 меняет фазы на выходах антенн на π/2.

Диаграмму направленности первой антенны второго передатчика запишем в виде

$$F1(\varphi) = 0,5(1 - \cos(\varphi))e^{-j\frac{\pi}{4}}e^{-j2\pi\frac{d}{\lambda}\cos(\varphi)} \quad (4)$$

Диаграмму направленности второй антенны второго передатчика запишем в виде

$$F1(\varphi) = 0,5(1 + \cos(\varphi))e^{j\frac{\pi}{4}}e^{j2\pi\frac{d}{\lambda}\cos(\varphi)} \quad (5)$$

Суммарная диаграмма направленности второго передатчика равна сумме диаграмм (4) и (5).

На рис. 4 приведены модуль и аргумент суммарной диаграммы направленности двух антенн с диаграммой направленности по азимуту типа кардиоида при расстоянии между антеннами $2d = 0$ для первого (рис. 4а) и второго (рис. 4б) передатчиков.

Как видно из рисунков, эти диаграммы отличаются друг от друга только фазой сигнала в месте приема. Этот случай может быть реализован при разносе антенн по высоте. Но при этом, диаграммы направленности для двух передатчиков будут отличаться по углу места.

В большинстве практических применений конструктивно обусловлен разнос антенн на некоторое расстояние по горизонтали. Рассмотрим характеристики предлагаемой антенной системы при разносе антенн на расстояния кратные $\lambda/4$.

На рис. 5 приведены модуль суммарной диаграммы направленности двух антенн с диаграммой направленности по азимуту типа

кардиоида при расстоянии между антеннами $2d = \lambda/4$ для первого (рис. 5а) и второго (рис. 5б) передатчиков.

Как видно из рисунков, амплитудные диаграммы направленности антенн для двух передатчиков отличаются друг от друга не более чем на 3 дБ, с провалами по азимуту тоже не более 3 дБ. Дальнейшее увеличение расстояния между антеннами приводит к появлению глубоких минимумов в направлении перпендикулярном к оси расположения антенн. При очень большом расстоянии в длинах волн между антеннами, узкие провалы компенсируются при многолучевом распространении на сильно пересеченной местности. На рис.6 приведены амплитудные диаграммы направленности антенн при расстоянии между антеннами $2d = 8\lambda$ для первого (рис. 5а) и второго (рис. 5б) передатчиков. Эти диаграммы отличаются направлениями максимумов и минимумов.

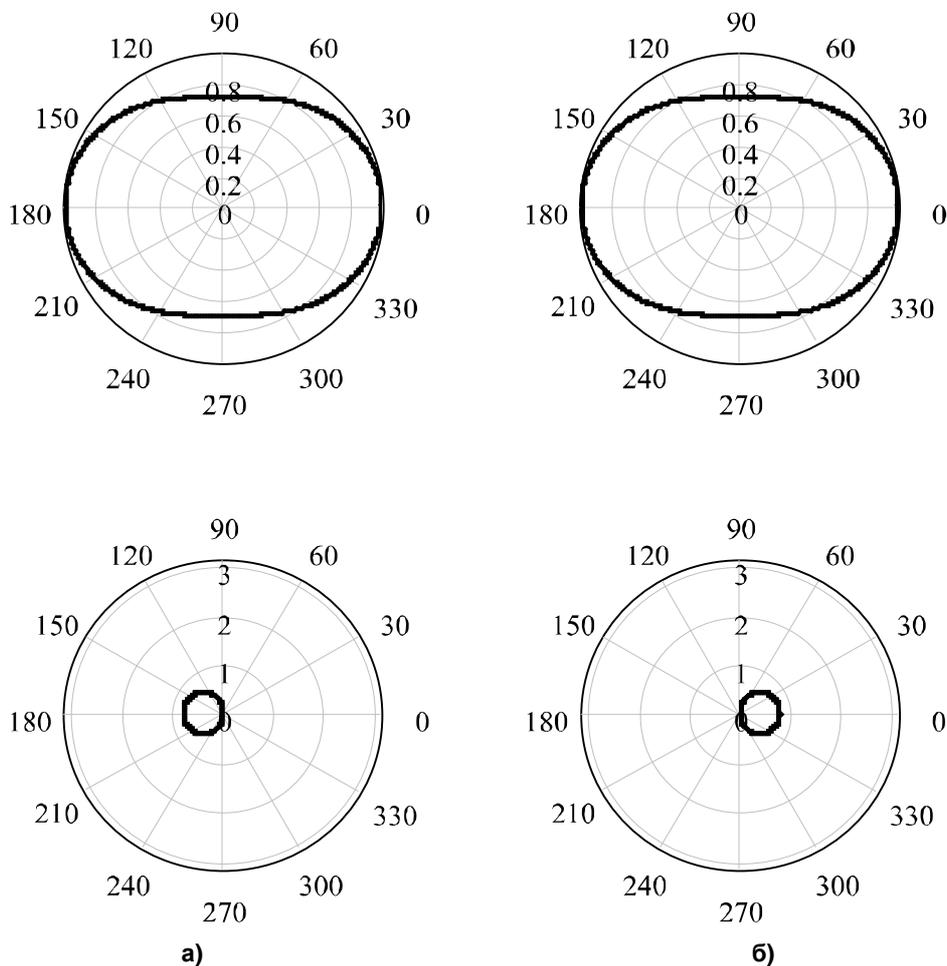


Рис. 4

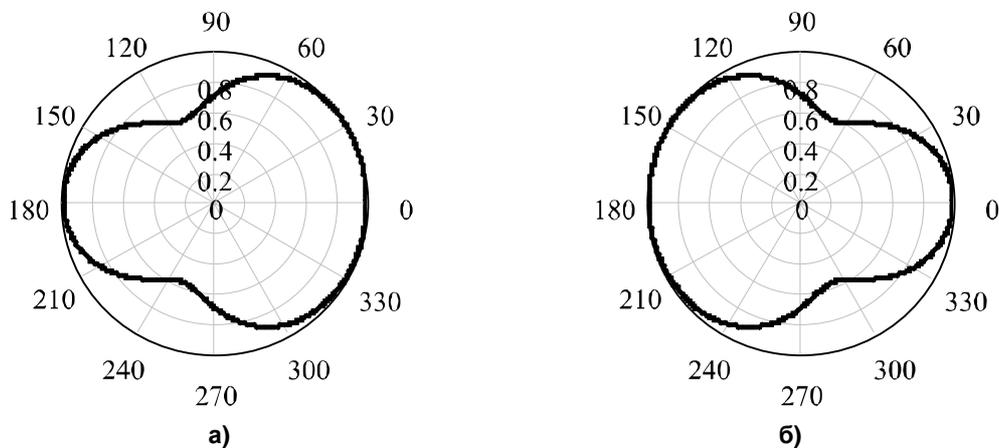


Рис. 5

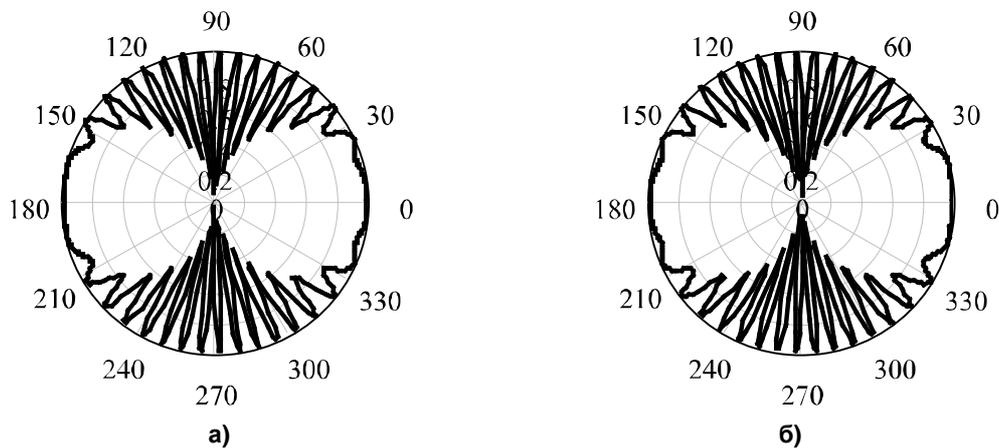


Рис. 6

Амплитудные диаграммы направленности сглаживаются при многолучевом распространении на сильно пересеченной местности и статистически усредненная диаграмма направленности рис. 6. будет мало отличаться от диаграммы рис. 4.

Выводы

Как видно из проведенного анализа, суммарная диаграмма направленности составной антенны при нулевом расстоянии между антеннами обеспечивает одинаковую амплитудную характеристику и различную фазовую для двух передатчиков. При увеличении расстояния до $\lambda/4$ амплитудная характеристика имеет неравномерность не более 3 дБ при сильно отличающихся фазовых характеристиках. При дальнейшем увеличении расстояния между антеннами, суммарная амплитудная диаграмма направленности становится сильно изрезанной. Однако, при больших в длинах волн расстояниях между антеннами, узкие провалы диаграммы статистически компенсируются при многолуче-

вом распространении на сильно пересеченной местности.

Литература

1. Марков Г.Т., Антенны. М.: Госэнергоиздат, 1960.-535с.
2. Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фидьтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи, т.2. М.: Связь, 1972.-495с.
3. Альтман Дж.Л., Устройства СВЧ. М.: Мир, 1968.-487с.
4. Каталог фирмы «ООО «Радиал»» <http://www.radial.ru>.
5. Vountesmary V.S., Vountesmary Y.V. Broadband Helicon Isolator For Meter and Decimeter Wave Ranges, Proceedings of the XIII International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications Poland, Wroclaw, May 22-24, 2000. p.53-55.